



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015157110/28, 30.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2015

(45) Опубликовано: 20.07.2016

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Нелюба
В.А. (МИЦ НМКН)

(72) Автор(ы):

Михайловский Константин Валерьевич (RU),
Просунцов Павел Викторович (RU),
Резник Сергей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА КРУПНОГАБАРИТНОГО ТРАНСФОРМИРУЕМОГО
АНТЕННОГО РЕФЛЕКТОРА ЗОНТИЧНОГО ТИПА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к конструктивным схемам крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов зонтичного типа. Техническим результатом является создание конструктивной схемы крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа диаметром до 100 м, удовлетворяющей требованиям технического задания по допустимым массе и деформациям (в рамках соглашения о предоставлении субсидии №14.577.21.0129 между Министерством образования и науки Российской Федерации и МГТУ им. Н.Э. Баумана). Предлагаемая конструктивная схема крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа состоит из ступицы и каркаса с продольными и поперечными стойками, а также формообразующими стойками, которые обеспечивают параболическую форму отражателя, при этом продольные стойки закреплены в ступице, имеющей пазы для установки осей, с возможностью поворота вокруг них петель складывающихся продольных стоек, поперечные и формообразующие стойки

смонтированы непосредственно в теле продольных стоек, возможность их поэтапного раскрытия пружинными механизмами в ступице. Материалом каркаса является углепластик с коэффициентом теплопроводности - 71,1 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 1000,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1550,0 кг/м³; материалом сетеполотна - вольфрамовая сетка с коэффициентом теплопроводности - 3,6 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 500,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 3200,0 кг/м³; материалом тросов - арамид с коэффициентом теплопроводности - 1,0 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 800,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1000,0 кг/м³. При этом предусмотрена возможность поэтапного раскрытия крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора, а именно: раскрытие первой группы продольных стоек каркаса из сложенного состояния; раскрытие второй группы продольных стоек; раскрытие формообразующих стоек; и окончательно раскрытие стоек натяжения тросов. 2 з.п. ф-лы, 8 ил.

RU 163502 U1

RU 163502 U1

Область техники

Полезная модель относится к конструктивным схемам крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов зонтичного типа.

Уровень техники

5 Известны патенты на изобретения крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов зонтичного типа (патенты РФ на аналог и прототип - патентообладатель Открытое акционерное общество "Информационные спутниковые системы" имени академика М.Ф. Решетнева" (RU): аналог в патенте RU 2382452 РАЗВЕРТЫВАЕМЫЙ КРУПНОГАБАРИТНЫЙ РЕФЛЕКТОР КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА - диаметр
10 до 25 м, прототип - в патенте RU 2382453 РАЗВЕРТЫВАЕМЫЙ КРУПНОГАБАРИТНЫЙ РЕФЛЕКТОР КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА - диаметр до 50 м.

Однако данные изобретения рассчитаны на диаметр рефлектора максимум до 50 м, то есть не предусматривают создания рефлекторов диаметром до 100 м.

15 Соответствующие возможности открывают современные полимерные композиционные материалы и ряд новых конструктивных признаков по схеме устройства крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора диаметром до 100 м.

Раскрытие полезной модели

20 Техническим результатом является создание конструктивной схемы крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа диаметром до 100 м.

Предлагаемая конструктивная схема крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа состоит из ступицы и каркаса с продольными и поперечными стойками, а также формообразующими стойками, которые обеспечивают
25 параболическую форму отражателя, при этом продольные стойки закреплены в ступице, имеющей пазы для установки осей, с возможностью поворота вокруг них петель складывающихся продольных стоек, поперечные и формообразующие стойки смонтированы непосредственно в теле продольных стоек, возможность их поэтапного раскрытия пружинными механизмами в ступице.

30 Материалом каркаса является углепластик с коэффициентом теплопроводности - 71,1 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 1000,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1550,0 кг/м³; материалом сетеполотна - вольфрамовая сетка с коэффициентом теплопроводности - 3,6 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 500,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 3200,0 кг/м³;
35 материалом тросов - арамид с коэффициентом теплопроводности - 1,0 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 800,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1000,0 кг/м³.

При этом предусмотрена возможность поэтапного раскрытия крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора, а именно: раскрытие первой группы продольных стоек каркаса из сложенного состояния; раскрытие второй группы
40 продольных стоек; раскрытие формообразующих стоек; и окончательно раскрытие стоек натяжения тросов.

