

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

**Пример расчета пятиэтажного
здания из стальных конструкций с
моментным рамным каркасом на
сейсмические воздействия**



Содержание

Содержание	2
1. Описание задачи.....	3
1.1. Исходные данные	3
1.2. Сейсмическая опасность площадки строительства	7
1.3. Расчетная модель здания.....	7
1.4. Массы здания, учитываемые в расчетных сейсмических ситуациях	8
1.5. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам Еврокода.....	9
1.5.1. Построение расчетных спектров реакций	9
1.5.2. Определение расчетных сейсмических нагрузок	10
1.6. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам СП.....	10
2. Рекомендации по моделированию и расчету здания	11
3. Расчетные периоды и формы колебаний здания	12
4. Значения вычисленных нагрузок от сейсмического воздействия	13
5. Нормативные расчеты конструктивных стальных элементов по нормам Еврокода.....	14
6. Нормативные расчеты конструктивных стальных элементов по нормам СП.....	23
7. Сравнение результатов нормативных расчетов	27

1. Описание задачи

1.1. Исходные данные

Требуется выполнить расчет пятиэтажного здания со стальным моментным рамным каркасом на сейсмические воздействия (исходные данные взяты из «Приложение В; НТП РК 08-01.5-2013 Проектирование сейсмостойких зданий. Часть 1. Проектирование зданий из стальных конструкций. Астана 2024»).

По своему назначению здание относится к категории общественных зданий.

Рассматриваемое здание имеет прямоугольную форму в плане, с габаритными размерами 30.0×12.0 м по осям колонн. Шаг колонн 6.0 м в обоих направлениях. Высота всех этажей 3.3 м.

Сечения конструктивных элементов каркаса здания, принятые в данном примере по предварительному расчету, следующие:

колонны – стальные сварные квадратного сечения из листов:

- на первом, втором и третьем этажах все колонны имеют квадратное поперечное сечение с размерами 420×420 мм из листов толщиной 18 мм;
- на четвертом и пятом этажах все колонны имеют квадратное поперечное сечение с размерами 420×420 мм из листов толщиной 16 мм.

балки (ригели) – стальные сварные двутаврового сечения из листов:

- на перекрытиях над первым и вторым этажами все ригели имеют сварное двутавровое поперечное сечение с полками из листа 170×12 мм и стенкой из листа 326×6 мм;
- на перекрытиях над третьим и четвертым этажами все ригели имеют сварное двутавровое поперечное сечение с полками из листа 160×10 мм и стенкой из листа 330×6 мм;
- на покрытии над пятым этажом все ригели имеют сварное двутавровое поперечное сечение с полками из листа 140×10 мм и стенкой из листа 280×5 мм.

Перекрытия и покрытие приняты монолитными железобетонными толщиной 180 мм.

Материал конструктивных элементов здания:

- колонны и балки (ригели) каркаса – сталь S275 (EU) / C275 (СП);
- плиты перекрытий и покрытия – бетон класса C25/30 (EU) / B30 (СП).

Принятые в расчетах модули упругости:

- колонны и балки (ригели) каркаса – $2 \cdot 10^8$ кН/м² (EU/СП);
- плиты перекрытий и покрытия – $3.1 \cdot 10^7$ кН/м² (EU) / $3.25 \cdot 10^7$ кН/м² (СП)

