ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ПРЕМИУМ

040004 РК, г. Талдыкорган, Сатпаева д14
БИН 900140000132
ИИК KZ048560000000010106 БИК KCJBKZKX
АО «Банк Центр Кредит»
Тел.: +7 (702) 9758305,
e-mail: 87102760757@mail.ru

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

«Разработка ПСД на строительство антенно-мачтового сооружения высотой 30 метров в с. Акбастау, в Абайском районе, Карагандинской области»

2025-01

Расчет КМ

г. Талдыкорган, 2025 г.

ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ПРЕМИУМ

040004 РК, г. Талдыкорган, Сатпаева д14
БИН 900140000132
ИИК KZ048560000000010106 БИК KCJBKZKX
АО «Банк Центр Кредит»
Тел.: +7 (702) 9758305,
e-mail: 87102760757@mail.ru

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

«Разработка ПСД на строительство антенно-мачтового сооружения высотой 30 метров в с. Акбастау, в Абайском районе, Карагандинской области»

2025-01

Расчет КМ

Председатель

ПК«Проектный институт Премиум» **Баекеева А.К.**

г. Талдыкорган, 2025 г.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Расчет сделан на объект: «Разработка проектно-сметной документации на строительство антенно-мачтового сооружения (АМС) на трассе между с.Шешенкара-с.Аюлы Бухар-Жырауского района»

-Уровень ответственности - II;
-Климатический район - IB;
-Нормативный вес снегового покрова - 1,50 кПа;
-Нормативное значение ветрового давления – 0,77 кПа;
-Сейсмичностьрайона строительства - 6 балл;
-Котегория грунта по сейсмическим своиствам - II;

По конструктивному решению здание относится - рамно-связевой каркас

Общая устойчивость здания обеспечивается:

-в продольном направлением-системой вертикальных связей по фермам и горизонтальным диском по верхним и нижним поясам фермы покрытия.
-в поперечном направлением-системой жесткой защемлением колонны.

Указания по основным узлам

-База колонны жесткое соединение
-Прогоны с фермой шарнирное соединение

Металлические элементы в расчете приняты из стали марки С245 и по ГОСТ 27772-2015. Все сварные соединение производить сварной проволокой марки Св-08 по ГОСТ 26271-84.

Расчет выполнен методом конечных элементов в перемещениях с помощью программного комплекса «ЛИРА Сапр», разработанного в институте НИИАСС (г.Киев, Украина).

Расчет несущих конструкций здания выполнен на основные и особые сочетания нагрузок в соответствии с требованиями НТП СП РК EN 1991-1-1_2002_2011* «Воздействия на несущие конструкции.», где в качестве особых горизонтальных нагрузок рассматривались ветровые нагрузки и нагрузки от мостовых кранов. В расчете рассматривались следующие загружении:

1 – постоянные нагрузки (Собственный вес);
2 - постоянные нагрузки;
3 – временные кратковременные нагрузки (снег);
4 - временные кратковременные нагрузки (Ветер по оси +X);
5 - временные кратковременные нагрузки (Ветер по оси -X);

Расчет пространственной системы на статические и динамические воздействия с выбором расчетных сочетаний усилий.

В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях. В качестве основных неизвестных приняты следующие перемещения узлов:

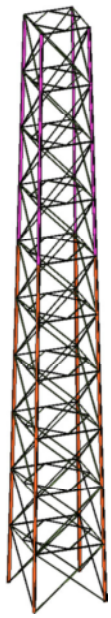
X - линейное по оси X;
Y- линейное по оси Y;
Z- линейное по оси Z;
UX- угловое вокруг оси X;
UY- угловое вокруг оси Y;
UZ- угловое вокруг оси Z;

В ПК "ЛИРА" реализованы положения следующих разделов СНиП и СП

НТП СП РК EN 1991-1-1_2002_2011 Воздействия на несущие конструкции.
НТП СП РК EN 1992-1-2_2008_2011 Проектирование железобетонные конструкции.
СНиП РК 5.04-18-2002 Металлические конструкции.
НТП СП РК EN 1993-1-1_2005_2011 Проектирование стальных конструкций.

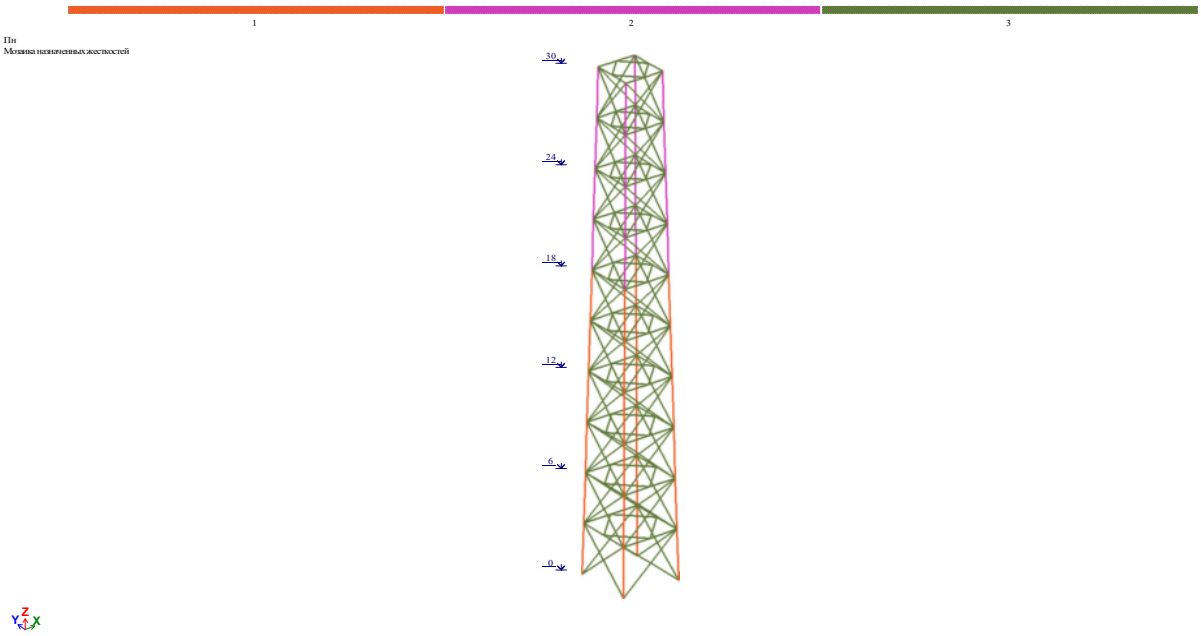
3. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА МОДЕЛИ

Вид 1.