Перечень фигур

Фиг. 1 - геометрическая модель раскрытого крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа космической антенны;

45 Фиг. 2 - вид сверху на каркас раскрытого крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа (указан размер диаметра 100 м);

Фиг. 3 - вид сбоку на каркас раскрытого крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа;

Фиг. 4 - ступица каркаса рефлектора;

Фиг. 5 - раскрытие первой группы продольных стоек (виды с разных сторон: а), б));

Фиг. 6 - перевод второй группы продольных стоек в раскрытое положение (фазы раскрытия - а), б), в));

5 Фиг. 7 - раскрытие формообразующих стоек;

Фиг. 8 - раскрытие стоек натяжения тросов (фазы раскрытия - а), б)).

Осуществление полезной модели

Эскизный проект крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа рефлектора зонтичного типа (фиг. 1) включает в себя элементы перспективных вариантов конструкций - ступицу и спицы из полимерных композиционных материалов (ПКМ), пара-арамидные тросы и металлическое сетеполотно, и состоит из ступицы (фиг. 4) и каркаса (фиг. 2, 3) с продольными и поперечными стойками, а также формообразующими стойками, которые обеспечивают параболическую форму отражателя, при этом продольные стойки закреплены в ступице, имеющей пазы для установки осей, с возможностью поворота вокруг них петель складывающихся продольных стоек, поперечные и формообразующие стойки смонтированы непосредственно в теле продольных стоек, возможность их поэтапного раскрытия пружинными механизмами в ступице.

На фиг. 1, 2, 3, 4 позициями обозначены: 1 - поперечная стойка; 2 - шарнирное соединение; 3 - продольная стойка; 4 - ступица; 5 - сетеполотно; 6 - формообразующая стойка; 7 - трос; 8 - пружинный элемент в ступице.

Материалом каркаса выбран углепластик с коэффициентом теплопроводности - 71,1 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 1000,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1550,0 кг/м³; материалом сетеполотна - вольфрамовая сетка с коэффициентом теплопроводности - 3,6 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 500,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 3200,0 кг/м³; материалом тросов - пара-арамид с коэффициентом теплопроводности - 1,0 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 800,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1000,0 кг/м³.

При этом предусмотрена возможность поэтапного раскрытия крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора, а именно: раскрытие первой группы продольных стоек каркаса из сложенного состояния; раскрытие второй группы продольных стоек; раскрытие формообразующих стоек; и окончательно раскрытие стоек натяжения тросов.

Предлагаемая конструктивная схема и соответствующие ей геометрические модели ее элементов использовались при проведении комплексных имитационных тепловых и термомеханических расчетов конструкций типовых секций антенного рефлектора перспективных крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов. Целью этих компьютерных экспериментальных исследований являлось получение данных о температурном и напряженно-деформированном состоянии антенного рефлектора.

40 С использованием программного комплекса SolidWorks 15 была разработана модель раскрытия данной конструктивной схемы крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора (фиг. 5, 6, 7, 8).

С использованием программного комплекса Siemens NX было проведено моделирование температурного состояния предлагаемого антенного рефлектора. С помощью программного комплекса КОМПАС-3D была построена геометрическая модель рефлектора (фиг. 1). Далее она была экспортирована в графический формат Parasolid и затем импортирована в пакет конечно-элементного анализа Siemens NX 10.

Для условий полета рефлектора по геостационарной орбите были проведены расчеты

тепловых потоков прямого солнечного, отраженного от Земли солнечного и собственного излучения Земли.

Для анализа температурного состояния рефлектора были выбраны характерные точки траектории - освещение Солнцем с тыльной стороны, боковое освещение Солнцем, вход в тень Земли и пребывание в тени Земли. Расчет потоков излучения - прямого солнечного, отраженного от Земли и собственного излучения Земли выполнялся с использованием пакета программ Maya НТТ.

На основе моделирования температурного состояния крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора установлено, что наибольшие температурные перепады возникают при полете по орбите в положении, когда рефлектор совершает поворот вокруг своей оси по отношению к Солнцу. Анализ показал, что именно это положение является наиболее опасным (критическим) с точки зрения температурных деформаций. Перепад температур в рефлекторе в этот момент составляет 283 К. Для данного положения были определены термические напряжения и деформации.

