ООО ”Негосударственная экспертиза Псковской области”

Расчет здания в форме геодезической сферы.

Выполнил: Селянцев И.М. 12.10.2012

Зарегистрировано в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору с внесением сведений в государственный реестр саморегулируемых организаций от 29 декабря 2009 г. № СРО-П-110-29122009

Зарегистрировано 27 октября 2009 г. Управлением Федеральной налоговой службы по Санкт-Петербургу за основным государственным номером ОГРН 1097800006413

САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
основанная на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
"Управление проектировщиков Северо-Запада"

СВИДЕТЕЛЬСТВО

СРО УПСЗ 30-12-09-024-П-110

о допуске к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

Виды работ указаны в Приложении № **024П** к настоящему свидетельству

Наименование организации (полное и сокращенное): **Общество с ограниченной ответственностью "Негосударственная экспертиза Псковской области" (ООО "Негосударственная экспертиза Псковской области")**
ОГРН 1086027008000 ИНН 6037003760

Адрес (место нахождения) организации: **160552, Псковская область, д. Котово**

Свидетельство выдано без ограничения срока действия и действительно на всей территории Российской Федерации

Основание выдачи: протокол №4 от 30.12.2009 г. и протокол №15 от 02.04.2010г. Совета Партнерства

Президент Совета Партнерства А. Н. Москаленко

Директор Партнерства В. Н. Винокуров

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО Управление проектировщиков Северо-Запада САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Зарегистрировано в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору с внесением сведений в государственный реестр саморегулируемых организаций от 29 декабря 2009 г. № СРО-П-110-29122009

Зарегистрировано 27 октября 2009 г. Управлением Федеральной налоговой службы по Санкт-Петербургу за основным государственным номером ОГРН 1097800006413

САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
основанная на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
"Управление проектировщиков Северо-Запада"

ПРИЛОЖЕНИЕ № 024П

является неотъемлемой частью Свидетельства

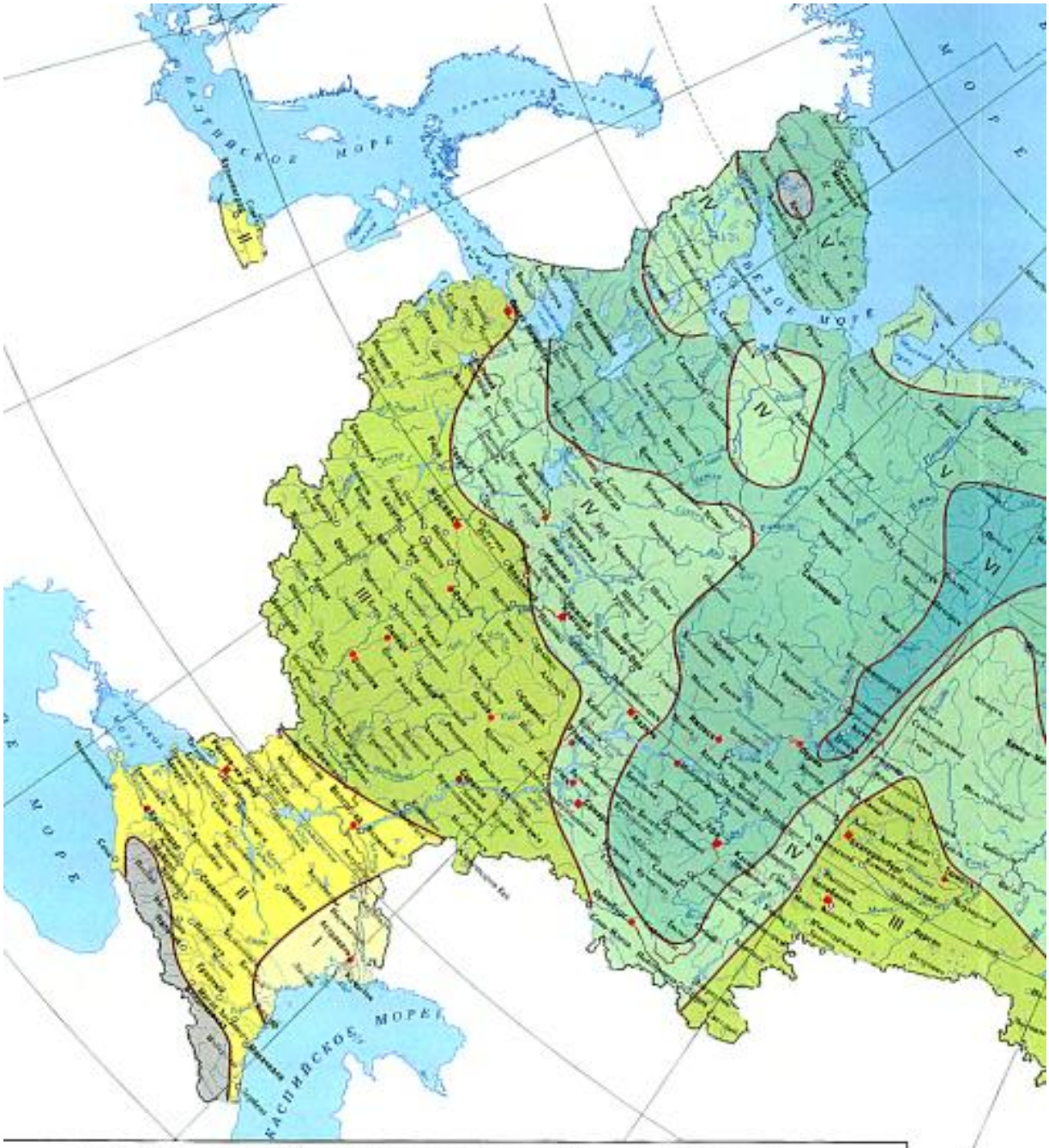
СРО УПСЗ 30-12-09-024-П-110

Виды работ

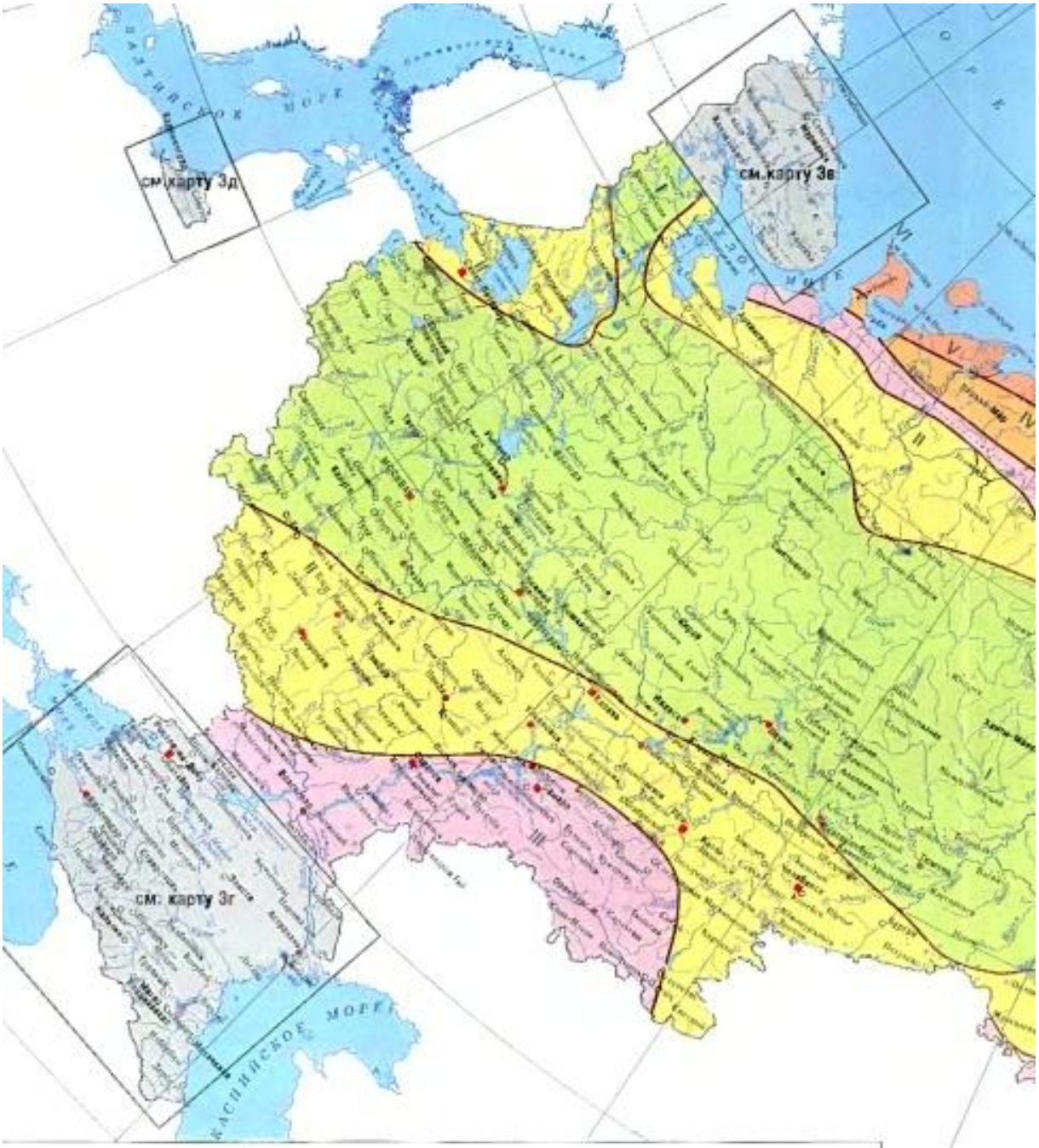
- Работы по подготовке схемы планировочной организации земельного участка
- Работы по разработке архитектурных решений
- Работы по разработке конструктивных и объемно-планировочных решений
- Работы по подготовке сведений об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечня инженерно-технических мероприятий, содержания технологических решений
- Работы по подготовке проекта организации строительства
- Работы по подготовке проекта организации работ по сносу или демонтажу объектов
- Работы по разработке мероприятий по охране окружающей среды
- Работы по разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности
- Работы по разработке мероприятий по обеспечению доступа инвалидов
- Работы по подготовке проекта полосы отвода линейного объекта
- Работы по разработке технологических и конструктивных решений линейного объекта
- Работы по подготовке материалов, связанных с обеспечением безопасности зданий и сооружений, в составе раздела «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»
- Работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений
- Работы по организации подготовки проектной документации привлекаемым застройщиком или заказчиком на основании договора юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем (генеральным проектировщиком)