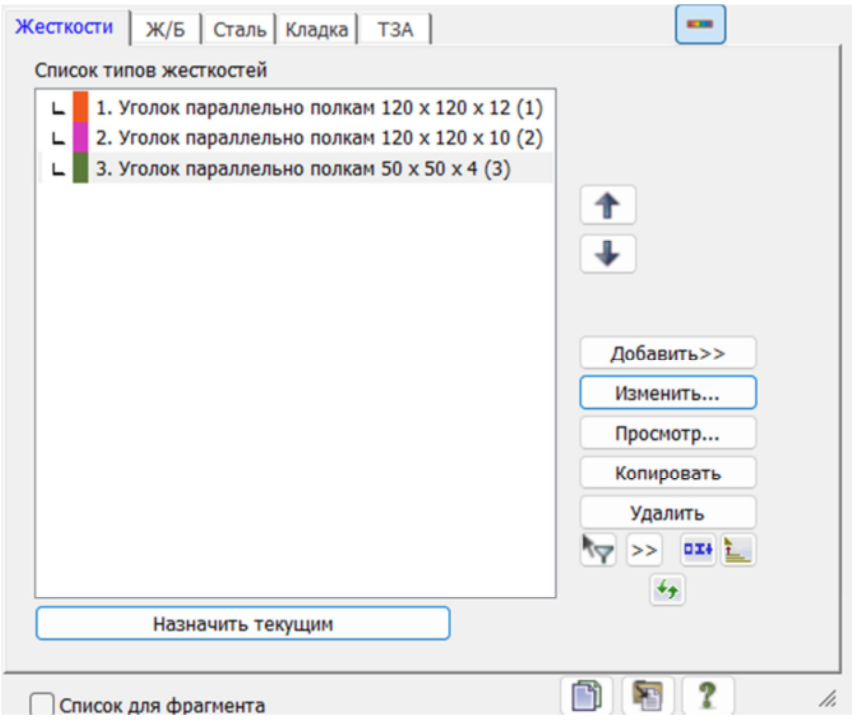


Вид 2.

Вид 3.



4. ТАБЛИЦА ЖЕСТКОСТЕЙ



5. ТАБЛИЦА НАГРУЗОК

Нагрузка	Норм.нагр. кг/м^{2}или кг/п.м	Коэффициент надежности по нагрузке	Расч.нагр. кг/м^{2}или кг/п.м
Сбор нагрузок на авязи ферму кг/п.м			
Собственный вес	Автомат.	1,35	Автоматический
Пульсационные нагрузки	Автомат.	1,50	Автоматический
Нагрузки от обледенения 10 см	10 кг/п.м.	1,35	13,5 кг/п.м.
Нагрузки от оборудования по ТЗ	1000,0	1,35	1350,0 кг.
Ветровые нагруззки на оборудование	693,0	1,50	1039,5 кг.

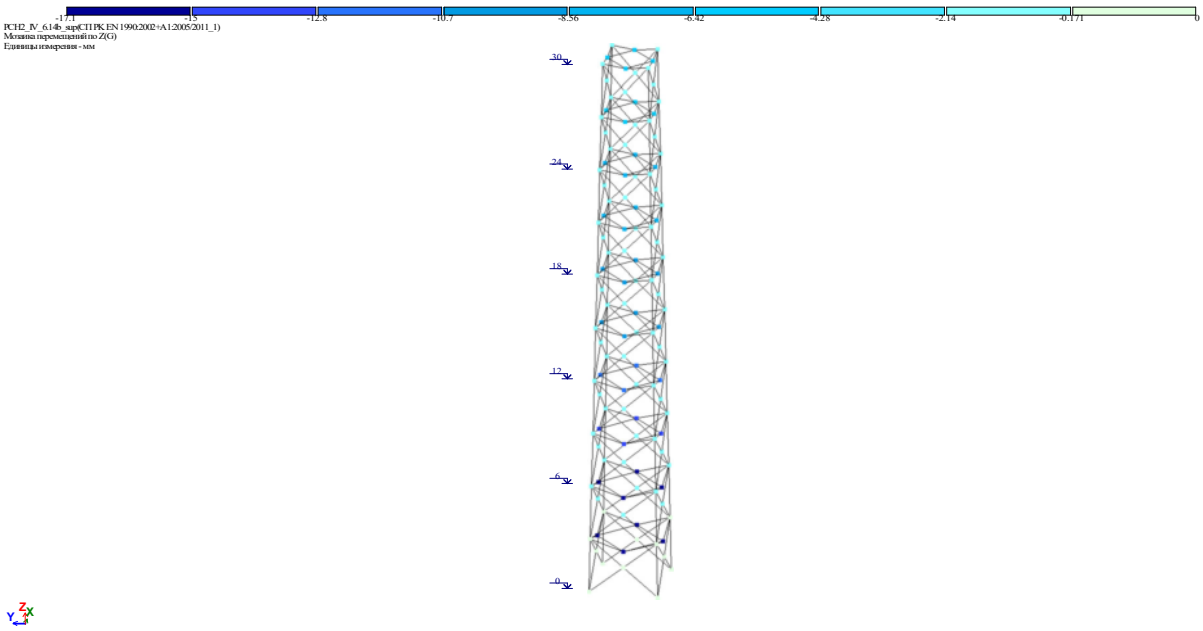
6. ПРОТОКОЛ РАСЧЕТА

```
Протокол расчета
Дата: 05.06.2023
AuthenticAMD    AMD Ryzen 7 6800HS with Radeon Graphics            8 cores
16 threads    8( 4194304 ) L2 cache
Microsoft Windows 10 RUS 64-bit. Build 22621
Размер доступной физической памяти = 5907967488
16:28  Чтение исходных данных из файла C:\Users\Public\Documents\LIRA SAPR\LIRA
SAPR 2021\Data\AMC30.txt
16:28  Контроль исходных данных основной схемы
Количество узлов = 124 (из них количество неудаленных = 124)
Количество элементов = 320 (из них количество неудаленных = 320)
ОСНОВНАЯ СХЕМА
16:28  Оптимизация порядка неизвестных
Количество неизвестных = 720
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
16:28  Формирование матрицы жесткости
16:28  Формирование векторов нагрузок
16:28 Разложение матрицы жесткости
16:28  Вычисление неизвестных
16:28  Контроль решения
РАСЧЕТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ
16:28 Формирование матрицы масс для динамического загружения №3
16:28 Формирование матрицы масс для динамического загружения №4
Вычисление собственных колебаний для динамических загужений №№3 4
Суммарные массы: mX=1.02588 mY=1.02588 mZ=1.02588 mUX=0  mUY=0  mUZ=0  mW=0
16:28  Контроль пригодности схемы для вычисления собственных колебаний при таком
приложении масс. Контроль осуществляется путем приложения масс как статических
нагрузок
16:28  Вычисление собственных колебаний
Необходимая для итераций часть матрицы поместилась в оперативную память
16:28  Итерация №1
16:28  Итерация №2
Найдено форм 0 (из них 0 в заданном диапазоне)
16:28  Итерация №3
Найдено форм 3 (из них 3 в заданном диапазоне)
```