Для анализа напряженно-деформированного состояния перспективного крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора использовался метод математического моделирования - метод конечных элементов.

При моделировании использовались следующие исходные данные:

- материал каркаса (углепластик): модуль упругости вдоль оси X - 180 ГПа; модуль упругости вдоль оси Y - 180 ГПа; модуль упругости вдоль оси Z - 12 ГПа; коэффициент Пуассона в плоскости XY - 0,26; коэффициент Пуассона в плоскости YZ - 0,08; коэффициент Пуассона в плоскости XZ - 0,08; модуль сдвига в плоскости XY - 4 ГПа; модуль сдвига в плоскости YZ - 1 ГПа; модуль сдвига в плоскости XZ - 1 ГПа; КЛТР вдоль оси X - $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; КЛТР вдоль оси Y - $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; КЛТР вдоль оси Z - $24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;

- сетеполотно (вольфрамовая сетка): модуль упругости - 10 ГПа; коэффициент Пуассона - 0,3; КЛТР - $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;

- трос (пара-арамид): модуль упругости вдоль оси X - 110 ГПа; модуль упругости вдоль оси Y - 110 ГПа; модуль упругости вдоль оси Z - 6 ГПа; коэффициент Пуассона в плоскости XY - 0,22; коэффициент Пуассона в плоскости YZ - 0,07; коэффициент Пуассона в плоскости XZ - 0,07; модуль сдвига в плоскости XY - 2 ГПа; модуль сдвига в плоскости YZ - 0,7 ГПа; модуль сдвига в плоскости XZ - 0,7 ГПа; КЛТР вдоль оси X - $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; КЛТР вдоль оси Y - $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; КЛТР вдоль оси Z - $36 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Расчет конечно-элементной модели крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора после приложения граничных условий (тепловых нагрузок), действующих на рефлектор при полете по орбите в самом тяжелом положении) осуществлялся с помощью решателей ANSYS. Были получены результаты расчета полей перемещений, деформаций и напряжений сетеполотна вдоль взаимно ортогональных осей X, Y, Z в крупногабаритном трансформируемом антенном рефлекторе для температурного состояния в этом худшем положении на геостационарной орбите.

На основе математического моделирования напряженно-деформируемого состояния крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора для температурного состояния в самом тяжелом положении было установлено, что благодаря конструктивно-компоновочной схеме рефлектора, за счет подкрепления тросовой системой, искажение сетополотна не превышает 38 мм при диаметре апертуры 100 м, что составляет не более 0,04%. Таким образом, главные требования Технического

задания Соглашения №14.577.21.0129 удовлетворены.

На последующих этапах ПНИ по соглашению №14.577.21.0129 запланировано изготовление опытного образца по данной конструктивной схеме и его испытания.

Формула полезной модели

5 1. Конструктивная схема крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора зонтичного типа, характеризующаяся тем, что состоит из ступицы и каркаса с продольными и поперечными стойками, а также формообразующими стойками, которые обеспечивают параболическую форму отражателя, при этом продольные
10 стойки закреплены в ступице, имеющей пазы для установки осей, с возможностью поворота вокруг них петель складывающихся продольных стоек, поперечные и формообразующие стойки смонтированы непосредственно в теле продольных стоек, с возможностью их поэтапного раскрытия пружинными механизмами в ступице.

15 2. Схема по п. 1, характеризующаяся тем, что материалом каркаса является углепластик с коэффициентом теплопроводности - 71,1 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 1000,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1550,0 кг/м³; материалом сетеполотна - вольфрамовая сетка с коэффициентом теплопроводности - 3,6 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью - 500,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 3200,0 кг/м³; материалом тросов - пара-арамид с коэффициентом теплопроводности - 1,0 Вт/(м·К), удельной теплоемкостью
20 - 800,0 Дж/(кг·К) и плотностью - 1000,0 кг/м³.