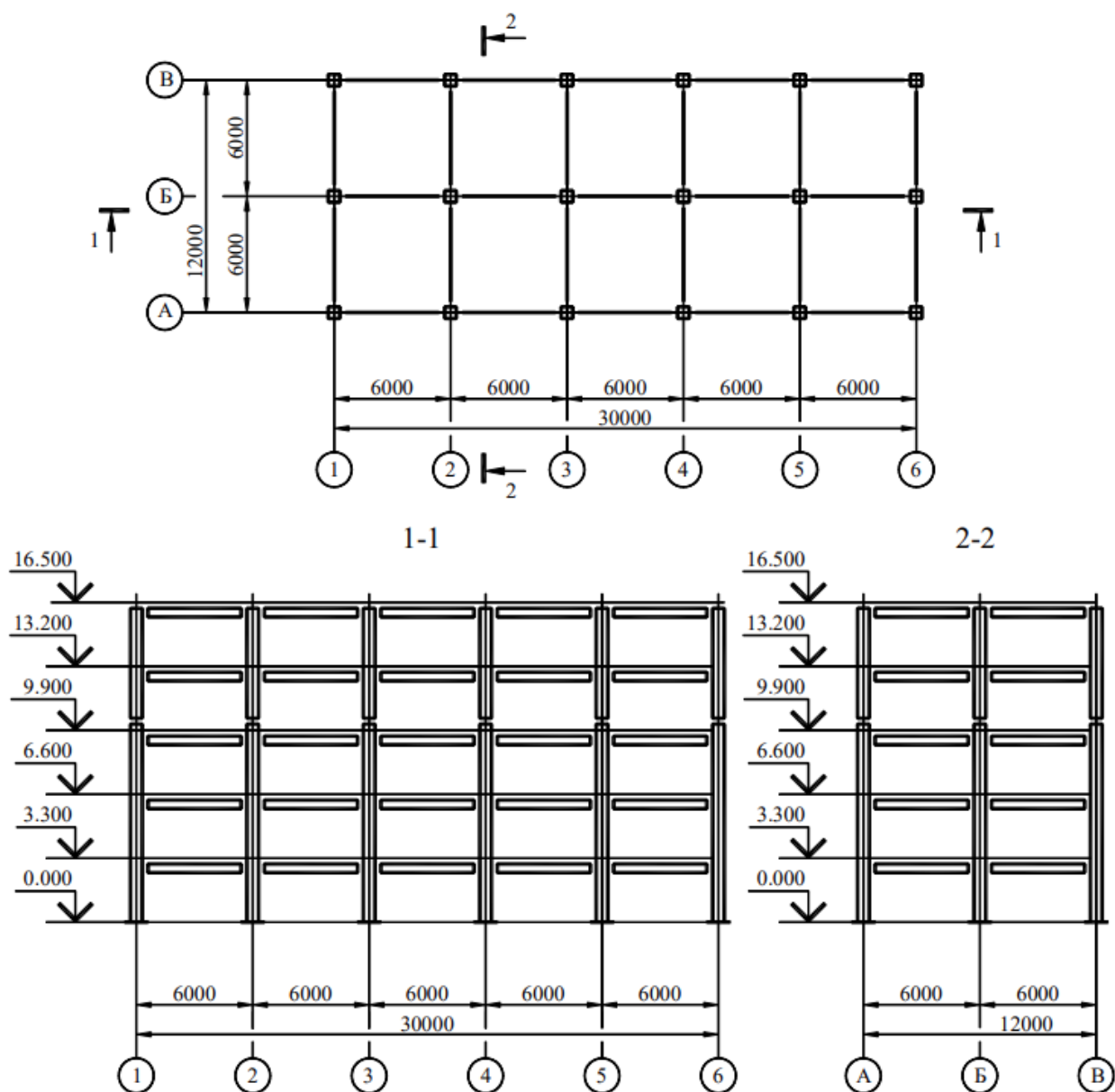


Рис. 1.1.1 - Схематический план и разрезы каркаса здания.