16:28 Итерация №4
Найдено форм 8 (из них 8 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №5
Найдено форм 16 (из них 16 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №6
Найдено форм 23 (из них 23 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №7
Найдено форм 32 (из них 32 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №8
Найдено форм 36 (из них 36 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №9
Найдено форм 40 (из них 40 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №10
Найдено форм 48 (из них 48 в заданном диапазоне)
16:28 Итерация №11
Найдено форм 56 (из них 56 в заданном диапазоне)
Направляющие косинусы поступательного движения из условия максимума динамической реакции для динамических загружений №№3 4 :
Форма 1: CosX=0.2553 CosY=0.9669 CosZ=0.0000
Форма 2: CosX=-0.9669 CosY=0.2553 CosZ=0.0000
Форма 5: CosX=-0.0001 CosY=0.0000 CosZ=-1.0000
Форма 7: CosX=-0.9995 CosY=-0.0047 CosZ=0.0323
Форма 8: CosX=0.0101 CosY=0.9999 CosZ=0.0026
Форма 10: CosX=0.0001 CosY=0.0001 CosZ=1.0000
Форма 12: CosX=-1.0000 CosY=-0.0010 CosZ=-0.0003
Форма 13: CosX=0.0032 CosY=-0.9999 CosZ=-0.0133
Форма 15: CosX=0.0000 CosY=0.0001 CosZ=1.0000
Форма 17: CosX=-0.0090 CosY=-1.0000 CosZ=0.0023
Форма 18: CosX=-0.9999 CosY=0.0155 CosZ=0.0013
Форма 20: CosX=-0.0000 CosY=0.0001 CosZ=-1.0000
Форма 22: CosX=0.0300 CosY=0.9995 CosZ=0.0014
Форма 23: CosX=0.9995 CosY=-0.0306 CosZ=-0.0002
Форма 26: CosX=0.0000 CosY=0.0000 CosZ=1.0000
Форма 29: CosX=0.0462 CosY=-0.9989 CosZ=-0.0028
Форма 30: CosX=-0.9986 CosY=-0.0515 CosZ=-0.0072
Форма 31: CosX=0.0002 CosY=-0.0000 CosZ=1.0000
Форма 34: CosX=-1.0000 CosY=0.0043 CosZ=0.0012
Форма 35: CosX=-0.0085 CosY=-1.0000 CosZ=-0.0004
Форма 36: CosX=0.0002 CosY=-0.0001 CosZ=1.0000
Форма 39: CosX=-0.0528 CosY=0.9986 CosZ=-0.0006
Форма 40: CosX=-0.9986 CosY=-0.0520 CosZ=0.0001
Форма 41: CosX=-0.0002 CosY=0.0001 CosZ=1.0000
Форма 44: CosX=1.0000 CosY=-0.0050 CosZ=0.0002
Форма 45: CosX=0.0055 CosY=1.0000 CosZ=0.0012
Форма 46: CosX=0.1071 CosY=0.9943 CosZ=-0.0003
Форма 47: CosX=0.9942 CosY=-0.1071 CosZ=-0.0004
Форма 48: CosX=0.0019 CosY=0.0004 CosZ=1.0000
Форма 51: CosX=-0.1955 CosY=0.9807 CosZ=0.0005
Форма 52: CosX=0.9803 CosY=0.1974 CosZ=0.0002
Форма 53: CosX=0.0002 CosY=0.0000 CosZ=1.0000
Форма 56: CosX=0.1944 CosY=-0.9807 CosZ=-0.0231
16:28 Формирование векторов динамических нагрузок
Загружение 3. Пульсация. Предельная частота = 2.6 Гц
Загружение 4. Пульсация. Предельная частота = 2.6 Гц
16:28 Вычисление неизвестных
Формирование результатов
16:28 Формирование топологии
16:28 Формирование перемещений
16:28 Вычисление и формирование усилий в элементах
16:28 Вычисление и формирование реакций в элементах