Президент Совета Партнерства А. Н. Москаленко

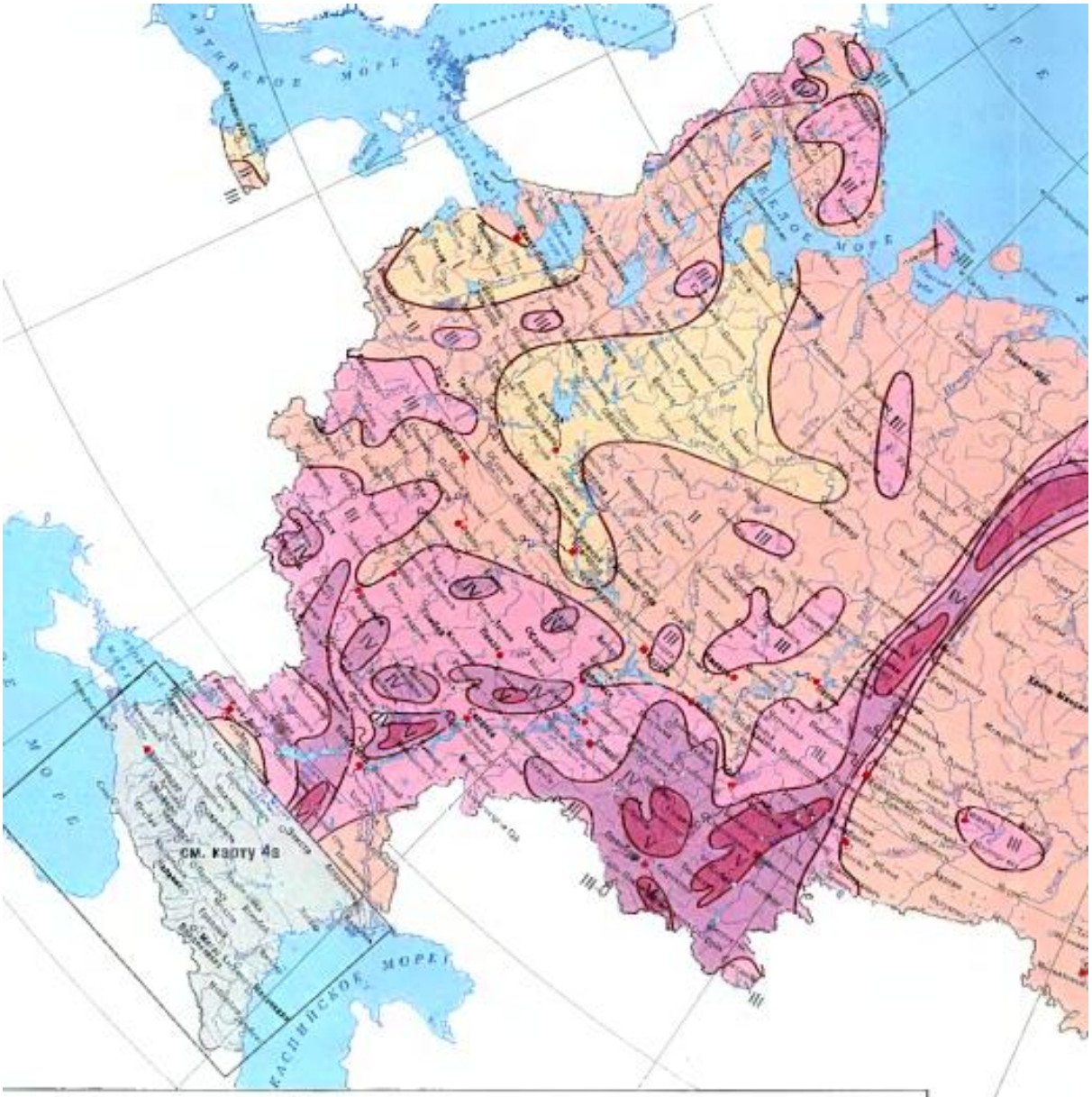
Директор Партнерства В. Н. Винокуров



КАРТА 1. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЕСУ СНЕГОВОГО ПОКРОВА

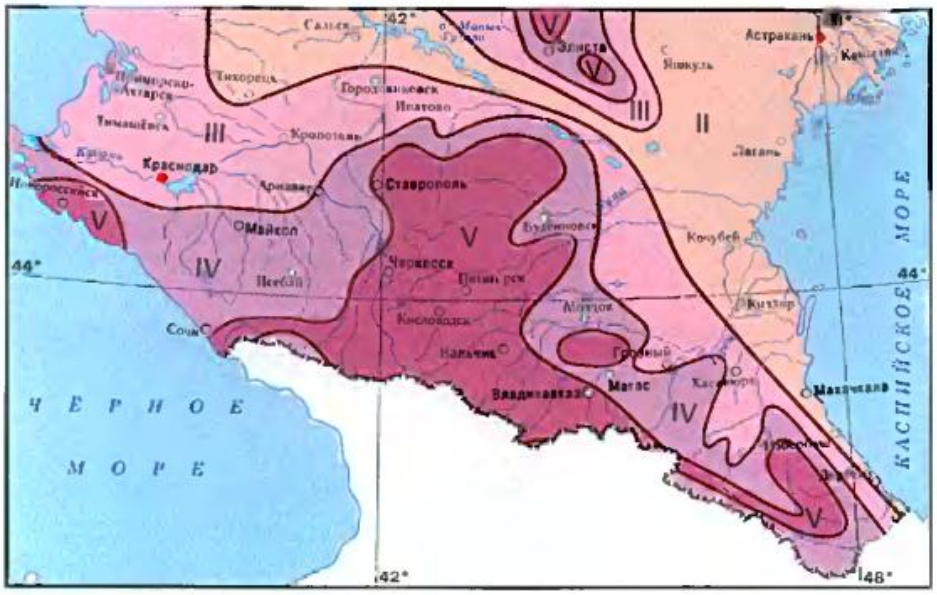


КАРТА 3. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДАВЛЕНИЮ ВЕТРА



КАРТА 4. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ТОЛЩИНЕ СТЕНКИ ГОЛОЛЁДА

КАРТА 4а.
РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО КАВКАЗА ПО ТОЛЩИНЕ СТЕНКИ ГОЛОЛЁДА



Масштаб 1:10 000 000

100 0 100 200 300

1 см на карте соответствует 100 км на местности

КАРТА 3г.
РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КАВКАЗА ПО ДАВЛЕНИЮ ВЕТРА

Масштаб 1:7 000 000

70 0 70 140 210

1 см на карте соответствует 70 км на местности

Геодезическая сфера R=5.3м, V6 высота здания ¾ от высоты сферы. Сегмент сферы из нержавеющего листа толщиной 2мм.

Нагрузки на купол и перекрытие опирающееся на купол:

IV – ветровой регион, нормативная нагрузка w0=48 кг/м2, ϒf=1.4

V – снеговой регион, расчетная нагрузка Sg=320 кг/м2, ϒf=1.4

V – гололёдный регион

Обшивка – нержавеющая сталь 2мм, рст=7850кг/м3, , ϒf=1.1 (с учётом отгибов)

Утеплитель + обшивка стен – 200мм минвата, нормативная нагрузка 30кг/м2 , ϒf=1.4

Обшивка стен и коммуникации, нормативная нагрузка 10.7 кг/м2 , ϒf=1.4

Перекрытие – временная полезная нагрузка 150кг/м2 , ϒf=1.3

Перегородки - 50кг/м2 , ϒf=1.2

Вес балочной клетки- нормативная нагрузка 30кг/м2, ϒf=1.05

Утеплитель, звукоизоляция перекрытия, нормативная нагрузка 30кг/м2, ϒf=1.4

Паркет + фанера + деревянные лаги – нормативная, нагрузка 15кг/м2, ϒf=1.4

РАССЧЁТНЫЕ СЛУЧАИ.

1. Снег по Варианту 1 (см. ниже схемы Г13) + Ветер по оси X + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
2. Снег по Варианту 1 (см. ниже схемы Г13) + Ветер против оси X + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
3. Снег по Варианту 1 (см. ниже схемы Г13) + Ветер по оси Y + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
4. Снег по Варианту 1 (см. ниже схемы Г13) + Ветер против оси Y + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
5. Снег по Варианту 2 на оси +X (см. ниже схемы Г13) + Ветер по оси X + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
6. Снег по Варианту 2 на оси -X (см. ниже схемы Г13) + Ветер против оси X + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
7. Снег по Варианту 2 на оси +Y (см. ниже схемы Г13) + Ветер по оси Y + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.
8. Снег по Варианту 2 на оси -Y (см. ниже схемы Г13) + Ветер против оси Y + Гололёд + Собственный вес купола + Вес утеплителя + Вес обшивки и коммуникаций.

Снеговая нагрузка:

V – снеговой регион, расчетная нагрузка Sg=320 кг/м2, ϒf=1.4

Расчётные случаи:

Расчёт по Варианту 1 (см. схемы Г13) Загружения 1, 2, 3, 4.

Расчёт по Варианту 2 (см. схемы Г13) Загружения 5, 6, 7, 8.

Г.13 Здания с купольными круговыми и близкими к ним по очертанию покрытиями

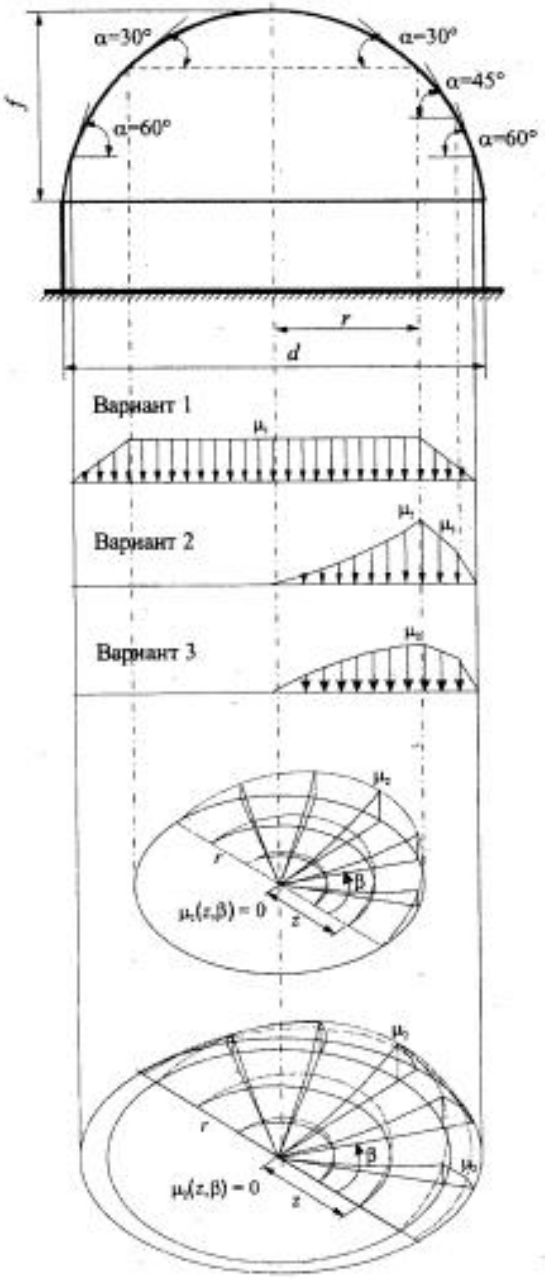


Рисунок Г.16

Ветровая нагрузка:

IV – ветровой регион, нормативная нагрузка w0=48 кг/м2, ϒf=1.4

Расчётные случаи:

Ветер по оси X - Загружения 1, 5.

Ветер против оси X - Загружения 2, 6.

Ветер по оси Y - Загружения 3, 7.

Ветер против оси Y - Загружения 4, 8.

Для упрощения расчётов учитываю только кососимметричную ветровую нагрузку, т.к. симметричная часть эпюры ветровой нагрузки разгружает оболочку (предположение в запас прочности).

Гололёд:

V – гололёдный регион

I'=b k μ2 ρg

b=20мм

k=1

μ2=0.6

ρ=0.9 г/см3

g=9.81 м/с2

ϒf=1.3

Gгололёда= 14.1 кг/м2

Собственный вес:

Площадь оболочки =174м2

ρстали = 7850кг/м3

ϒf=1.1 (с учётом отгибов)

Gсв=7850*0.002*1.1=17.3 кг/м2

Утеплитель+обшивка:

Утеплитель 200 мм стекловолокно. 30кг/м2, ϒf=1.4

Обшивка и коммуникации 10.7 кг/м2, ϒf=1.4

Gут+об=45 кг/м2

Перекрытие:

Перекрытие – временная полезная нагрузка 150кг/м2 , ϒf=1.3

Перегородки - 50кг/м2 , ϒf=1.2

Вес балочной клетки- нормативная нагрузка 30кг/м2, ϒf=1.05

Утеплитель, звукоизоляция перекрытия, нормативная нагрузка 30кг/м2, ϒf=1.4

Паркет + фанера + деревянные лаги – нормативная, нагрузка 15кг/м2, ϒf=1.4

Полная расчетная нагрузка на перекрытие = 350 кг/м2

ПРИНИМАЕМЫЕ СЕЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ:

Толщина оболочки 2мм. Двойной отгиб.

Усиление проёмов - труба 120х120х4мм.

Балки перекрытий - I30Б1.

Колонны - I30Б1.

Пояса ответной конструкции - труба 120х120х4.