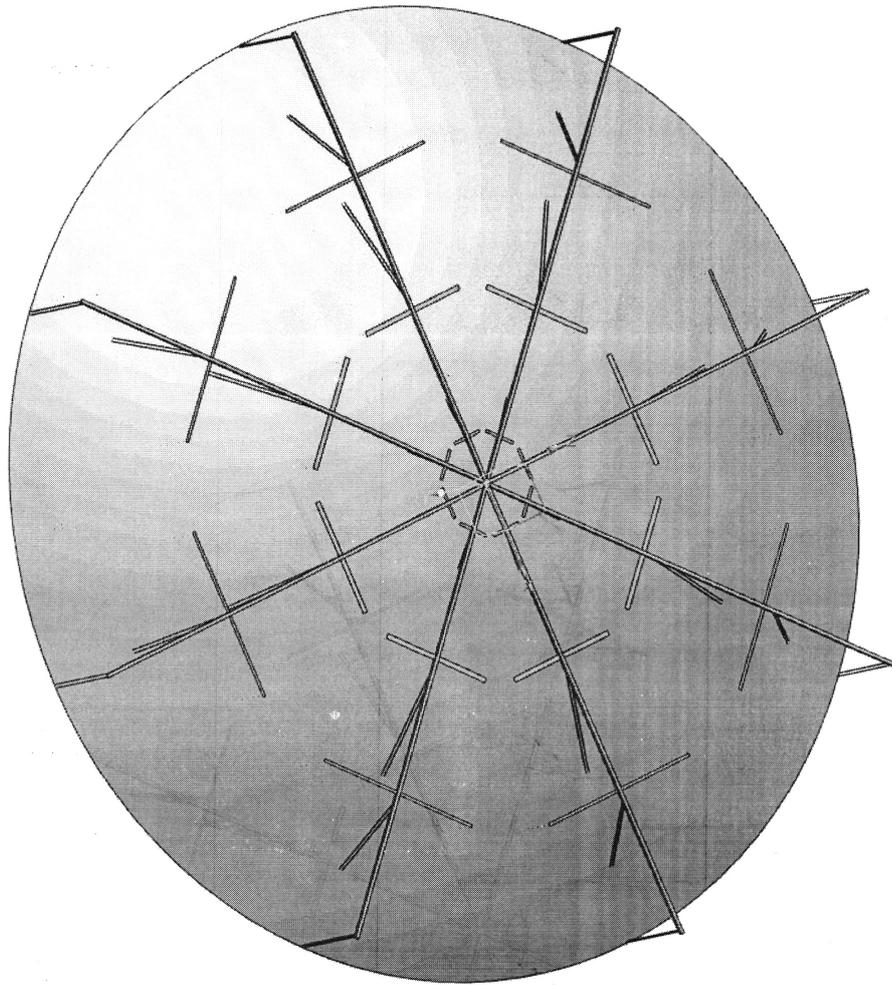
3. Схема по п. 1, характеризующаяся тем, что предусмотрена возможность поэтапного раскрытия крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора, а именно:
25 раскрытие первой группы продольных стоек каркаса из сложенного состояния; раскрытие второй группы продольных стоек; раскрытие формообразующих стоек; и окончательно раскрытие стоек натяжения тросов.