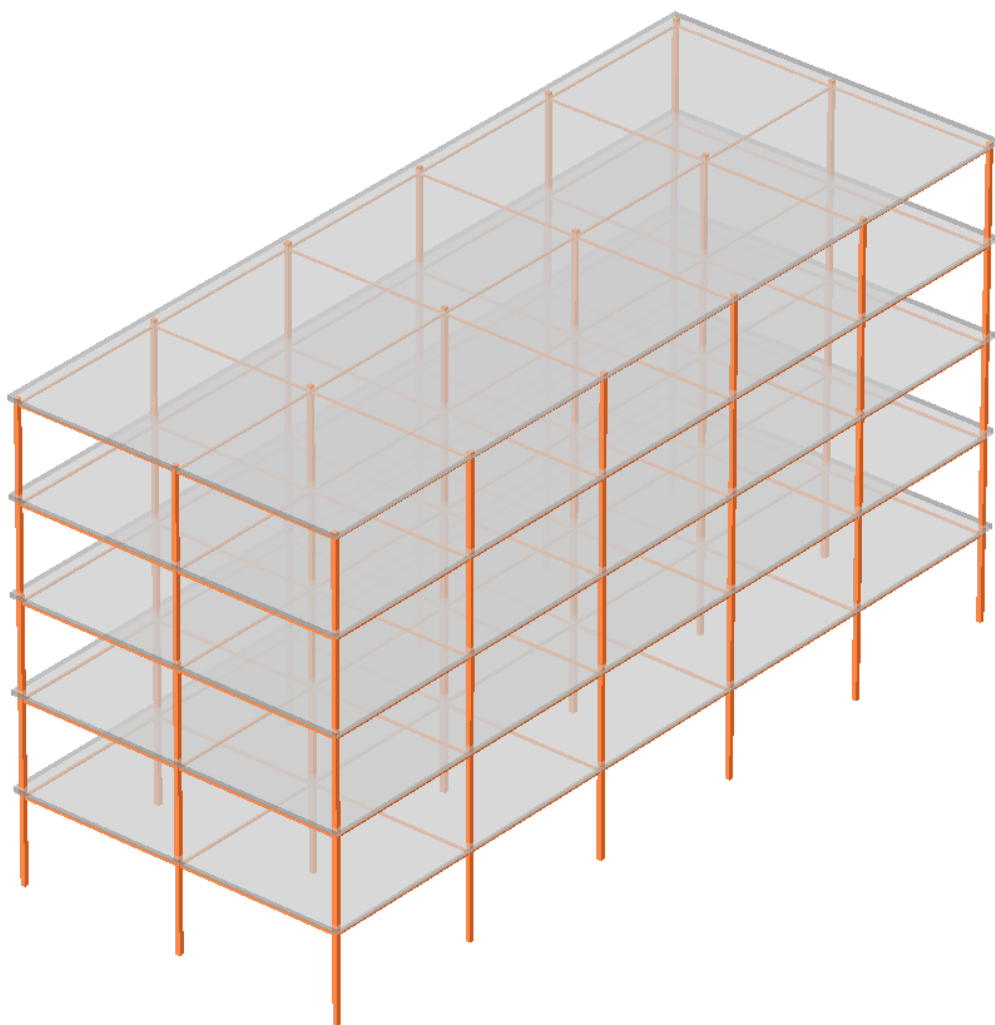


Рис. 1.1.2 – Общий вид каркаса здания.

Таблица 1.1.1 – Ведомость нагрузок. Указаны нормативные значения.

№	Наименование нагрузок	Характеристическое значение	Коэф-т надежности γ_f (Кн)	Длительная часть (Кд)	Примечание
Постоянные нагрузки (G)					
На перекрытия					
1	железобетонная плита перекрытия	24.0 кН/м ³	1.1	—	Вычисляется автоматически
	цементно-песчаный раствор (стяжка)	0.95 кН/м ²			
	полы (ламинат)	0.045 кН/м ²			
	подвесные потолки	0.0125 кН/м ²			
	внутренние перегородки	1.2 кН/м ²			
	Итого (без учета плиты)	2.2075 кН/м ²			
На покрытие					
2	железобетонная плита перекрытия	24.0 кН/м ³	1.1	—	Вычисляется автоматически
	цементно-песчаный раствор (стяжка)	0.95 кН/м ²			
	теплоизоляция	0.05 кН/м ²			
	рулонные кровельные материалы	0.036 кН/м ²			
	Итого (без учета плиты)	1.036 кН/м ²			
Переменные нагрузки (Q)					
3	на междуэтажные перекрытия эксплуатируемых помещений	2.0 кН/м ²	1.2	0.35	
4	снеговая на покрытие	1.2 кН/м ²	1.4	0.7	

1.2. Сейсмическая опасность площадки строительства

Для зоны, в которой расположена площадка строительства здания, принято:

- сейсмичность зоны строительства здания – 9 баллов;
- значение горизонтального расчетного ускорения $a_g = 0,45g$;

Грунтовые условия площадки строительства по сейсмическим свойствам соответствуют типу II.