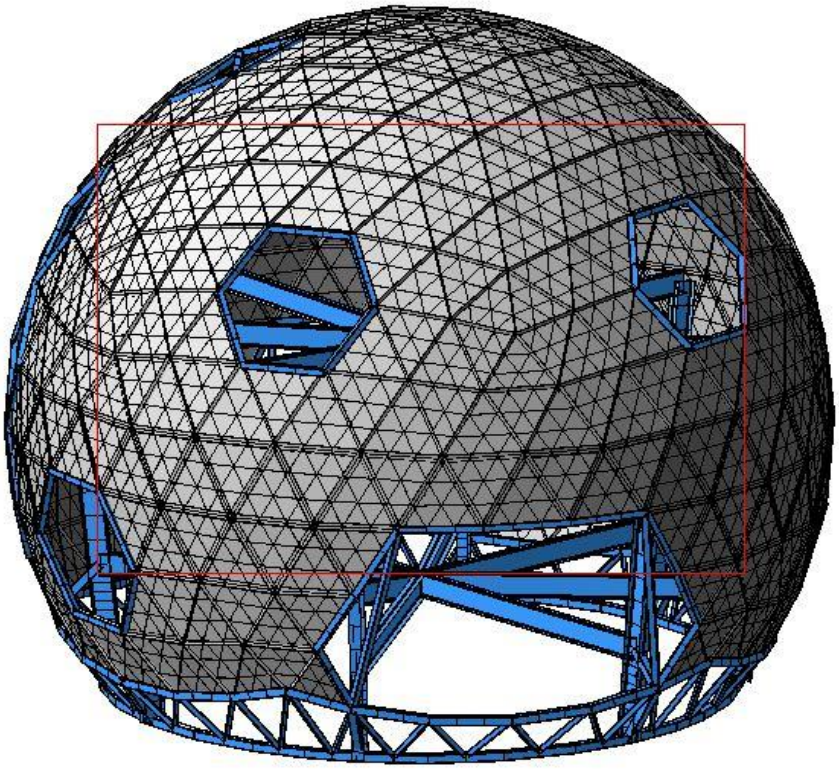
Раскосы ответной опорной конструкции – труба 80х60х4.

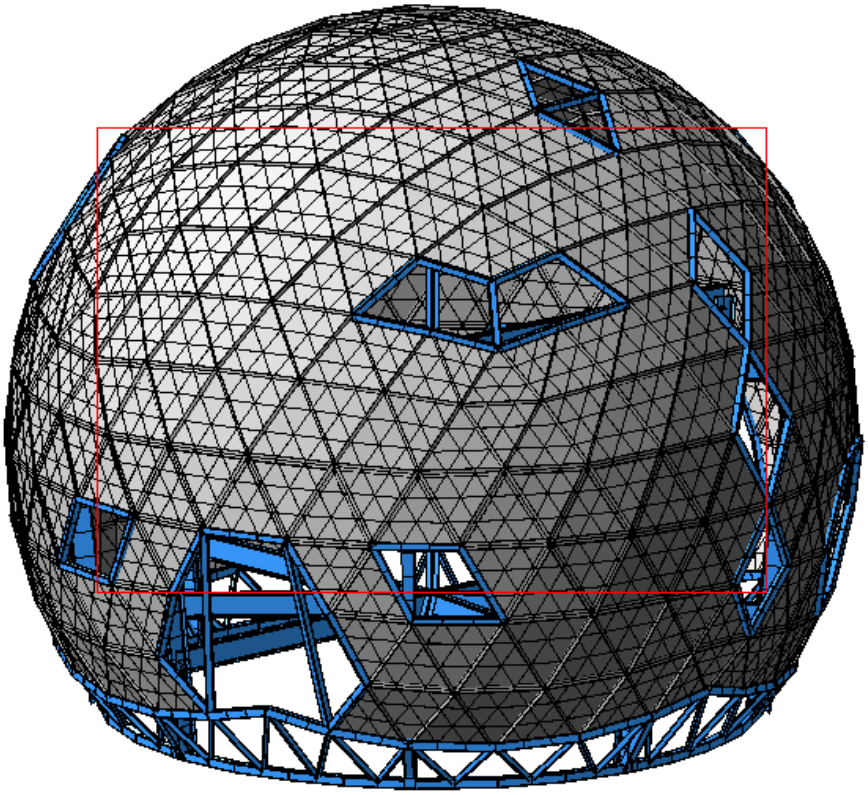
РАСЧЁТ.

1. Расчет конструкции производился как оболочки подкреплённой ребрами отгибов.
2. Оболочка одного семмента разбивалась на 9 конечных оболочечных элементов.
3. Отгибы соседних сегментов считаются работающими совместно. В дальнейшем необходимо проведение ряда мероприятий обеспечивающих выполнение этого предположения.
4. В месте окон и дверных проёмов сегменты оболочки убраны. Края проёмов усилены рамой из квадратной трубы.
5. Оболочка считается совместно с опорной ответной конструкцией.
6. Разница между усилиями в стержнях при линейном и нелинейном расчете по деформативной схеме составляет менее 1.5%, что меньше рекомендованной величины в

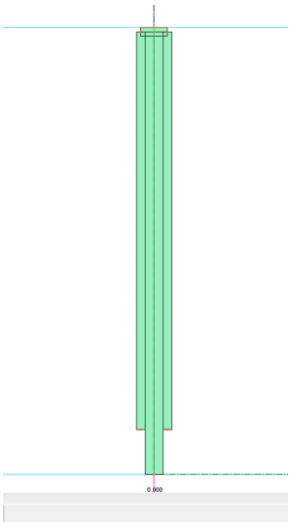
10-15%, что говорит о достаточной жёсткости ребра. Величину усилий в рёбрах отгибов принимаю по линейному расчёту.

7. Опирание оболочки на ответную опорную конструкцию принимается шарнирным.
8. Принимаем максимальное отклонение панели от заданного размера 5мм.





Общий вид КЭ модели конструкции.



Вид ребра отгиба при толщине оболочки 2мм.

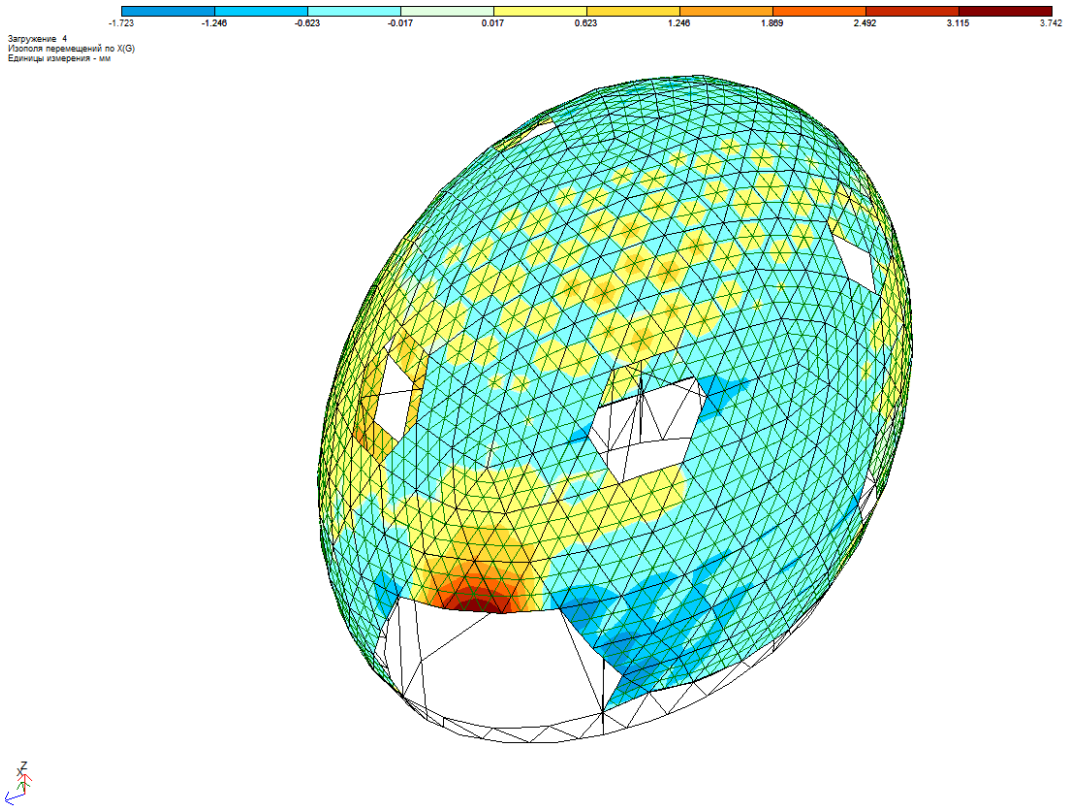
Основные характеристики			
A	7.64	$см^2$	– площадь поперечного сечения
I_{y1}	58.94	$см^4$	– момент инерции относительно **главной** центральной оси Y1
I_{z1}	0.39	$см^4$	– момент инерции относительно **главной** центральной оси Z1
S_{y1}	9.17	$см^3$	– статический момент инерции полусечения относительно **главной** центральной оси Y1
S_{z1}	0.54	$см^3$	– статический момент инерции полусечения относительно **главной** центральной оси Z1
$W_{y1,\ min}$	11.20	$см^3$	– минимальный момент сопротивления сечения относительно **главной** центральной оси Y1
$W_{z1,\ min}$	1.30	$см^3$	– минимальный момент сопротивления сечения относительно **главной** центральной оси Z1
φ_o	0.00	o	– угол поворота системы главных центральных осей координат Y1--Z1 относительно осей **исходной** системы координат
y_o	-0.00	см	– абсцисса центра тяжести в **исходной** системе координат
z_o	5.26	см	– ордината центра тяжести в **исходной** системе координат

Вспомогательные и производные характеристики			
i_{y1}	2.78	см	– радиус инерции относительно **главной** центральной оси Y1
i_{z1}	0.23	см	– радиус инерции относительно **главной** центральной оси Z1
$y_{1,\ max}$	0.30	см	– максимальное значение абсциссы в системе **главных** центральных осей координат Y1--Z1
$z_{1,\ max}$	4.64	см	– максимальное значение ординаты в системе **главных** центральных осей координат Y1--Z1
$y_{1,\ min}$	-0.30	см	– минимальное значение абсциссы в системе **главных** центральных осей координат Y1--Z1
$z_{1,\ min}$	-5.26	см	– минимальное значение ординаты в системе **главных** центральных осей координат Y1--Z1
$I_{yc\ zc}$	0.00	$см^4$	– центробежный момент инерции относительно системы **центральных** осей координат Yc--Zc
I_{yc}	58.94	$см^4$	– момент инерции относительно **центральной** оси Yc
I_{zc}	0.39	$см^4$	– момент инерции относительно **центральной** оси Zc
$W_{yc,\ min}$	11.20	$см^3$	– минимальный момент сопротивления сечения относительно **центральной** оси Yc
$W_{zc,\ min}$	1.30	$см^3$	– минимальный момент сопротивления сечения относительно **центральной** оси Zc