16:28 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях
16:28 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях
16:28 Формирование форм колебаний
Суммарные узловые нагрузки на основную схему:
Загружение 1 PX=1.17094e-017 PY=7.77915e-018 PZ=5.51721 PUX=1.74165e-017 PUY=-9.28443e-018 PUZ=5.49191e-035 PW=0
Загружение 2 PX=0 PY=0 PZ=5.88 PUX=-4.16334e-017 PUY=4.16334e-017 PUZ=0 PW=0
Загружение 3 - 1 PX=1.28741e-006 PY=4.87546e-006 PZ=1.07262e-011 PUX=0 PUY=0 PUZ=0 PW=0
Загружение 3 - 2 PX=-3.71387e-005 PY=9.80675e-006 PZ=3.11985e-010 PUX=0 PUY=0 PUZ=0 PW=0
Загружение 3 - 3 PX=0 PY=0 PZ=5.88 PUX=-4.16334e-017 PUY=4.16334e-017 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 - 1 PX=1.28741e-006 PY=4.87546e-006 PZ=1.07262e-011 PUX=0 PUY=0 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 - 2 PX=-3.71387e-005 PY=9.80675e-006 PZ=3.11985e-010 PUX=0 PUY=0 PUZ=0 PW=0
Загружение 4 - 3 PX=0 PY=0 PZ=5.88 PUX=-4.16334e-017 PUY=4.16334e-017 PUZ=0 PW=0
Расчет успешно завершен
Затраченное время = 0 мин

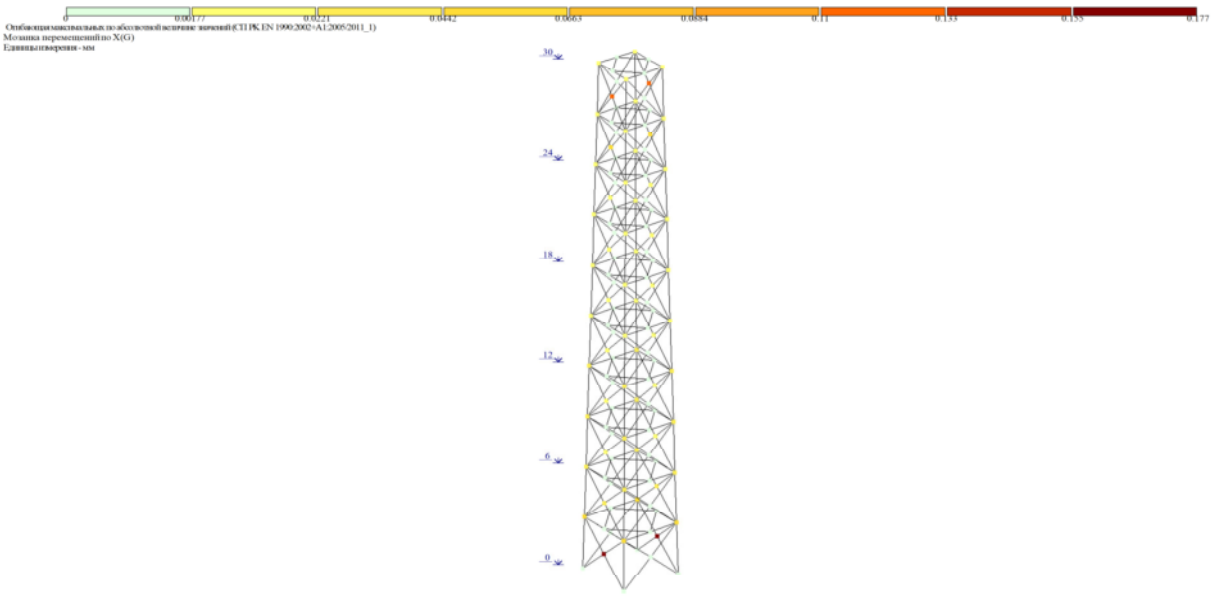
7.Максимальный прогиб по РСН



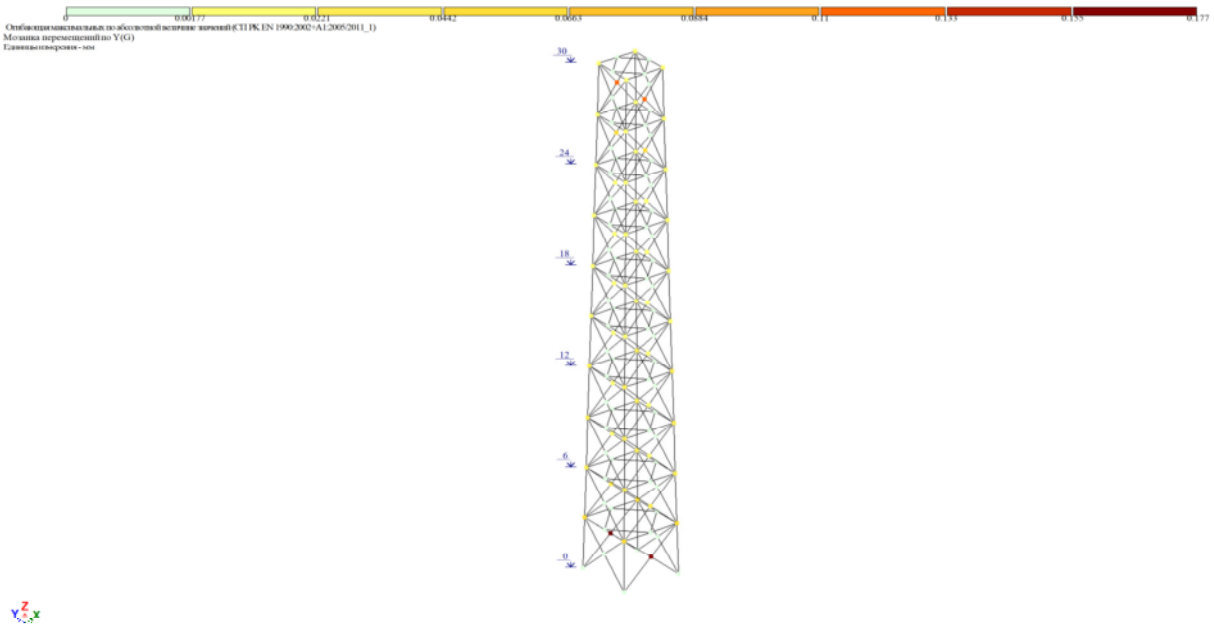
Допустимый прогиб металлических балок покрытия равен 3600/200=18,0 ≥ 11,7 мм, что удовлетворяет условию определения максимально допустимых вертикальных прогибов.

