

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТА
НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ УЧАСТКОВ
ВОЛНОВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Бойцов Р.О., Кузичкина М.И.

Научный руководитель – ст. преподаватель Кудрявцев И.В.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Использование возможностей космических аппаратов связи, навигации и геодезии, обеспечения информационных, образовательных и других услуг для широких слоев гражданского населения играет большую роль в работе практически всех отраслей народного хозяйства России.

Спектр ее применения очень широк: она может использоваться не только в авиации и судоходстве, но и при геологической разведке, борьбе с лесными пожарами, любого вида мониторинга и т.д. В частности, они обеспечивают работу системы спутниковой глобальной навигации ГЛОНАСС в России, которая определяет положение, скорость и направления движения любого объекта на Земле.

Одной из первоочередных задач отечественного спутникостроения является увеличение САС с сохранением и улучшением функциональных характеристик и параметров всех систем и элементов. Обеспечить безотказное функционирование космического аппарата связи в течение заданного САС должны все его системы и каждый элемент конструкции.

Одной из таких конструкций являются волноводно-распределительные системы (ВРС), которые служат для передачи информации между блоками бортовой системы связи космического аппарата и его антеннами. От работы волноводно-распределительной системы в совокупности с антенными системами зависит качество и надежность работы всего наземно-космического комплекса в целом.

Для достижения поставленных задач необходимо, чтобы ВРС и элементы их конструкций обеспечивали всем необходимым требованиям. В частности, к ним предъявляются высокие требования относительно допустимого уровня затухания и искажения передаваемого сигнала, что особенно важно при слабом уровне сигнала для получения качественной неискаженной информации.

Для выполнения данных требований, ВРС должны сохранять заданную геометрическую форму на протяжении всего САС космического аппарата.

Конструктивно, волноводно-распределительной системы состоят из отдельных участков, собранных пайкой из набора прямых и изогнутых тонкостенных трубок прямоугольного поперечного сечения, соединенных между собой через муфты посредством пайки в единую и жесткую конструкцию (рис. 1).

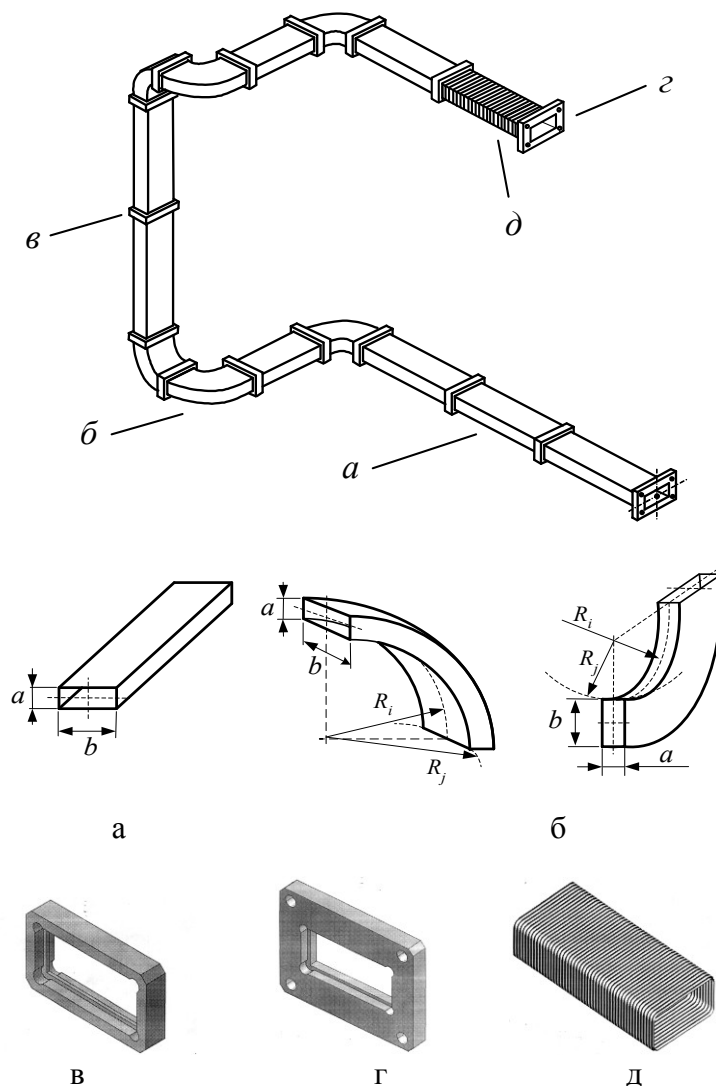
Прямой элемент участка волноводно-распределительной системы представляет собой тонкостенный стержень прямоугольного поперечного сечения (рис. 1,а).