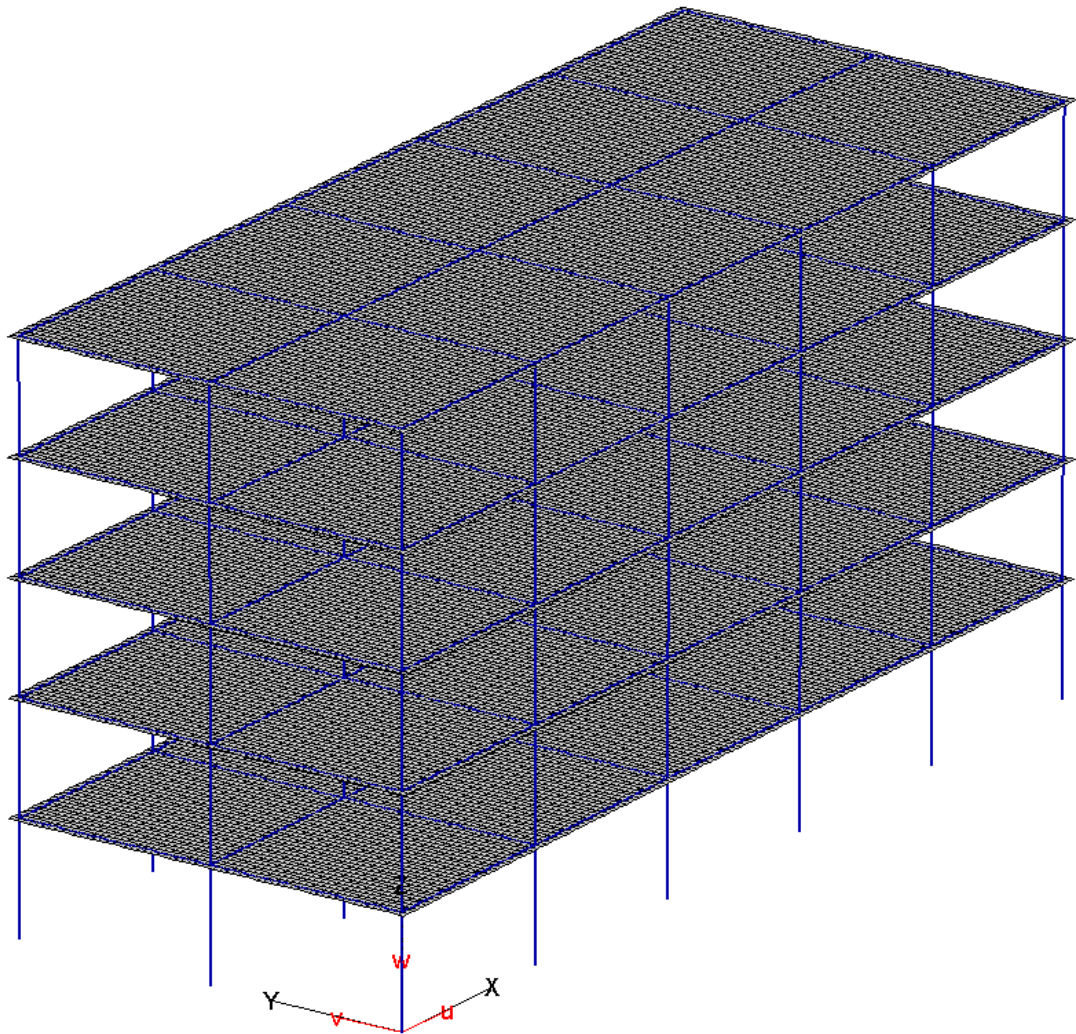
1.3. Расчетная модель здания

Расчетная модель высотного здания, принятая для выполнения расчетных проверок, представляет собой пространственную совокупность колонн, балок и плит перекрытий, выполненных из оболочечных и стержневых конечных элементов.

Размеры всех конструктивных элементов здания были приняты соответствующими их проектным размерам.

Податливость грунтового основания в расчете не учитывалась.

Расчеты проводились по нормам СП и нормам Еврокода.



1.4. Массы здания, учитываемые в расчетных сейсмических ситуациях

При определении масс здания постоянные и переменные нагрузки комбинировались в соответствии с выражением (1.4.1):

$$\sum_k \frac{G_{k,j}}{g} + \sum_i \left[\psi_{E,i} \cdot \frac{Q_{k,i}}{g} \right] , \quad (1.4.1)$$

где:

$G_{k,j}$ – характеристическое значение j-й постоянной нагрузки;

$Q_{k,i}$ – характеристическое значение i-й переменной нагрузки;

g – ускорение силы тяжести (9,81 м/с²);

$\psi_{E,i}$ – коэффициент комбинаций для переменного воздействия i, используемый при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия (вычисления масс здания).

Коэффициенты комбинаций $\psi_{E,i}$, принятые в выражении (1.4.1) для вычисления эффектов сейсмических воздействий, рассчитывались с использованием следующего выражения:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i} , \quad (1.4.2)$$

где φ – коэффициент, учитывающий уменьшенное участие масс в движении сооружения из-за нежесткой связи между конструкцией и действующей на нее переменной нагрузкой;

ψ_{Ei} – коэффициент комбинаций, учитывающий вероятность того, что нагрузки $Q_{k,i}$ не полностью присутствуют в здании во время землетрясения.

В соответствии с исходными данными:

– нагружения №1 и №2 являются постоянными;

– нагружения №3 и №4 относятся к переменным.

В нагружении №3: $\psi_{E,i} = 0.8 \cdot 0.3 = 0.24$;

В нагружении №4: $\psi_{E,i} = 1.0 \cdot 0.0 = 0.0$ (снег).

При расчетах по нормам СП коэффициенты комбинаций также необходимо разделить на соответствующие коэффициенты надежности по нагрузке, приведенные в Таблице 1.1.1.