8.Максимальная перемещение от ветровых нагрузок по РСН

По оси X



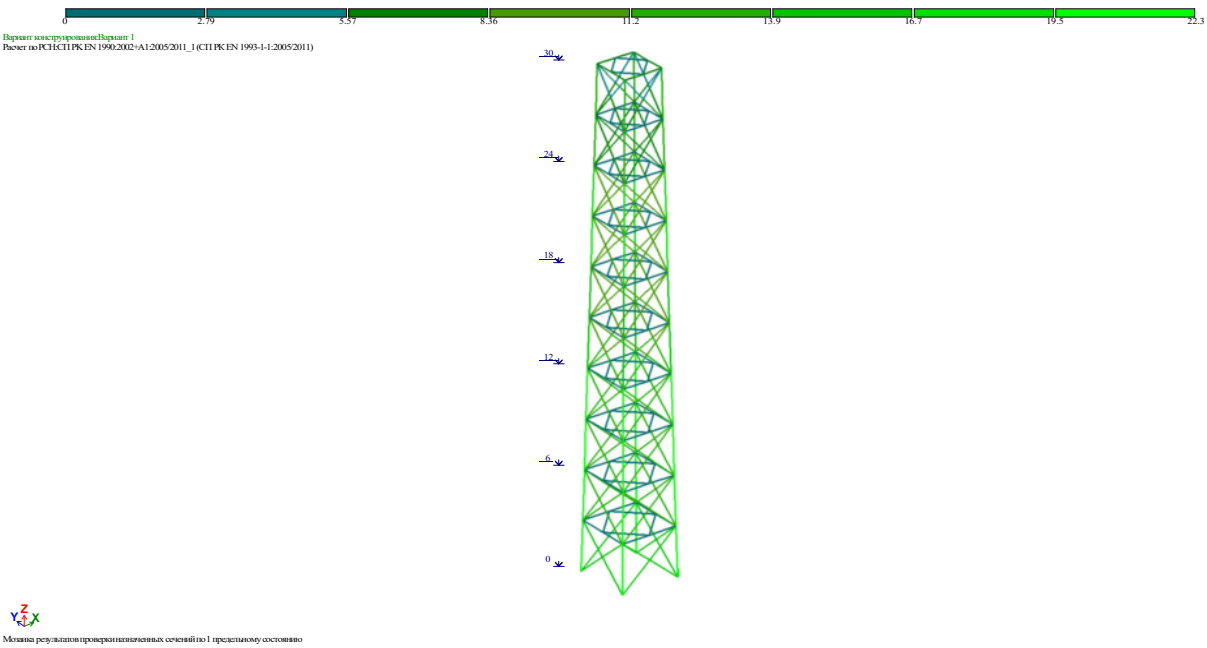
По оси Y



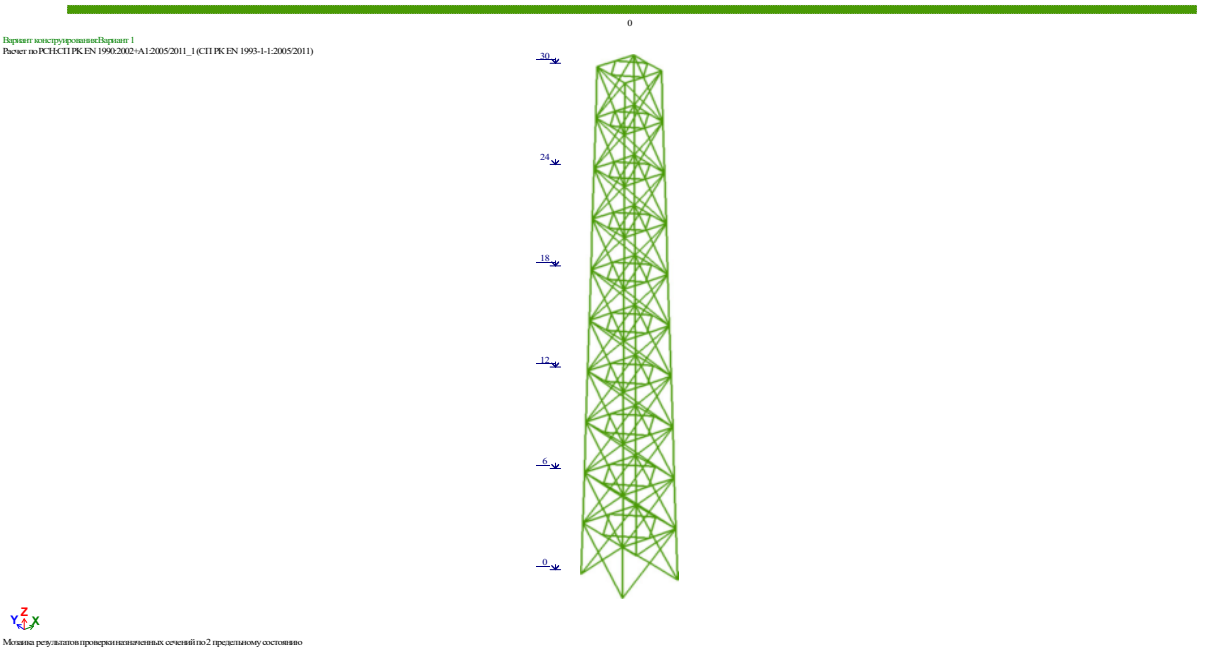
По данным максимальная перемещения определилась по формуле L/500 30000/500=20 ≥ 0,177 мм. что удовлетворяют условия максимально допустимых горизонтальных перемещении.