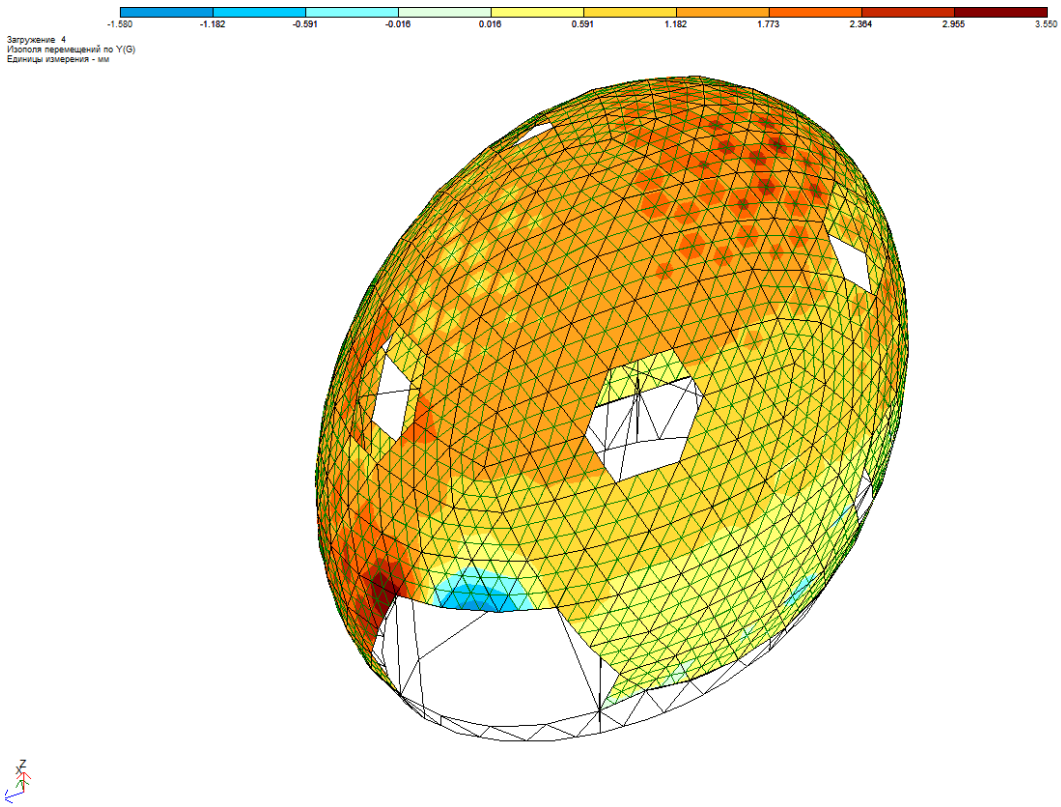
Крутильно-секториальные характеристики			
J_t	0.26	$см^4$	– момент инерции при кручении
J_w	6.89	$см^6$	– секториальный момент инерции
y_t	0.00	см	– абсцисса центра кручения в системе главных центральных осей координат Y1--Z1
z_t	7.57	см	– ордината центра кручения в системе главных центральных осей координат Y1--Z1
A_{wy1}	0.02	$см^2$	– сдвиговая площадь вдоль главной оси Y1
A_{wz1}	5.99	$см^2$	– сдвиговая площадь вдоль главной оси Z1

Характеристики ребра оболочки, при толщине листа 2мм.

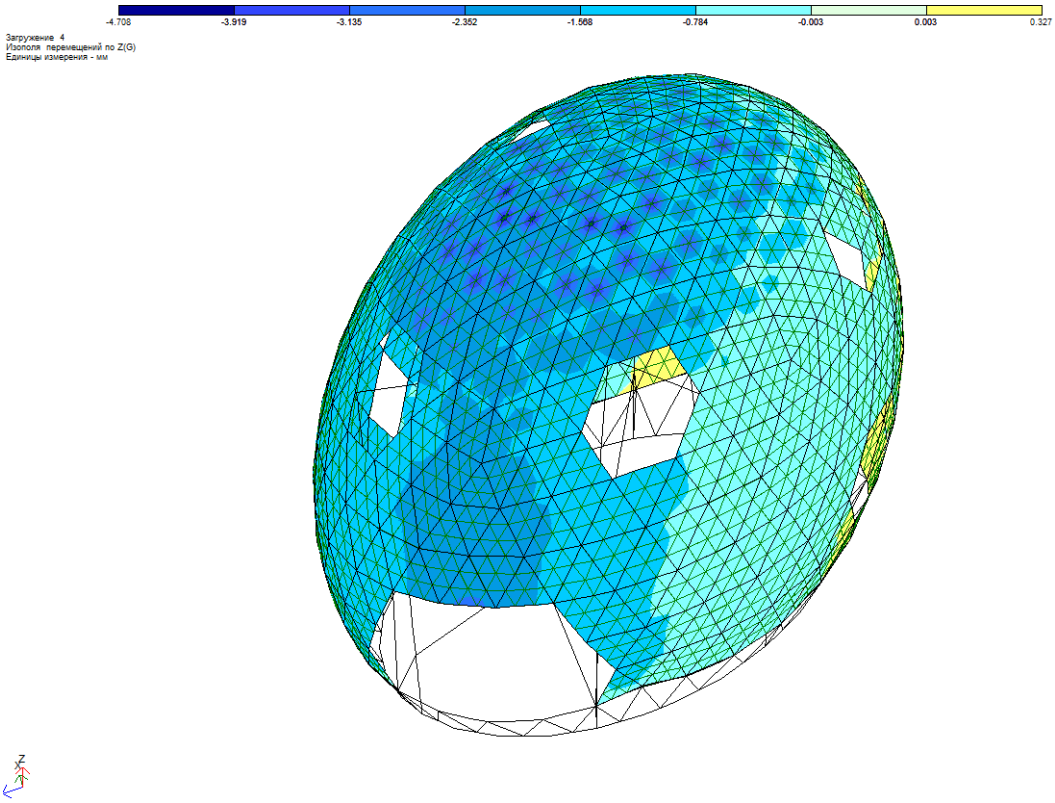
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБОЛОЧКИ.



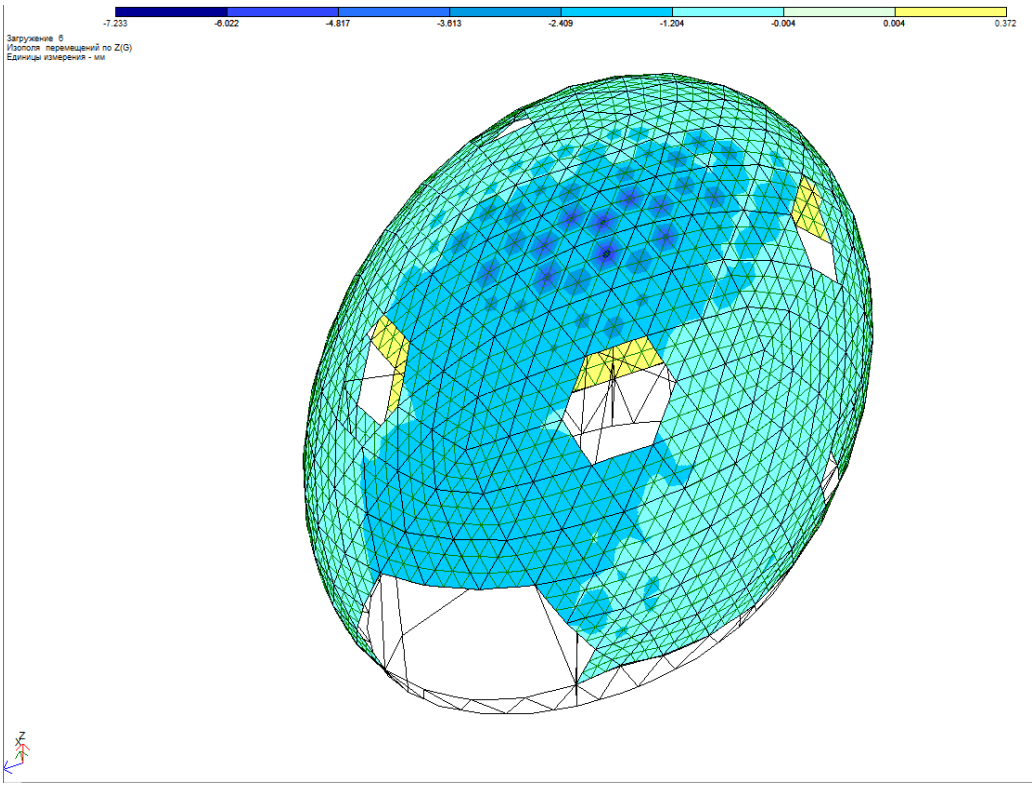
Максимальные перемещения оболочки по п оси X = 3,742мм. Загружение 4.



Максимальные перемещения оболочки по п оси Y = 3,55мм. Загружение 4.

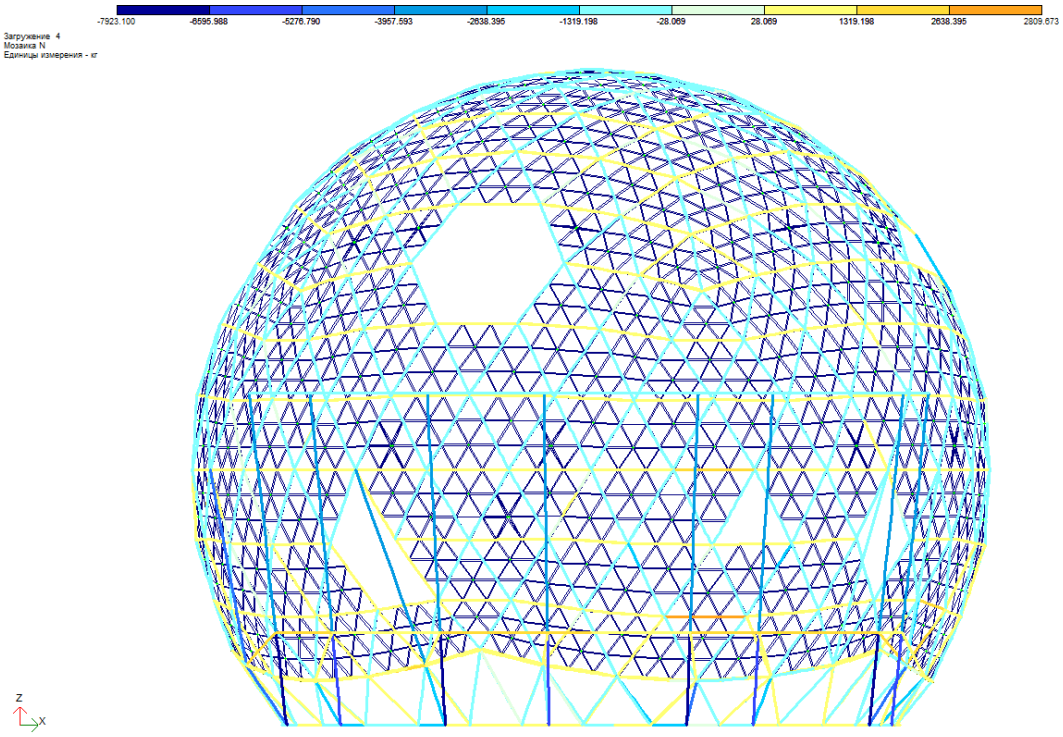


Максимальные перемещения оболочки в районе окна по п оси Z = 4.708 мм. Загружение 4.



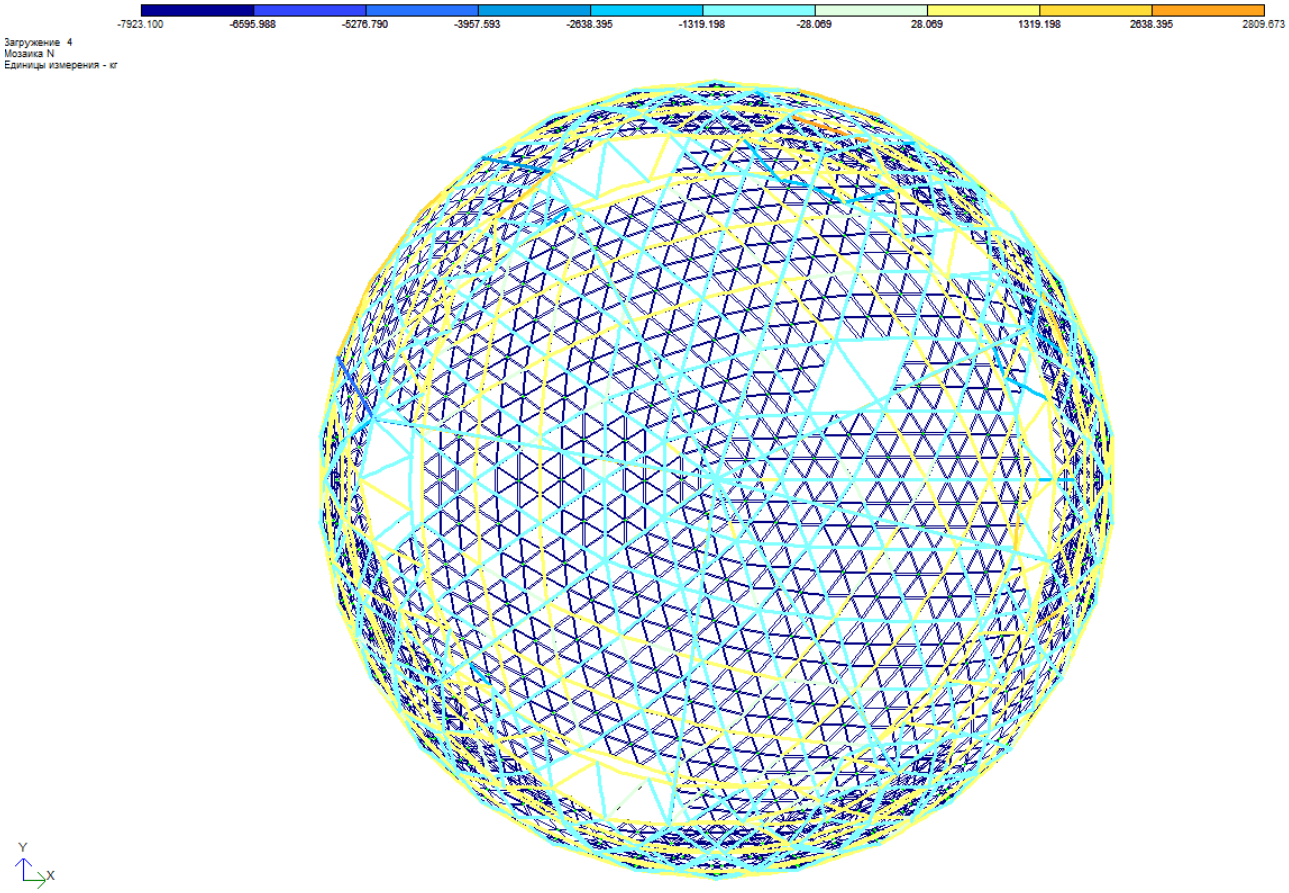
Максимальные перемещения оболочки в районе покрытия по п оси Z = 7.233 мм. Загружение 6.

УСИЛИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ОБОЛОЧКИ.

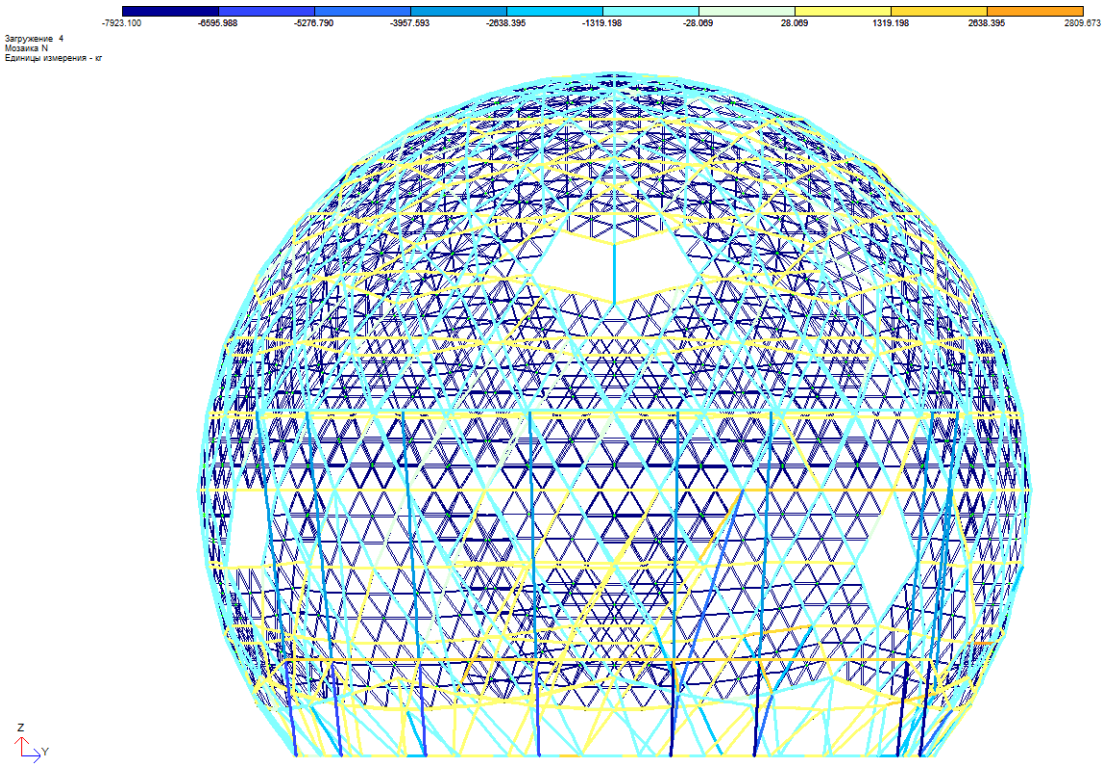


Усилия в оболочке. Максимальное усилие сжатия в ребре оболочки N=-1779кг. Загружение4.

Максимальное усилие растяжения в ребре оболочки N=1590кг. Загружение4.

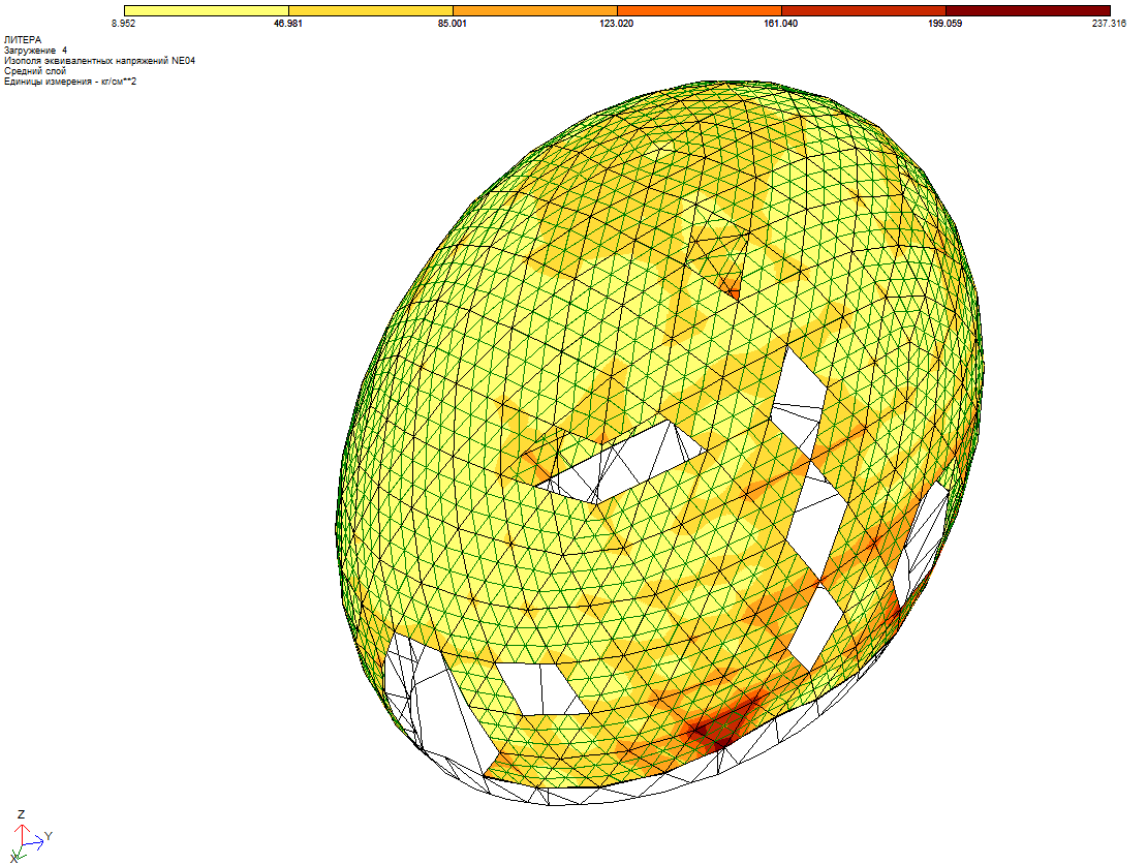


Усилия в оболочке.

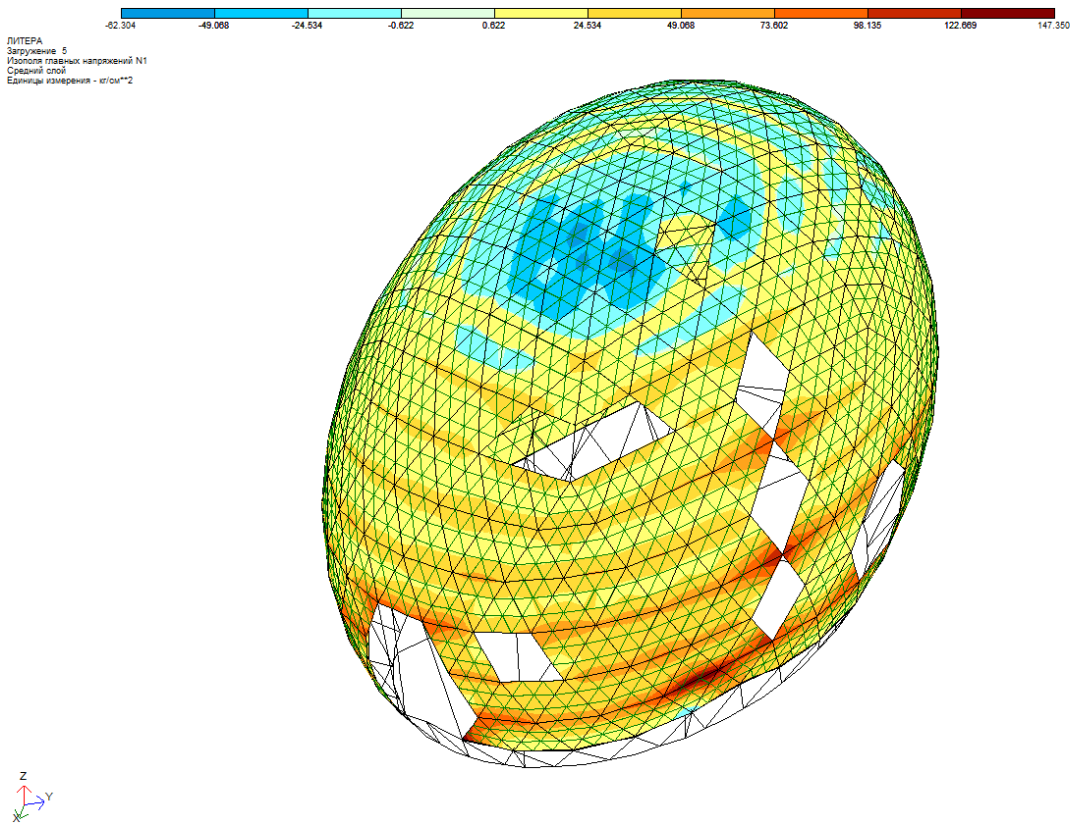


Усилия в оболочке.