30

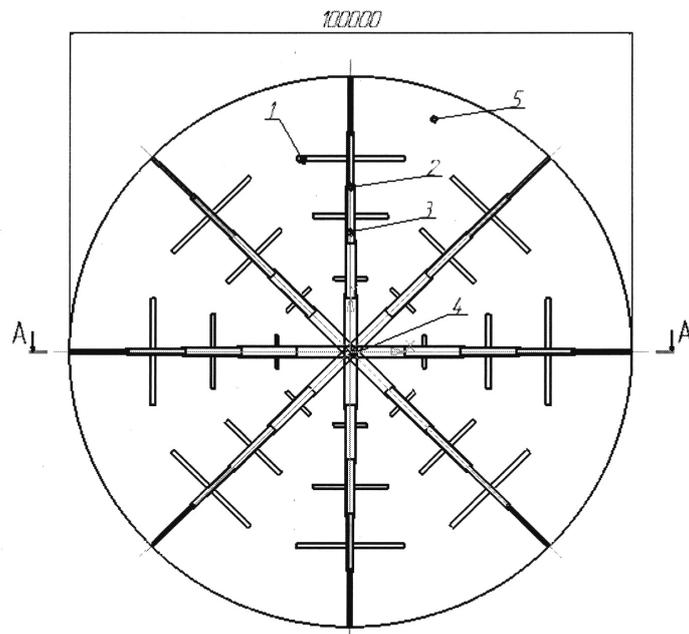
35

40

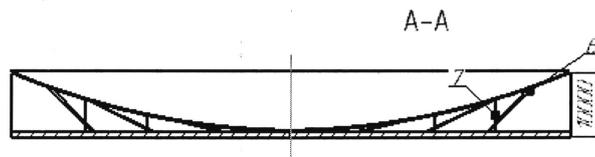
45



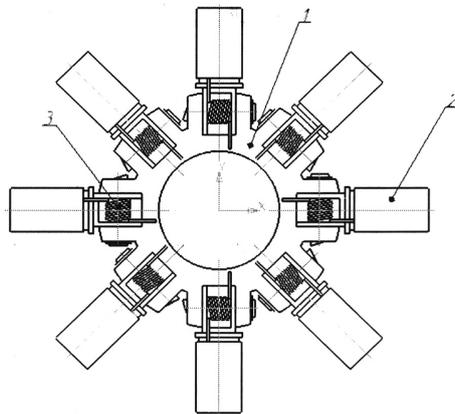
Фиг.1



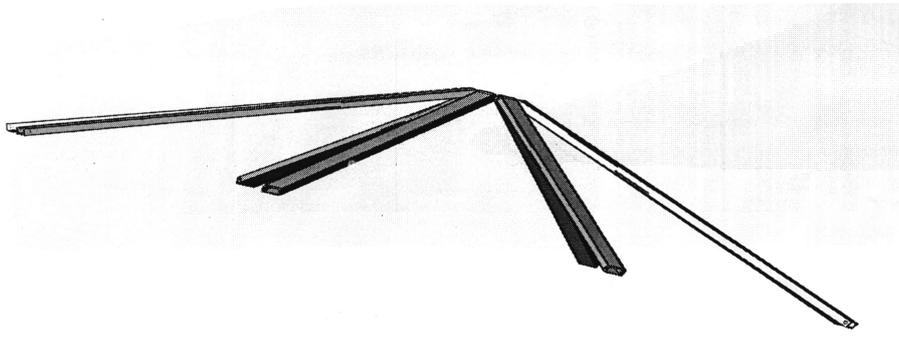
Фиг.2



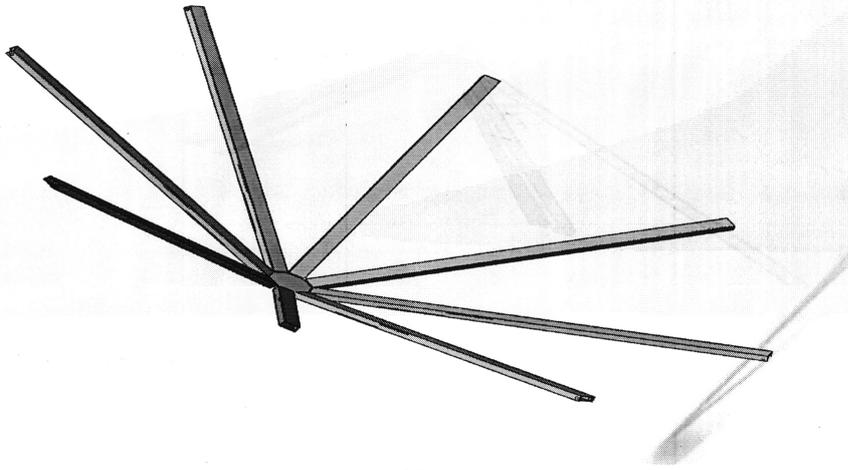
Фиг.3



Фиг.4

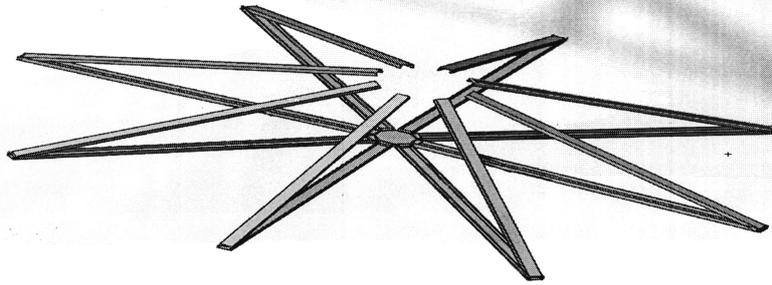


a)