9. Проверка по предельному состоянию

Мозаика результатов проверки по 1 предельному состоянию



Мозаика результатов проверки по 2 предельному состоянию



Мозаика результатов проверки по местной устойчивости

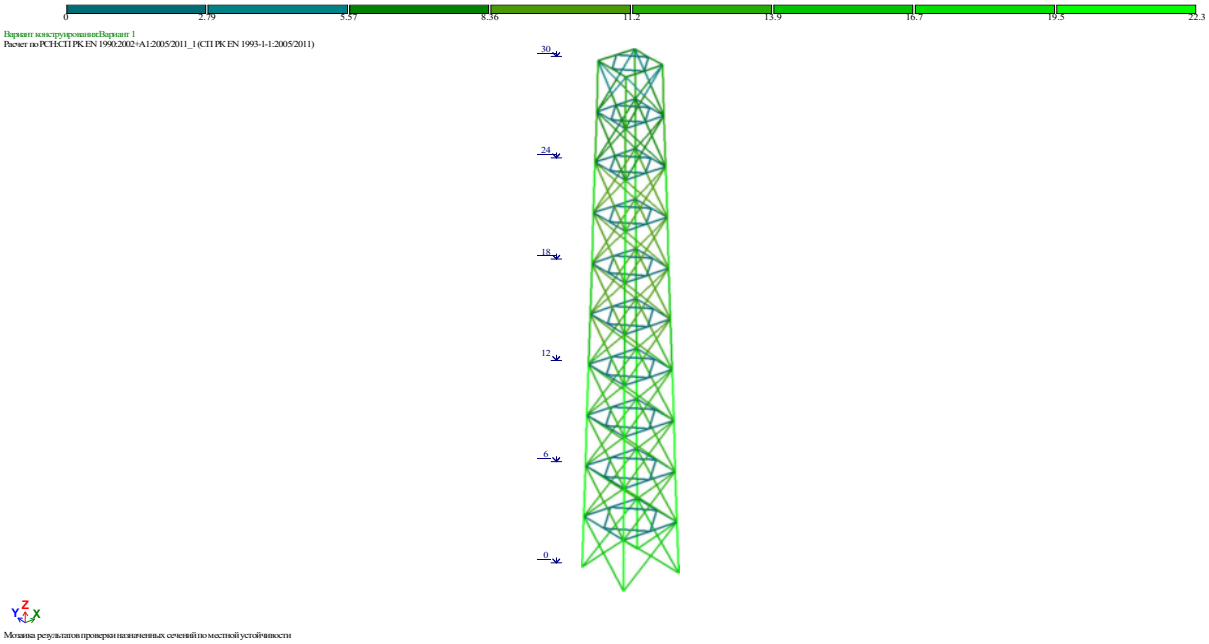
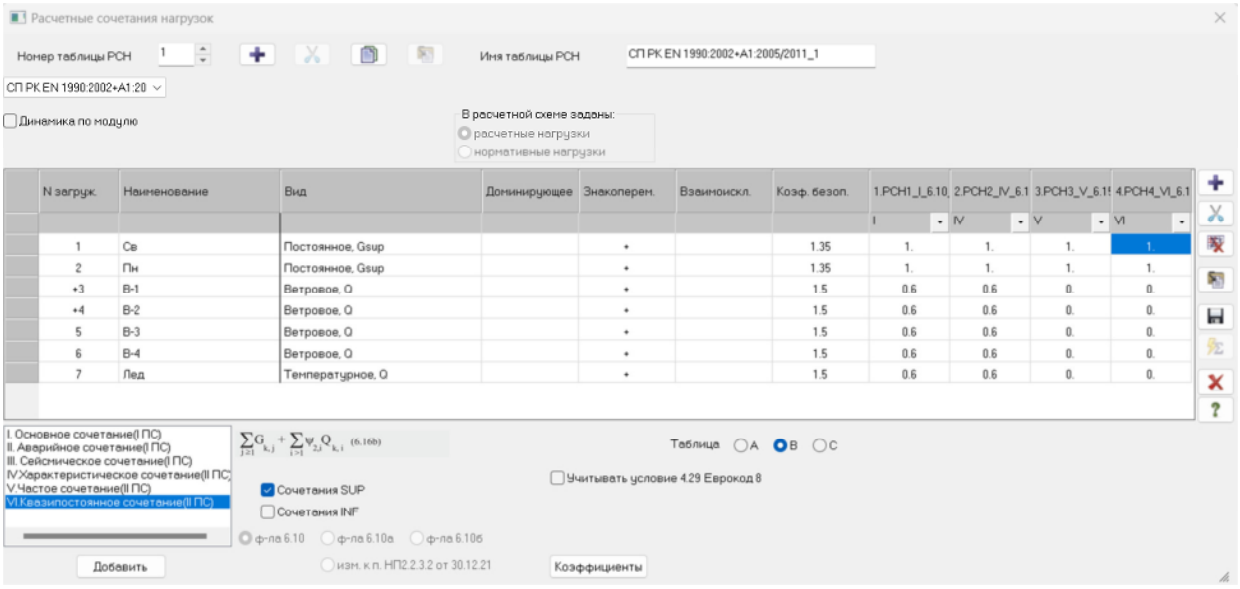


ТАБЛИЦА РСН

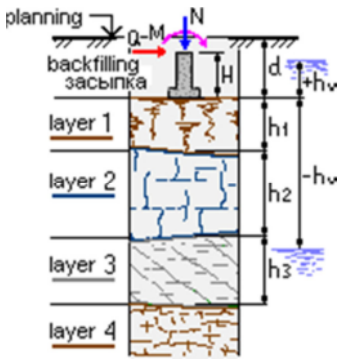


Расчет фундамента

Результаты расчета

Тип расчета:
  Деформации основания

1. - Исходные данные:



Тип фундамента:
  Прямоугольный

Способ расчета:
  Расчет осадки

Исходные данные для расчета:
  Глубина заложения фундамента (d) 3,9 м
  Высота фундамента (H) 3,9 м
  Ширина подошвы фундамента (b) 5,2 м
  Длина подошвы фундамента (a) 5,2 м
  Уровень грунтовых вод (Hv) -20 м

  Характеристики грунтов по слоям

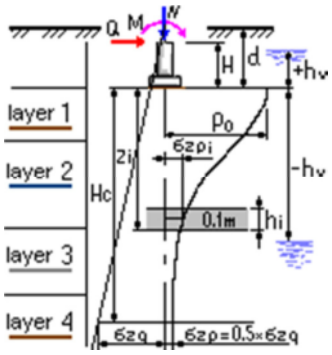
Номер слоя	Тип грунта	Толщина, м	Модуль E	Ед.измерения
Слой 1	Крупнообломочные	не определено	10000	тс/м2

От уровня планировки до природного рельефа 0 м

Нормативная нагрузка на фундамент:

Обозначение	Величина	Ед.измерений	Примечания
N	20,08	тс	
My	0,4	тс*м	
Qx	0,4	тс	
Mx	0	тс*м	
Qy	0	тс	
q	1	тс/м2	

2. - Выводы:



Осадка основания S= 0,6 мм

Крен фундамента в направлении оси X= 0
Крен фундамента в направлении оси Y= 0
Нижняя граница сжимаемой толщи (считая от подошвы) (Hc) 2,6 м

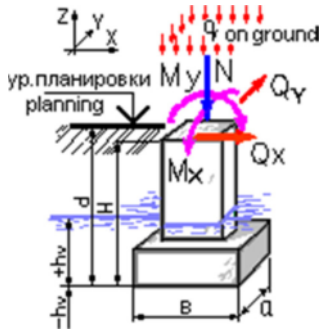
Расчет осадки выполнен по схеме линейно-деформируемого полупространства
Emid= 10000 (тс/м2) (Средний модуль деформации рассчитан пропорционально площадям эпюры
вертикальных напряжений в грунте)

Результаты расчета

Тип фундамента

Столбчатый на естественном основании

1. - Исходные данные:



Тип грунта в основании фундамента

Пылевато-глинистые, крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем 0.25<IL<0.5

Тип расчета

Проверить заданный

Способ расчета

Расчет основания по деформациям

Способ определения характеристик грунта

На основе непосредственных испытаний

Конструктивная схема здания

Жёсткая при 2.5<(L/H)<4

Фундамент Прямоугольный

Наличие подвала

Нет

Исходные данные для расчета kver=0.85:

Объемный вес грунта (G) 2,1 тс/м3

Угол внутреннего трения (Fi) 0 °

Удельное сцепление грунта (C) 0 тс/м2

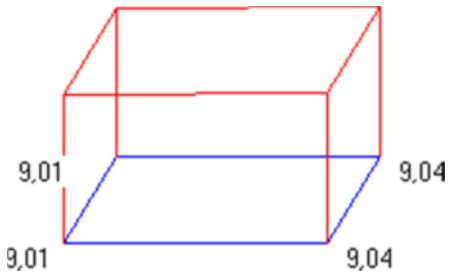
Уровень грунтовых вод (Hv) -20 м

Высота фундамента (H) 3,9 м
Размеры подошвы фундамента b= 5,2 м, a= 5,2 м
Глубина заложения фундамента от уровня планировки (без подвала) (d) 3,9 м
Усредненный коэффициент надежности по нагрузке 1,15

Расчетные нагрузки:

Наименование	Величина	Ед. измерения	Примечания
N	20,08	тс	
My	0,4	тс*м	
Qx	0,4	тс	
Mx	0	тс*м	
Qy	0	тс	
q	1	тс/м2	

2. - Выводы:

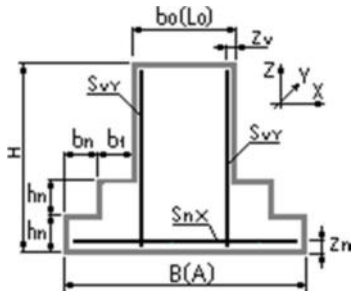


По расчету по деформациям коэффициент использования K= 0,89 (среднее давление)

Расчетное сопротивление грунта основания 10,12 тс/м2
Максимальное напряжение в расчетном слое грунта в основном сочетании 9,04 тс/м2
Минимальное напряжение в расчетном слое грунта в основном сочетании 9,01 тс/м2

Расчетные моменты на уровне подошвы фундамента: Mx= 0 тс*м, My= 0,49 тс*м

3. - Результаты конструирования:



Геометрические характеристики конструкции:

Наименование	Обозначение	Величина	Ед.измерения
Заданная длина подошвы	(A)	5,2	м
Заданная ширина подошвы	(B)	5,2	м
Ширина сечения подколонника	(b0)	0,6	м
Длина сечения подколонника	(L0)	0,9	м
Высота ступеней фундамента	(hn)	0,3	м
Защитный слой подколонника	(zv)	3,5	см
Защитный слой арматуры подошвы	(zn)	7,0	см
Длина ступени рядовой вдоль X	(bn)	0,45	м
Длина ступени рядовой вдоль Y	(an)	0,45	м
Длина ступени верхней вдоль X	(b1)	0,05	м
Длина ступени верхней вдоль Y	(a1)	0,35	м
Количество ступеней вдоль X	(nx)	6	шт.
Количество ступеней вдоль Y	(ny)	5	шт.
Класс бетона	(Rb)	B25	

По расчету на продавливание верхней ступенью несущей способности подошвы ДОСТАТОЧНО.

Подошва столбчатого фундамента

Рабочая арматура вдоль X 26D 14 A 400

По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.