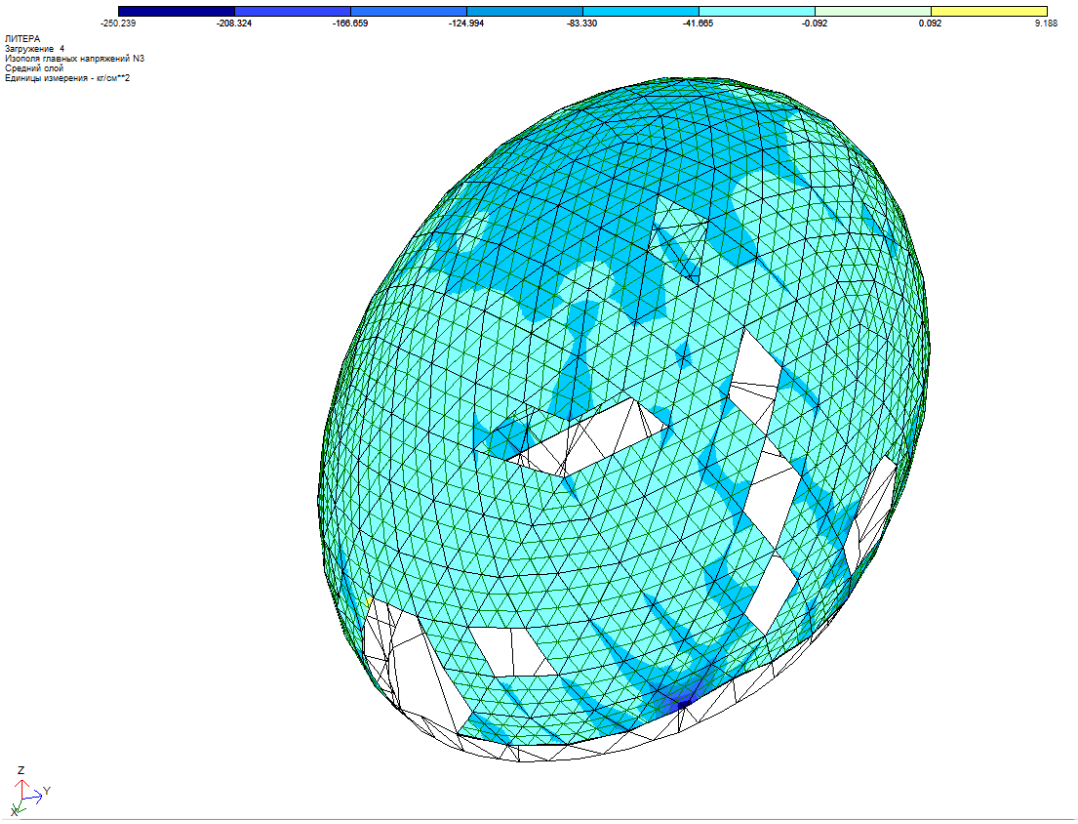
НАПРЯЖЕНИЯ В ОБОЛОЧКЕ.



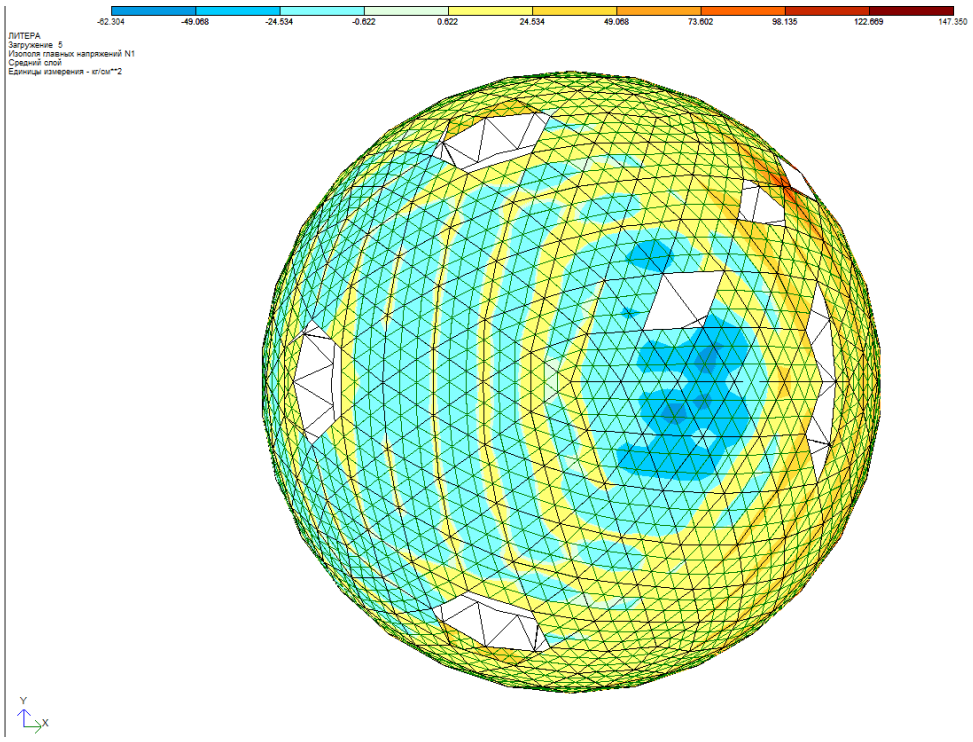
Максимальные эквивалентные напряжения в оболочке по энергетической теории. σe=237кг/см2. Загружение 4.



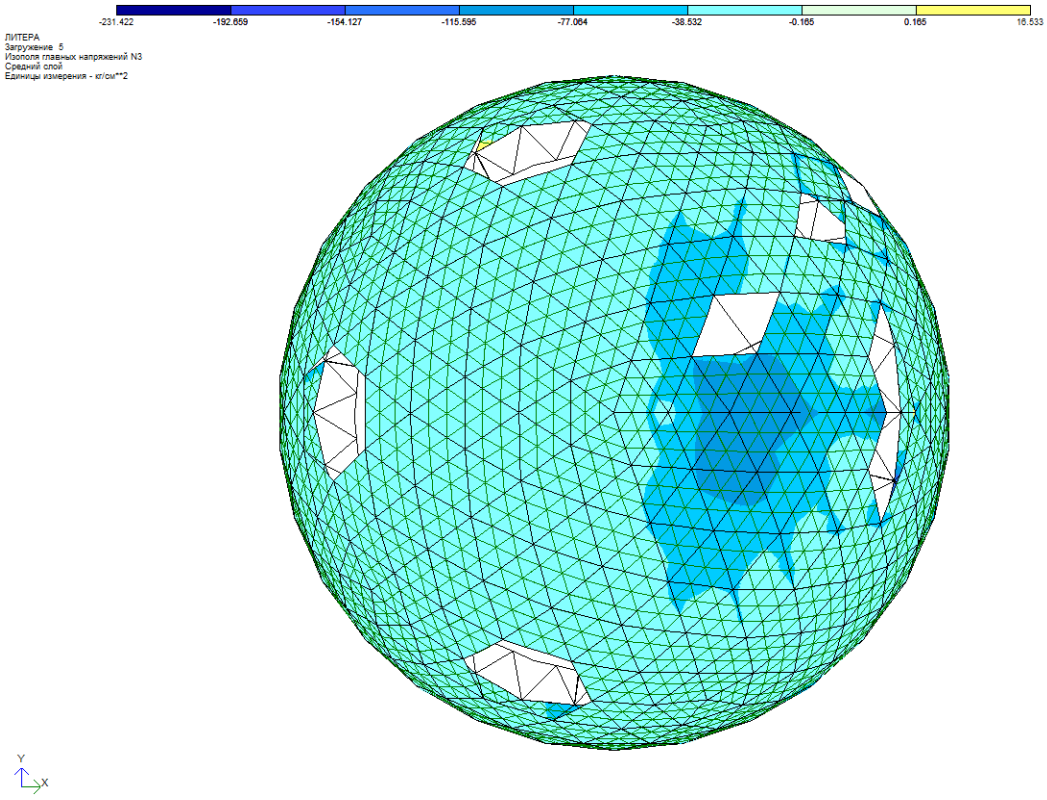
Главные напряжения в оболочке σ1. Загружение 5.



Главные напряжения в оболочке σ3 в районе основания. Загружение 4.



Минимальные главные напряжения в оболочке на уровне покрытия σ1 = -74кг/см2. Загружение 5.

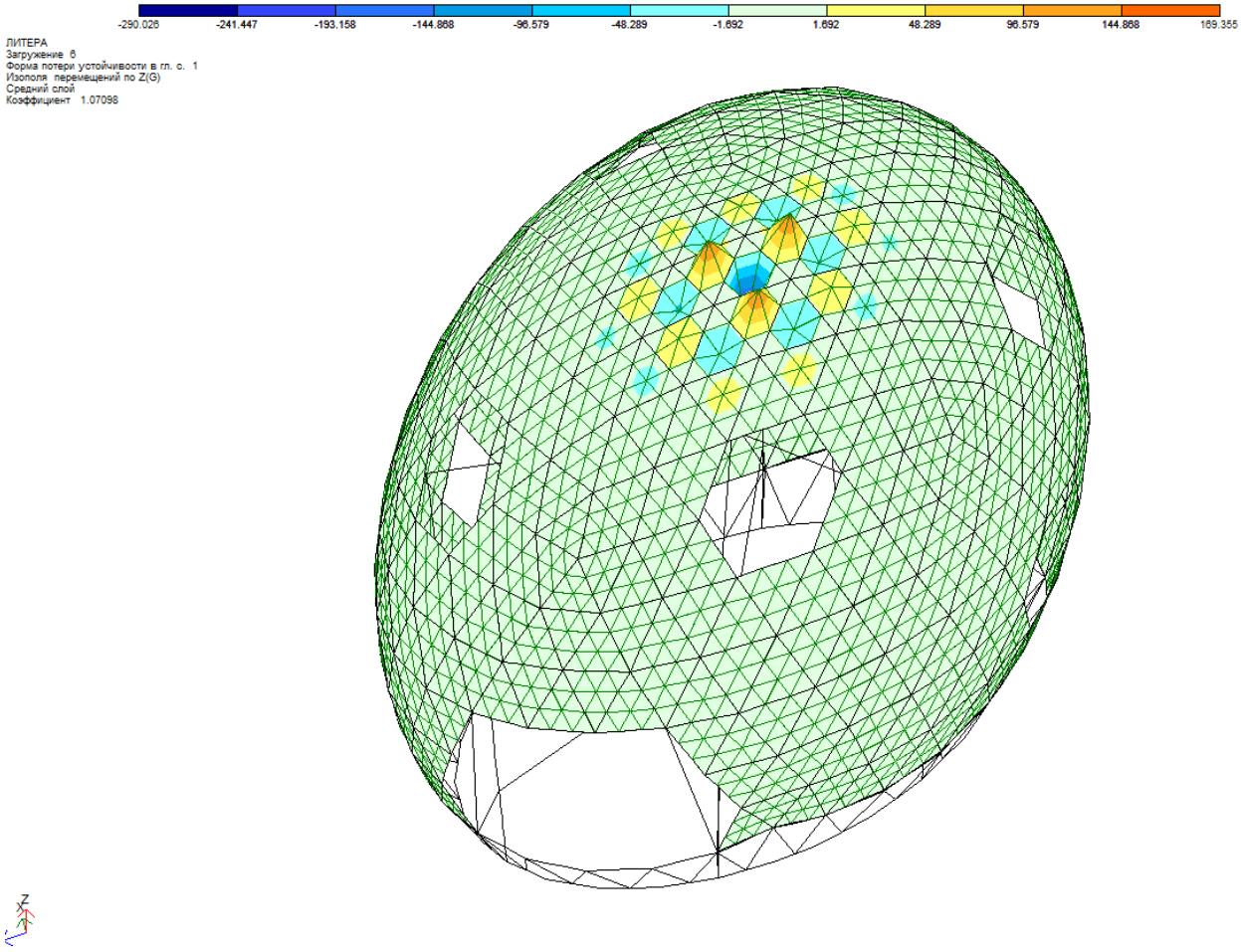


Минимальные главные напряжения в оболочке на уровне покрытия σ3 = -86кг/см2. Загружение 5.

РАСЧЁТ ОБОЛОЧКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ.

Thu Oct 11 14:21:31 2012 530V6РАМЫ

Номер загружения	Коэффициент запаса устойчивости	КОММЕНТАРИЙ
1	1.6995	
2	1.7236	
3	1.7086	
4	1.7048	
5	1.1525	
6	1.0710	
7	1.1113	
8	1.1030	
9	3.2929	
10	2.2293	



Первая форма потери устойчивости оболочки. Загружение 6 с минимальным коэффициентом запаса по устойчивости в 7%.

ОБРАБОТКА ЧИСЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ:

1) Проверка рёбер оболочки на растяжение.

Nmax=1590кг – максимальное растягивающее усилие.

A=7.64см2

$$\sigma = \frac{Nmax}{A} = \frac{1590}{7{,}64} = 208\,\frac{\text{кг}}{\text{см2}} < 1800\ \text{кг/см2}$$ -проходит.