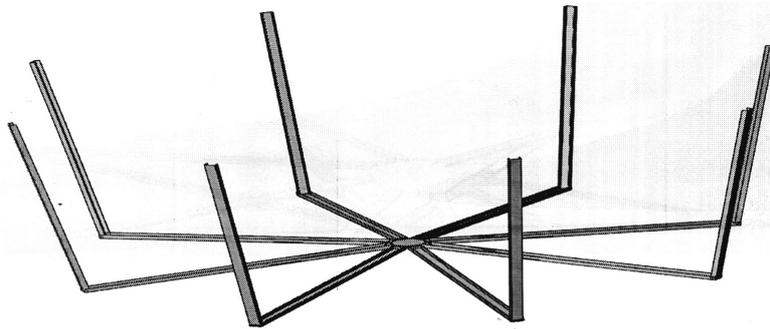


б)

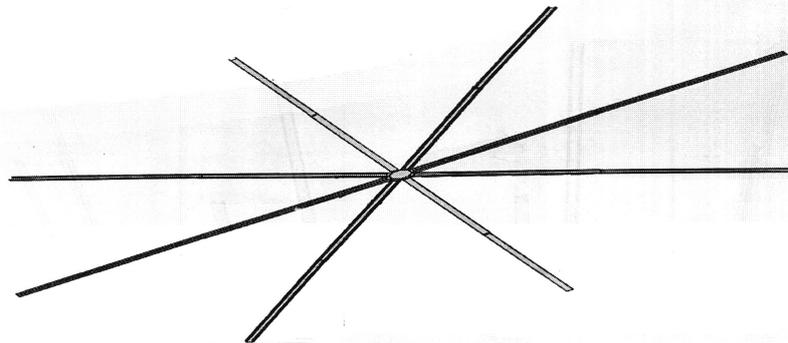
Фиг.5



а)