Изогнутые тонкостенные элементы (рис.1,б) предназначены для придания участку волноводно-распределительной системы нужной конфигурации. Изгиб может происходить по большей или по меньшей стороне профиля поперечного сечения элемента.

Муфта (рис. 1,в) предназначена для соединения двух тонкостенных стержней, а также является местным усилением конструкции участка ВРС.

Фланец (рис. 1,г) служит для соединения отдельных участков волноводно-распределительной системы между собой, а также их крепления на корпусе модуля связи космического аппарата.

Все рассмотренные элементы соединяются между собой при помощи пайки.



*а – прямой участок; б – изогнутый участок;
в – соединительная муфта; г – фланец; д – гибкая секция*

Рисунок 1 – Участок волноводно-распределительной системы и его элементы

На одном из концов участка волноводно-распределительной системы располагается гибкая секция (рис. 1,д). По своим размерам, гибкая секция подобна прямому участку, однако обладает большей податливостью (или малой жесткостью), что позволяет ей компенсировать накопленные отклонения в геометрии паяных соединений.

Высокие требования к эксплуатационным и функциональным характеристикам волноводно-распределительных систем в сочетании с длительным сроком активного существования космического аппарата приводит к необходимости расчета напряженно-деформированного состояния этих систем и их элементов на всех этапах их жизненного цикла: при изготовлении, монтаже и при эксплуатации.

Для обеспечения заданных функционально-эксплуатационных характеристик волноводно-распределительной системы должны выполняться условия ее общей и локальной прочности при всех возможных сочетаниях силовых воздействий.

Все указанные виды воздействий на волноводно-распределительные системы можно разделить на два основных вида: статические и динамические нагружения.

Для расчета на статическую и динамическую прочность участков ВРС, выделим в нем набор отдельных повторяющихся элементов (рис.1,а-д) и составим расчетные модели.

Тогда полученный набор элементов позволит моделировать ими участки любой протяженности и конфигурации элементов.

На первом этапе работы рассмотрим наиболее распространенные элементы в составе участков: это прямые и изогнутые тонкостенные элементы.

Существующие аналитические методы статического и динамического анализа позволяют рассчитывать только простейшие модели элементов конструкций, такие как стержень, пластина и др. Прямые и изогнутые элементы волноводных трактов представляют собой тонкостенные трубки прямоугольного поперечного сечения. Для таких конструкций отсутствуют готовые методы расчета ввиду их геометрической сложности и необходимости учета ряда специфических факторов, в частности, несимметричность поперечного сечения и необходимость учета прогиба стенки.

Поэтому, на основе существующих методов разработаны методы статического и динамического анализа применительно к прямым и изогнутым элементам волноводных трактов, которые учитывают конструктивные особенности, условия их закрепления и нагружения.

Согласно разработанной методике, прямой элемент моделируется составной конструкцией из четырех пластин, расположенных под прямым углом друг к другу, как показано на рисунке 2. Для каждой отдельной пластины получены дифференциальные уравнения равновесия и условия перехода (сопряжения) между пластинами.

Для описания напряженно-деформированного состояния одного прямого элемента необходимо решить 4 системы дифференциальных уравнений равновесия для каждой из пластин с наложением соответствующих граничных условий по их краям.

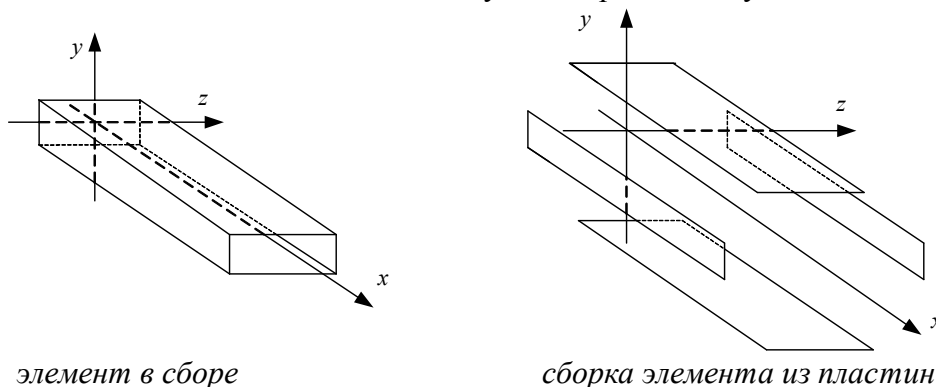


Рисунок 2 – Модель прямого элемента

Изогнутый элемент смоделируем совокупностью из N прямых элементов (рис.3), соединенным под углом γ между собой. Количество N прямых элементов, моделирующих изогнутый элемент, определяет точность модели (соответственно, чем больше N , тем точнее расчетная модель). Итого для расчетной модели изогнутого элемента имеем N расчетных моделей прямой элемент.