Учёт неточности изготовления панели.

$$\beta = \frac{l}{2R} = \frac{100}{2 * 530} = 0.094 - \text{угол наклона стержня к касательной в узле}$$

*ξ0=0.65 δ/(β^2 l) =0.65*0.5/(0.094^2*100)=0.367*

δ-неточность изготовления панели

k1=1/(1- ξ0-0.2)=1/(1-0,367-0,2)=2,31 – коэффициент увеличения внутренних сил от неточностей изготовления .

σ=208*2,31=480 кг/см2 <1800 кг/см2 - проходит.

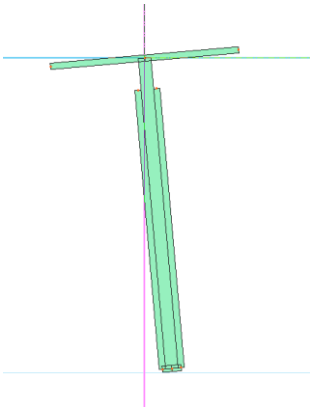
2) Проверка на устойчивость верхнего сжатого кольца. (Обеспечена см. численный расчёт оболочки на устойчивость)

Сжимающие напряжения в верхней части оболочки (загружения 1, 2, 3, 4)

σx=σy=-50 кг/см2,

lk=2*π*rk= 2*3.14*86.4=543см - длина кольца

lcer=lk/5=543/5=108,6см – длина сегмента



Присоединённая ширина оболочки 30 толщин оболочки = 60мм.

Jвплоскостикольца=3,99см4

σcr=-3*E*Jвплкольца/(rk^3*t)=-3*2000000*3,99/(81.4^3*0.2)=-222 кг/см2 – критическое напряжение сжатия в области верхнего кольца оболочки

σ=-50 кг/см2 < σcr =-222кг/см2 –проходит.

Учёт неточности изготовления панели.

σ=-50*2,31=-116кг/см2 < σcr=-222кг/см2 –проходит.

3) Общая устойчивость оболочки по критическим напряжениям. (Обеспечена см. численный расчёт оболочки на устойчивость)

Главные напряжения в оболочке σ3 в районе основания. Загружение 4

σ3=250 кг/см2

$\sigma crob=Eob*tob/(R(3(1-\mu^2))^{0.5})$ – критическое напряжение общей потери оболочкой устойчивости

σcrob=2000000*0,2/(530*SQRT(3(1-0,332)))=457кг/см2 > σ3=250 кг/см2 – проходит

С учётом неточностей изготовления.

σ=250*2.31=578 кг/см2 > σcrob=457кг/см2 –не проходит

Рассчитаем максимальную величину погрешность изготовления панели оболочки:

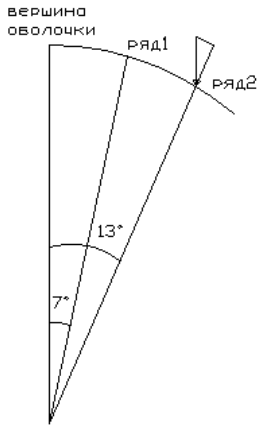
k1min=457/250=1.828

ξ0=1-1/k1-0.2=1-1/1.828-0.2=0.253

δ= ξ0*(β^2 l)/0.65=0.253*0.094^2*100/0.65=0.34см=3.4мм.

δ=3.4мм - максимальная величина погрешности изготовления панели оболочки

4) расчёт узлов оболочки на прощёлкивание. (Проходит см. численный расчёт оболочки на устойчивость)



Узловые нагрузки:

	Вершина	Ряд3
Снег	320кг	611 кг
Утеплитель	42 кг	42 кг
Гололёд	14.1 кг	14.1 кг
Соб. вес	17.3 кг	17.3 кг
Σ	393 кг	684 кг
α	0^0	26^0
Σ*cos(α)	393 кг	615 кг
Ветер	0 кг	67 кг
Ветер*sin(α)	0 кг	29 кг

Далее из за большого угла наклона нормальная составляющая нагрузки к поверхности убывает.

Нагрузка на узел F=615кг

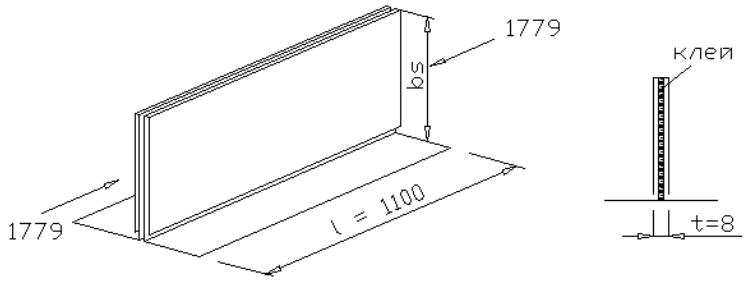
$Fcr=2*E*A*\beta^3p$

p- по графику в зависимости от допуска на изготовление панелей δ.

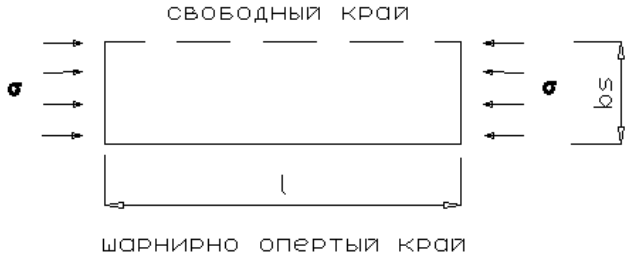
p=0.65

Fcr=2*2000000*7.64*0.094^3*0.65=16499кг > F=615кг – проходит.

5) Расчёт на местную устойчивость ребра оболочки .



Считаем, что загибы работают совместно.



σкр=K π^2 D/(bs^2 t)

D=E t^3/(12(1-μ^2))

Экспериментальные данные при μ=0,25

D=2000000* 0,8^3/(12(1-0,25^2))=91022

l/bs=1100/10=11 из таблиц К=0,456

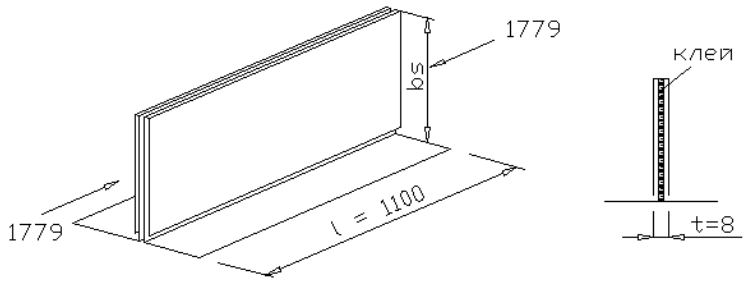
σкр=0,456 *3,14^2*91022/(10^2*0,8)=5115кг/см2

σ=1779/(0,8*10)=222кг/см2 < σкр=5115кг/см2 - проходит

С учётом неточности изготовления.

σ=222*1.83=406 кг/см2 < σкр=5115кг/см2 - проходит

6) Расчёт отгибов оболочки.



totг=0,2см

Nотг=Nmin/4=1779/4=445кг.

l/bs=110/10=11 из таблиц К=0,456

D=E $t_{отг}^3/(12(1-\mu^2))$= 2000000* $0,2^3/(12(1-0,25^2))$=1422

σкр=К π^2 D/(bs^2 totг)= 0,456 *$3,14^2$*1422/(10^2*0,2)=320 кг/см2

σ=445/(0,2*10)=223кг/см2 < σкр=320 кг/см2 – проходит

С учётом неточности изготовления панелей.

σ=223*1,83=408кг/см2 > σкр=320кг/см2 – не проходит

ВАРИАНТ1:

Пересчитаем максимальную величину погрешность изготовления панели оболочки:

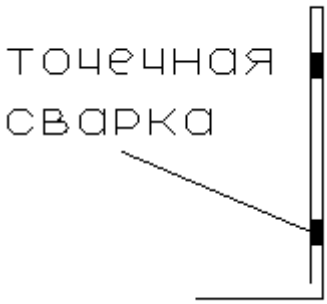
k1min=320/223=1.43

ξ0=1-1/k1-0.2=1-1/1.43-0.2=0.1

δ= ξ0*(β^2 l)/0.65=0.1*0.094^2*100/0.65=0.135см=1.35 мм.

δ=1.35мм - максимальная величина погрешности изготовления панели оболочки

ВАРИАНТ2:



Свариваем отгибы точечной сваркой для обеспечения их совместной работы.

При условии склейки панелей при монтаже расчёт отгибов сводится к расчёту рёбер описанному выше.

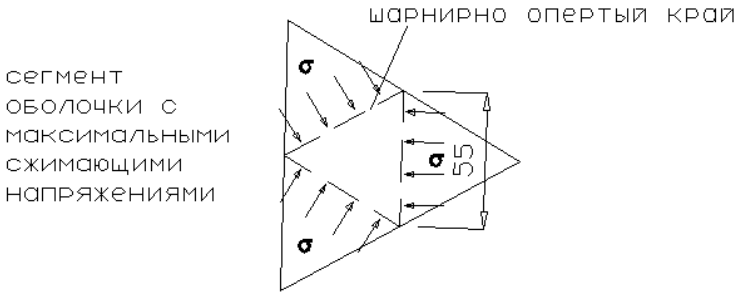
Если панели не склеивать, то:

D=E totг3/(12(1-μ2))= 2000000* $0,4^3/(12(1-0,25^2))$=11378

$\sigma кр = K\,\pi^2\,D/(bs^2\,tотг) = 0{,}456 * 3{,}14^2 * 11378/(10^2 * 0{,}4) = 1279$ кг/см2

σ=408кг/см2 < σкр=1279 кг/см2 – проходит

7) Устойчивость оболочки верхнего сегмента купола. (Устойчивость обеспечена численный расчёт оболочки на устойчивость)



σ2=86 кг/см2 – максимальные сжимающие напряжения в оболочке
Критические напряжения потери оболочкой устойчивости.
$\sigma кр = 4*\pi^2*E/(12*(1-\mu^2))*(t/a)^2$

$\sigma кр2 = 4*3.14^2*2000000/(12*(1-0.33^2))*(0.2/55)^2 = 95.51$кг/см^2 > σ=86кг/см2 – проходит

Запас 11% численный расчёт даёт запас 7%.

С учётом неточности изготовления панелей.

σ2=86*1,43=123кг/см2 > σкр=96 кг/см2 – не проходит δ=1.35мм

8) Максимальная погрешность изготовления панели.

Пересчитаем максимальную величину погрешность изготовления панели оболочки:

k1min=96/86=1.12

ξ0=1-1/k1-0.2=1-1/1.12-0.2=0.093

δ= ξ0*(β^2 l)/0.65=0.093*0.094^2*100/0.65=0.126см=1.26 мм.

δ=1.26мм - максимальная величина погрешности изготовления панели оболочки

9) Максимальная погрешность угла загиба ребра сегмента оболочки.

Рассчитаем максимальную величину погрешности угла загиба отгиба сегмента.
$Sin(\delta\alpha) = \delta*\cos(30^o)/(2*100) = 0.0054$

$\delta\alpha = 0.31^o$ - максимальная величина погрешности угла загиба.

При обеспечении погрешности размеров панели оболочки не более 1.26мм и погрешности угла загиба не более 0.31°, все рассмотренные условия прочности и устойчивости конструкции будут обеспечены.