Подошва столбчатого фундамента

Рабочая арматура вдоль Y 26D 14 A 400

По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.

Подколонник столбчатого фундамента, грани вдоль X

Вертикальная рабочая арматура 3D 20 A 400

По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.

Подколонник столбчатого фундамента, грани вдоль Y

Вертикальная рабочая арматура 5D 20 A 400

По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.

Результаты расчёта анкерного болта

1. Расстояние от равнодействующей усилий в растянутых болтах до противоположной грани плиты:
   $\mathbf{l_a} = l_s - (l_s - 2 \cdot c) / 2 = 400 - (400 - 2 \cdot 130) / 2 = 330$ мм
   $= \mathbf{0.330}$ м
2. Эксцентриситет приложения нагрузки:
   $\mathbf{e_0} = M / N = 0.1 / 5.02 = \mathbf{0.020}$ м
3. Расчётное сопротивление бетона фундамента осевому сжатию:
   Для бетона класса В25 $\mathbf{R_b} = 14.5$ МПа = $\mathbf{1478.08}$ т/м^2
4. Высота сжатой зоны бетона под опорной плитой базы колонны:
   $\mathbf{x} = l_a - \sqrt{ l_a^2 - 2 \cdot N \cdot (e_0 + c) / (R_{bt} \cdot b_s) } =$
   $= 0.330 - \sqrt{ 0.330^2 - 2 \cdot 5.02 \cdot (0.020 + 0.130) / (1478.084 \cdot 0.400) }$
   $= \mathbf{0.004}$ м
5. Расчётное сопротивление стали 09Г2С-4, 09Г2С-6 растяжению для болта М24
   $\mathbf{R_{ba}} = \mathbf{245}$ МПа
6. Проверка прочности бетонного основания:
   $\mathbf{\xi_R} = (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / (1 + (R_{ba} / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / 1.1)) =$
   $(0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / (1 + (245 / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / 1.1)) = \mathbf{0.610}$
   $\mathbf{x \le \xi_R \cdot l_a} \rightarrow 0.004 \le 0.610 \cdot 0.330 \rightarrow \mathbf{0.004 \le 0.201}$ → Условие выполняется
7. Значение расчётной нагрузки, приходящейся на один болт:
   $\mathbf{P} = (R_b \cdot b_s \cdot x - N) / n = (1478.084 \cdot 0.400 \cdot 0.004 - 5.02) / 8 = \mathbf{-0.341}$ т
8. Площадь поперечного сечения болта (по резьбе) по условию прочности:
   Нагрузка на болт отрицательная, следовательно болты ставяться конструктивно
9. Проверка площади сечения болтов при динамических нагрузка на выносливость:
   Нагрузка на болт отрицательная, следовательно болты ставяться конструктивно
10. Величина предварительной затяжки болта:
    Конструктивные болты следует заятгивать на допускаемый максимальный крутящий момент
11. Проверка возможности восприятия сдвигающей силы в плоскости сопряжения базы колонны с фундаментом:
    коэффициент трения $\mathbf{f} = \mathbf{0.25}$
    $\mathbf{Q_x \le f \cdot (n \cdot A_{sa} \cdot R_{ba} / 4 + N_{min})}$
    $0.1 \le 0.25 \cdot (8 \cdot 3.52 \cdot 2.497 / 4 + 5.02)$
    $\mathbf{0.1 \le 5.65}$ → Условие выполняеться
12. Минимальная глубину заделки болтов в бетон:
    Расчётное сопротивление бетона растяжению:
    $\mathbf{R^{12.5}_{bt}} = \mathbf{0.66}$ МПа
    $\mathbf{R^{B25}_{bt}} = \mathbf{1.05}$ МПа
    $\mathbf{m_1} = R^{12.5}_{bt} / R^{B25}_{bt} = 0.66 / 1.05 = \mathbf{0.63}$
    Расчётное сопротивление стали растяжению:
    $\mathbf{R^{ВСт3кп2}_{ba}} = \mathbf{185}$ МПа
    $\mathbf{R^{09Г2С}_{ba}} = \mathbf{245}$ МПа
    $\mathbf{m_2} = R^{09Г2С}_{ba} / R^{ВСт3кп2}_{ba} = 245 / 185 = \mathbf{1.32}$
    $\mathbf{H_0} = H \cdot m_1 \cdot m_2 = 15 \cdot 24 \cdot 0.63 \cdot 1.32 = \mathbf{299.68}$ мм

10.ВЫВОДЫ

1. Допустимый прогиб металлических балок покрытия равен 3600/200=18,0 ≥ 11,7 мм, что удовлетворяет условию определения максимально допустимых вертикальных прогибов.

2. По данным максимальная перемещения определилась по формуле L/500 30000/500=20 ≥ 0,177 мм. что удовлетворяют условия максимально допустимых горизонтальных перемещении.

3. По расчету на продавливание верхней ступенью несущейспособности подошвы ДОСТАТОЧНО.
Подошва столбчатого фундамента
Рабочая арматура вдоль X 26D 14 A 400
По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.
Подошва столбчатого фундамента
Рабочая арматура вдоль Y 26D 14 A 400
По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.
Подколонник столбчатого фундамента, грани вдоль X
Вертикальная рабочая арматура 3D 20 A 400
По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.
Подколонник столбчатого фундамента, грани вдоль Y
Вертикальная рабочая арматура 5D 20 A 400
По прочности по нормальному сечению армирование ДОСТАТОЧНО.

4. Проверка прочности бетонного основания:

$\xi_R = (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / (1 + (R_{ba} / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / 1.1)) =$
$(0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / (1 + (245 / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / 1.1)) =$ **0.610**
$\mathbf{x \leq \xi_R \cdot l_a} \rightarrow 0.004 \leq 0.610 \cdot 0.330 \rightarrow$ **0.004 ≤ 0.201** → Условие выполняеться

Выполнил: **Жаппасбаев.**