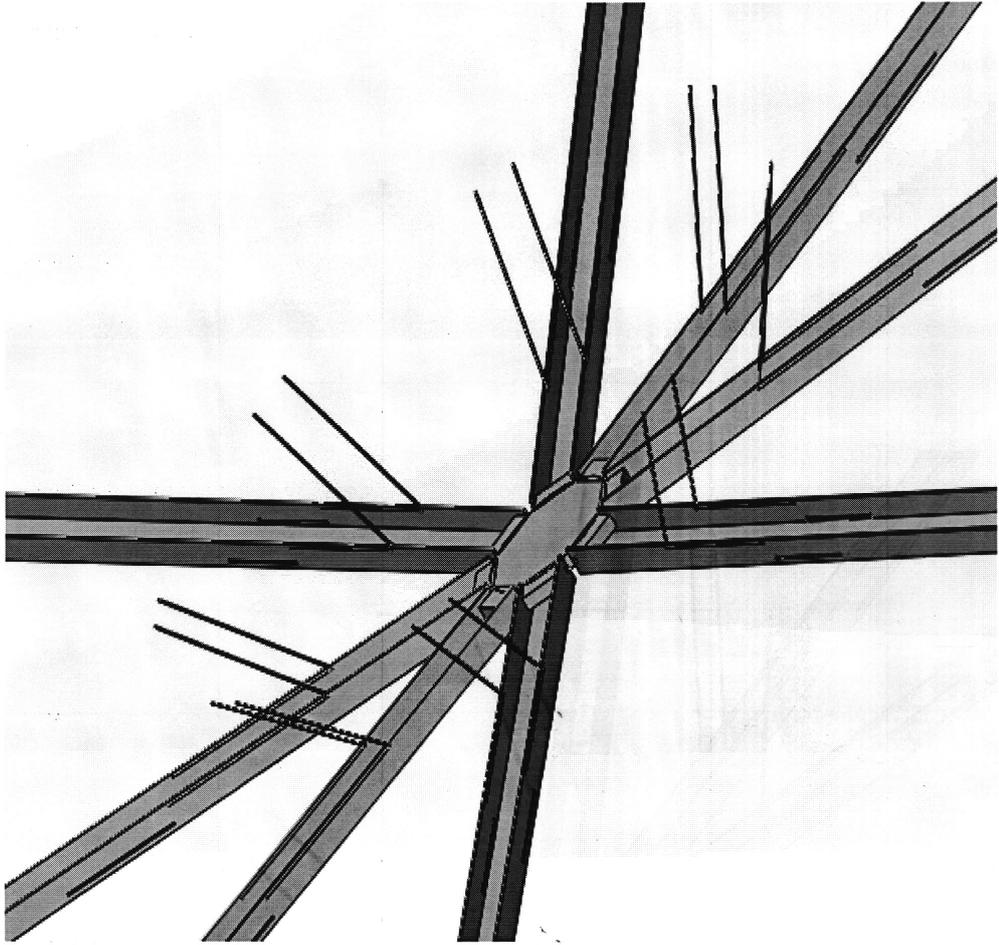


б)

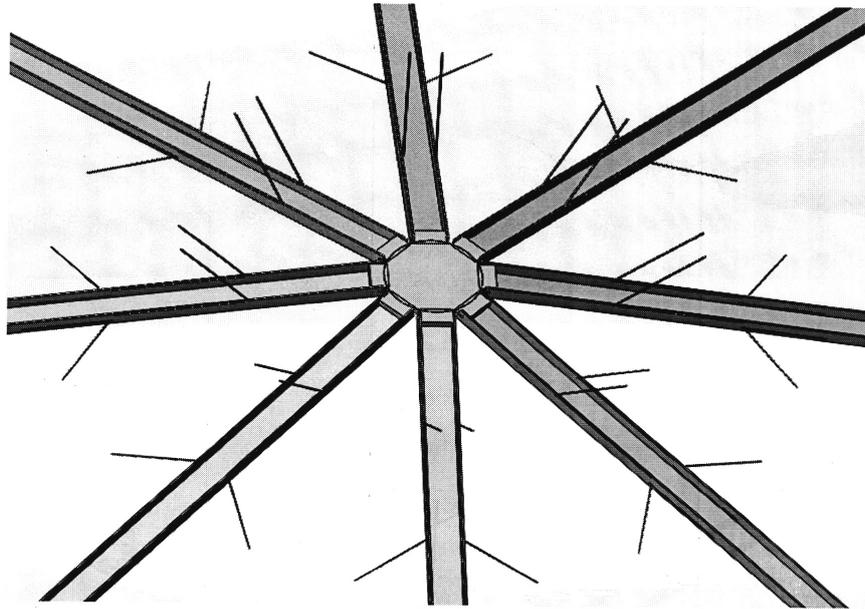


в)

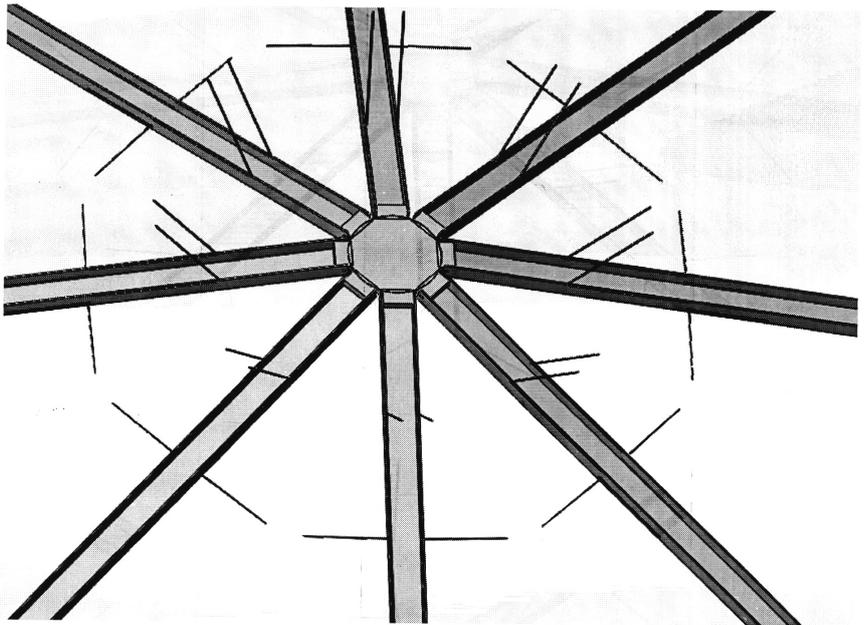
Фиг.6



Фиг.7



a)



б)

Фиг.8