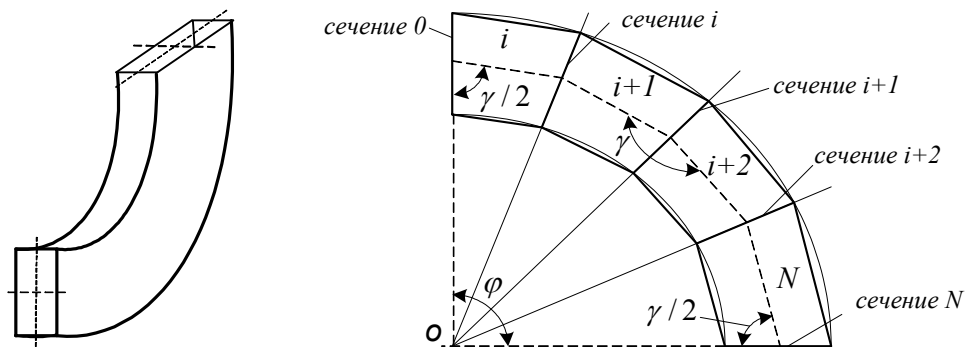


Рисунок 3 – Модель изогнутого участка

Для изогнутого элемента в дополнение к уравнениям равновесия прямых элементов, получены условия перехода между ними при их угловом соединении. Поэтому для описания напряженно-деформированного состояния одного изогнутого элемента, который моделируется N прямыми элементами необходимо решить $4 \cdot N$ систем дифференциальных уравнений равновесия для каждой из пластин с наложением соответствующих граничных условий по их краям.

Совместный расчет систем дифференциальных уравнений, которые описывают напряженно-деформированное состояние каждого из элементов, представляет собой весьма трудоемкую задачу.

Для облегчения процесса расчета необходимо выполнить информационно-аналитическое обеспечение в виде программы, которая позволит расчетчику выполнять данные вычисления для элементов участков волноводно-распределительной системы любых типоразмеров сечений, условий закрепления и нагрузжений.

Современные языки высокого уровня позволяют быстрое создание приложений различной степени сложности на основе технологии визуального программирования, которые позволят значительно упростить решение задач расчета на прочность.

Окно ввода данных программы (рис. 4) предоставляет пользователю возможность задать все данные, необходимые для расчета: тип участка, загрузить сохраненный или определить новый типоразмер сечения элемента, загрузить сохраненный или задать новый материал элемента, а также выбрать условия закрепления и нагружения.

Так же возможно сохранение и загрузка любых данных выбранных пользователем.

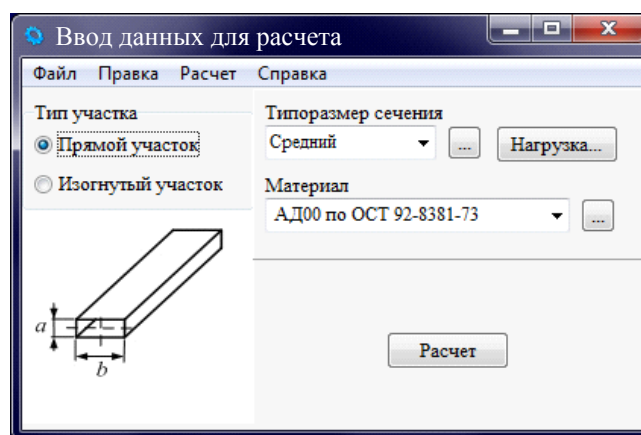


Рисунок 4 – Окно ввода данных программы

В разделе «Справка» программы можно просмотреть справку по любой операции, что позволит пользователю разобраться, для каких целей требуется те или иные данные.

Разрабатываемая программа позволит рассчитывать прямые и изогнутые элементы участков волноводно-распределительной системы любых размеров, что позволит расчетчику-проектировщику обеспечить их прочность на всех этапах жизненного цикла изделия и оперативно принимать обоснованные решения по требованиям к конструкции элемента, условиям их закрепления и т.д.

В дальнейшем, на основе разработанных алгоритмов решения и программы расчета отдельных элементов предполагается создать программу для расчета участков волноводно-распределительной системы в целом, что расширит область ее применения

и упростит задачу расчета на прочность элементов и участков волноводно-распределительной системы для космических аппаратов любого типа.