

Разворачивающаяся космическая платформа на основе нового механизма Саррюса

Научный руководитель – Лебедев Владимир Валентинович

Екимовская Валерия Алексеевна

Студент (бакалавр)

Московский государственный строительный университет, Мытищинский филиал,
Мытищи, Россия

E-mail: lera.ek00@mail.ru

Космические платформы разворачиваются на орбитах, но в земных условиях должны иметь компактные размеры. Такое требование сохраняется для многих космических конструкций. Наиболее часто разворачиваемые конструкции применяются для солнечных батарей. С этой статье показано, как можно выполнить разворачивание большой конструкции с помощью известного механизма Саррюса. С целью уменьшения габаритных размеров предложено улучшение известного трёхмерного механизма Саррюса. Для достижения цели соединительные шатуны площадок складываются не наружу, как в прототипе, а внутрь. Это важно для ферм. При исследовании новой конструкции получилась модель нового материала, которая тоже актуальна для космической техники. Это модель материала-ауксетика. Новизна заключается в том, что при доработке известного механизма Саррюса получилась модель трёхмерного ауксетика, а не двумерного.

В работах Д.С.Лисовенко исследованы ауксетики, то есть материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона [1]. При растягивающей нагрузке такие материалы увеличивают толщину, а не сжимаются, как обычно мы наблюдаем это в природе. Оказалось, что такими свойствами обладает система трёхмерных механизмов Саррюса [2]. Этот механизм позволяет получить прямолинейное движение звена. Однако традиционная схема механизма Саррюса не проявляет ауксетических свойств, потому что в нём соединительные шатуны складываются наружу. При растяжении двух параллельных площадок соединяющие их два рычага, коромысло и шатун, распрямляются, поэтому размеры конструкции уменьшаются в поперечном направлении. В некоторых схемах этого механизма применялось сложение соединительных рычагов внутрь конструкции, но полного развития и окончательного оформления технического предложения такая идея не получила, потому что рычаги мешают друг другу двигаться.

Новым техническим предложением является создание фигурных соединительных рычагов, складываемых внутрь конструкции с целью уменьшения поперечных габаритных размеров. Если соединительные рычаги изготовить в виде пластин не квадратной или прямоугольной формы, а в виде трапеций с такими углами при основании, чтобы при сложении пластины не задевали друг за друга, то механизм будет работать точно так же, как и прототип. Модель такого механизма была изготовлена из бумаги, на ней была подтверждена правильность нового технического решения.

Недостатком предлагаемого механизма Саррюса является ограничение величины растяжения параллельных площадок при сложении соединительных рычагов внутрь конструкции. Если в традиционной схеме механизма Саррюса соединительные рычаги можно изготовить в виде прямоугольников с большой боковой стороной, обеспечив разведение параллельных площадок на удвоенную большую сторону прямоугольника, то при внутреннем сложении расстояния ограничены размерами рабочих площадок механизма. Чтобы устранить этот недостаток, была предложена схема последовательного соединения нескольких механизмов Саррюса. Эта схема работает как при внешнем сложении соединительных

рычагов сколь угодно большой длины, так и при внутреннем сложении ограниченных по длине рычажных звеньев. Механизмы Саррюса можно соединять и последовательно, и параллельно. Это важно для сколь угодно большого наращивания космических развёртывающихся конструкций.

В процессе изучения нового механизма Саррюса было открыто свойство ауксетика при комбинации таких конструкций. В поперечном сечении новый механизм Саррюса повторяет ячейку часто цитируемого ауксетика [3]. При этом рычажные механизмы-сечения в известной схеме соединяются друг с другом в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Однако такой ауксетик является двумерным с расширением в одном направлении при растяжении в другом направлении. Новый механизм позволяет изготовить трёхмерный ауксетик с расширением в двух направлениях при растяжении в третьем направлении. Более того, квадратную рабочую площадку можно заменить другими видами фигур, например, правильными многоугольниками.

Практическое применение новый механизм Саррюса с уменьшенными габаритными размерами может найти в космической технике для развёртывания больших ферменных конструкций, например, солнечных батарей. Энергопотребление перспективных космических аппаратов и станций увеличивается при сохранении жёстких ограничений на массу и габариты конструкций. В земных условиях новый механизм Саррюса может быть применён для создания подъёмных строительных лесов, площадок, ферм или для переносных быстро возводимых укрытий. Прочностной расчёт конструкций с фермами Саррюса основан на параметрическом исследовании нагрузки стержней или пластин при различных углах взаимной ориентации. Новый механизм, как и традиционное устройство, обладает одной степенью свободы, поэтому для фиксации рабочих площадок или всей конструкции в конечном виде потребуется установить дополнительные упоры, нагрузка на которые тоже будет зависеть от рабочих углов между рычагами. С позиции прочности потребовалось провести параметрические расчёты, то есть при различных положениях звеньев механизма Саррюса от сложенного состояния до развёрнутого.

Таким образом, новый механизм Саррюса позволяет не только уменьшить габаритные размеры перспективных космических конструкций, позволяет не только наращивать размеры разворачивающихся конструкций практически неограниченно, но и обладает ауксетическими свойствами при определённой комбинации его звеньев.

Источники и литература

- 1) Лаврентьев С.Ю., Лисовенко Д.С., Ченцов А.В. Механические свойства двумерной ауксетической конструкции / Сборник трудов. Международная молодёжная научная конференция "44-е Гагаринские чтения 2018". - М.: НИУ МАИ, 2018. - С. 76-78.
- 2) Механизм Саррюса. – Электронные ресурсы: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1562130>
- 3) Ауксетики – материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона. Кафедра Статистической физики Физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. – Электронный ресурс: https://vk.com/video-3519369_163344968