10) Расчет частоты сварки отгибов точечной сваркой.

tотг=0,2см

Nотг=Nmin*2,31/4=1779*2.31/4=1027кг. С учётом неточности изготовления δ=5мм

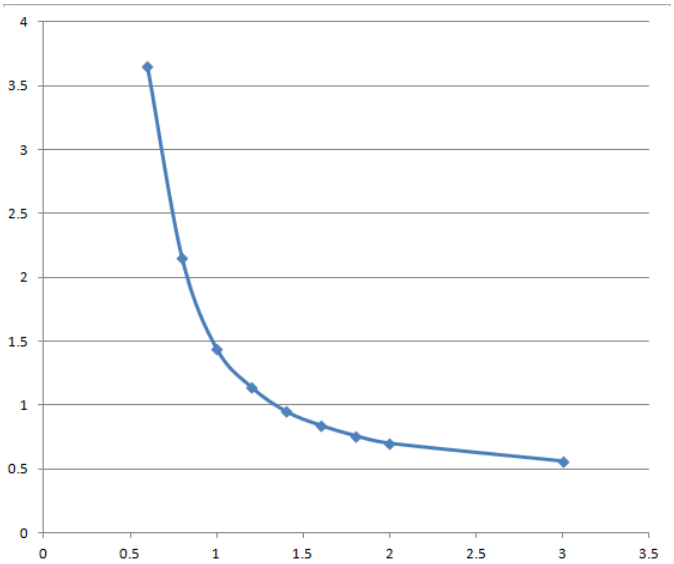
σкр=1027/(9*0.2)= 571 кг/см2

$D=E\ t_{отг}^3/(12(1-\mu^2))= 2000000*\ 0,2^3/(12(1-0,25^2))=1422$

$\sigma_{кр}=K\ \pi^2\ D/(b_s^2\ t_{отг})= K\ *3,14^2*1422/(9^2*0,2)=571$ кг/см2

$K=571*9^2*0,2/(3,14^2*1422)=0.66$

Из таблиц устойчивости подкреплённых пластинок



Lсв/bs=2.285

Lсв=2.285*9=20.565см. – расстояние между рядами швов точечной сварки по длине ребра.

Делить ребро отгиба на 6 участков с помощью 7 вертикальных рядов точечной сварки через 20см.

11) Расчет количества болтов крепления рёбер панелей.

tотг=0,4см

Nотг=Nmin*2,31/2=1779*2.31/2=2054кг. С учётом неточности изготовления δ=5мм

σкр=2054/(9*0.4)= 571 кг/см2

$D=E\ t_{отг}^3/(12(1-\mu^2))= 2000000*\ 0.4^3/(12(1-0,25^2))=11378$

$\sigma кр = K\ \pi^2\ D/(bs^2\ toтг) = K * 3{,}14^2 * 1422/(9^2 * 0{,}4) = 571$ кг/см2

$K = 571 * 9^2 * 0.4/(3{,}14^2 * 11378) = 0.165$

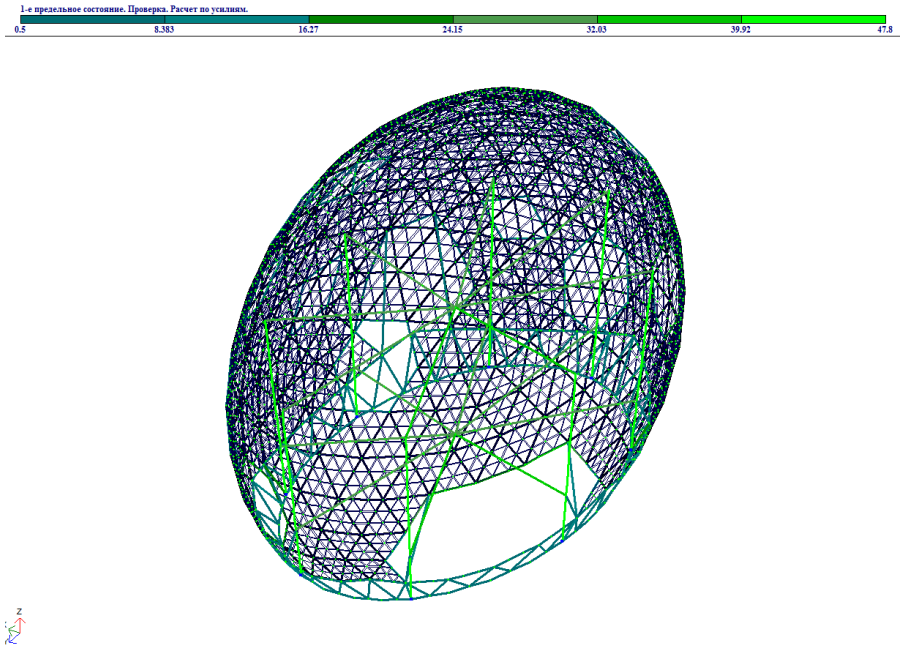
Из таблиц устойчивости подкреплённых пластинок

$Lсв/bs = \infty$

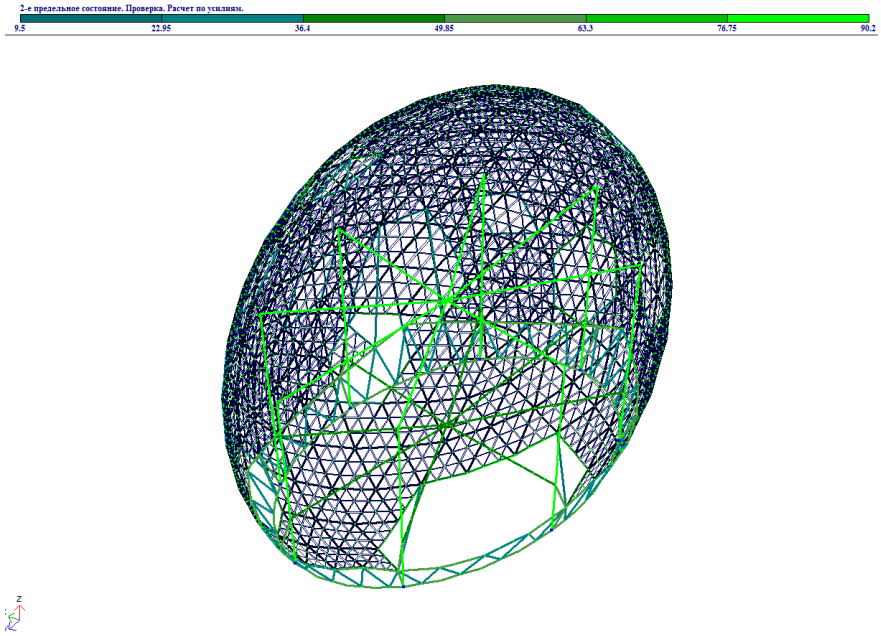
Достаточно 2х болтов по концам рёбер, из конструктивных соображений ставим 3 болта.

Делить ребро отгиба на 2 участка с помощью установки 3х болтов.

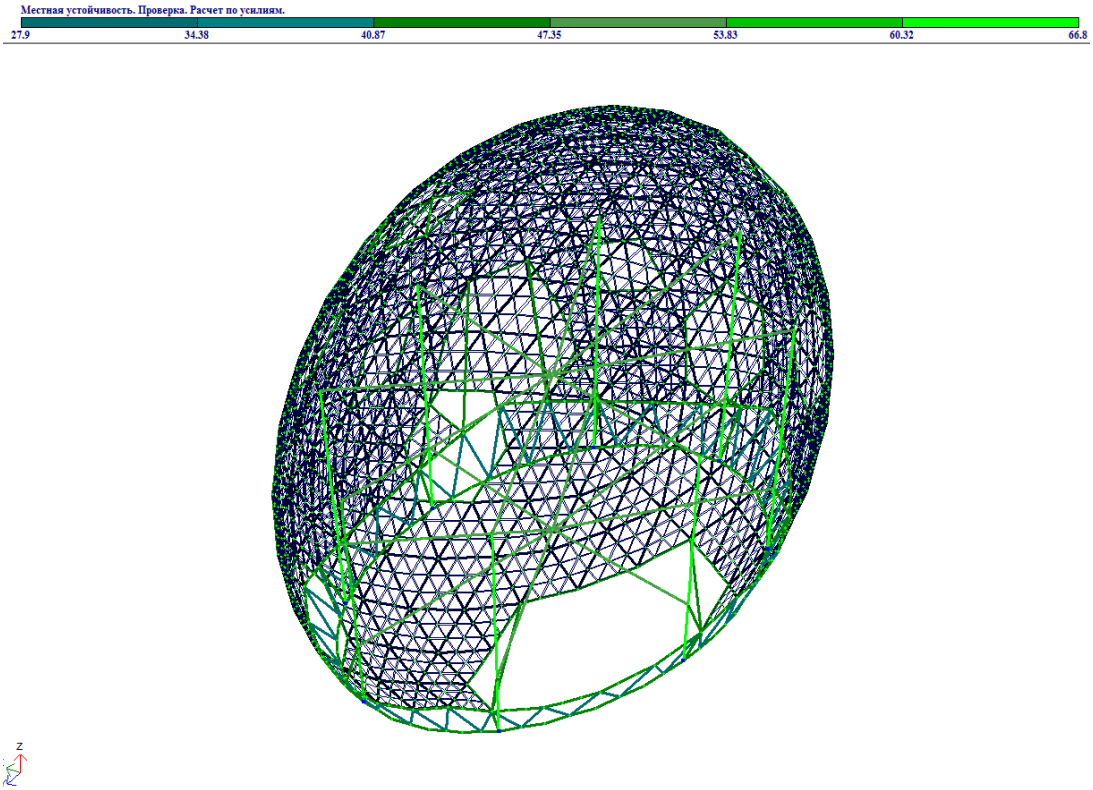
РАСЧЁТ РАМ УСИЛЕНИЯ ПРОЁМОВ, ОПОРЫ, СТОЕК И БАЛОК.



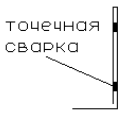
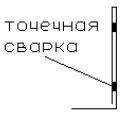
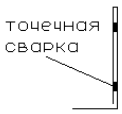
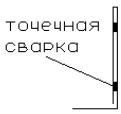
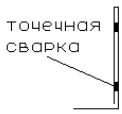
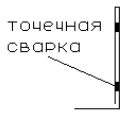
1-е предельное состояние. Расчет по усилиям.



2-е предельное состояние. Расчет по усилиям.



Местная устойчивость. Расчёт по усилиям.

	III снеговой регион.		IV снеговой регион.		V снеговой регион.	
	Без учёта неточностей изготовления	С учётом неточностей изготовления	Без учёта неточностей изготовления	С учётом неточностей изготовления	Без учёта неточностей изготовления	С учётом неточностей изготовления
Сечения элементов оболочки	Толщина оболочки – 2мм. Рамы усиления проёмов в оболочке – труба 120х120х4. Пояса опорной конструкции – труба 120х120х4. Раскосы опорной конструкции – труба 80х60х4. Колонны – двутавр I30Б1. Балки перекрытия 1 и 2 этажей – двутавр I30Б1.					
1) Проверка стержней купола на максимальные растягивающие усилия	+	+	+	+	+	+
2) Устойчивость верхнего сжатого кольца купола	+	+	+	+	+	+
3) Общая устойчивость купола	+	+	+	+	+	+
4) Расчет узлов купола на прощёлкивание	+	+	+	+	+	+
5) Местная устойчивость ребра оболочки	+	+	+	+	+	+
6) Местная устойчивость отгибов сегмента купола	+ 	+ 	+ 	+ 	+ 	+ 
7) Устойчивость оболочки верхнего сегмента купола	+	+	+	+	+	+
8) Допуск на линейные размеры сегмента	δ=1.26мм	δ=1.26мм	δ=1.26мм	δ=1.26мм	δ=1.26мм	δ=1.26мм
9) Допуск на угол загиба ребра сегмента	$\delta\alpha=0.31^{o}$	$\delta\alpha=0.31^{o}$	$\delta\alpha=0.31^{o}$	$\delta\alpha=0.31^{o}$	$\delta\alpha=0.31^{o}$	$\delta\alpha=0.31^{o}$
10) Частота точечной сварки отгибов	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.	Делить ребро на 6 участков. Длина участка не более 20см.

11) Количество болтов крепления рёбер панелей	3	3	3	3	3	3

Примечания.

1. Так как допуски на монтаж превышают допуски на линейные размеры сегмента конструкции, увеличить толщину оболочки до 2.5мм для V снегового региона (Sg=320кг/м2).
2. Для обеспечения соответствия между расчётной и реальной схемами конструкции, обеспечить шарнирное примыкание купола здания к опорной конструкции, с целью избегания появления опорных моментов.
3. Не смотря на соблюдение всех условий прочности, устойчивости и деформативности, подкрепляющих вырезы оболочки рам, принять дополнительные меры по увеличению их жёсткости, для нормальной работы окон и дверей.
4. Погрешность изготовления на линейные размеры панели не должна превышать 1.26мм.
5. Погрешность на угол загиба ребра панели не должна превышать 0.31^{o}.