1.5. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам Еврокода

1.5.1. Построение расчетных спектров реакций

Сейсмическое воздействие на рассматриваемое здание принято двухкомпонентным с горизонтальными компонентами (составляющими) в ортогональных направлениях, действующими одновременно. Обе компоненты характеризовались одинаковыми спектрами реакций.

При построении первого расчетного спектра реакций были приняты следующие исходные данные:

- $a_g = 0.45g$;
- $T_B = 0.25$ с, $T_C = 0.64$ с;
- $q = 4$;
- $\beta = 0.2 \cdot S$;
- $S = 1.1$.

Расчетный спектр реакций $S_d(T)$, характеризующий горизонтальные компоненты сейсмического воздействия, определяется следующими формулами:

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \\ \geq a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \end{cases}; \quad (1.5.1.1)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}; \quad (1.5.1.2)$$

$$T \geq T_C: \quad S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}; \quad (1.5.1.3)$$

Количественные значения ординат первого расчетного спектра реакций, построенного в соответствии с (1.5.1.1)-(1.5.1.3) приведены в таблице 1.5.1.1.

Таблица 1.5.1.1 – Значения ординат первого расчетного спектра, характеризующего горизонтальные компоненты сейсмического воздействия второго уровня для продольного и поперечного направлений здания.

T, с	0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.5	0.64	0.7	0.8	0.85
S _d (T), в долях g	0.330	0.326	0.322	0.318	0.309	0.309	0.309	0.283	0.248	0.233
T, с	0.9	0.95	1	1.05	1.1	1.3	1.5	1.8	2	3
S _d (T), в долях g	0.220	0.208	0.198	0.189	0.180	0.152	0.132	0.110	0.099	0.099

1.5.2. Определение расчетных сейсмических нагрузок

Расчетная сейсмическая нагрузка на здание от горизонтальной компоненты сейсмического воздействия определялась в соответствии с

$$F_{ik} = \gamma_{Ih} \cdot S_d(T_i) \cdot m_{ik} ,$$

где

γ_{Ih} – мультимодальный коэффициент, значение которого следует принимать 1;

$S_d(T_i)$ – значение спектра расчетных реакций, построенного в соответствии с (1.5.1.1) - (1.5.1.4).

При расчете здания, помимо сейсмических нагрузок учитывались эффекты кручения здания в плане, обусловленные неопределенностями в расположении масс и пространственной вариацией сейсмического движения.

1.6. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам СП

Расчетные сейсмические воздействия на здание при выполнении расчетов по нормам СП определялись в соответствии с СП 14.13330.2018.

- Сейсмичность площадки строительства – 9 баллов;
- Категория грунта – 2;
- Были приняты следующие коэффициенты: $K_0 = 1$, $K_I = 0.25$, $K_{psi} = 1$ по таблицам 4.2 / 5.2 / 5.3.

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность пл-ки: 9

Категория грунта: 2

☐ Учет нелинейного деформирования грунтов

Тип расчета

☒ Проектный расчет

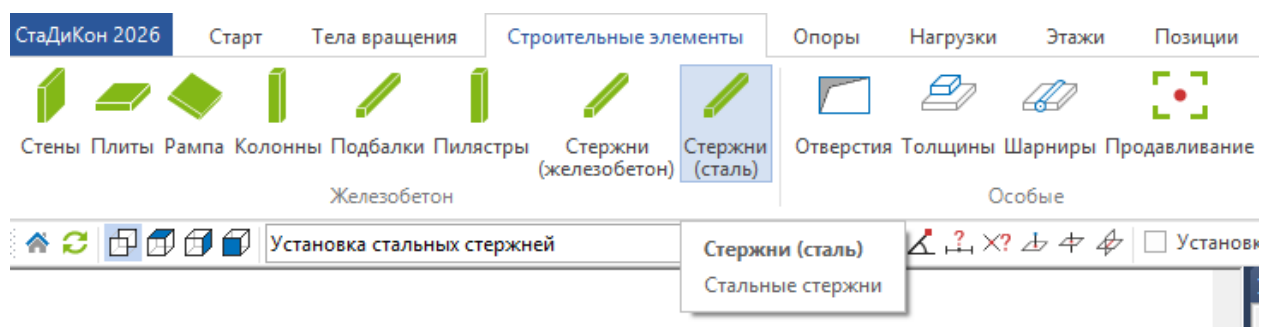
☐ Поверочный расчет

Таблица 4.2 Таблица 5.2 Таблица 5.3

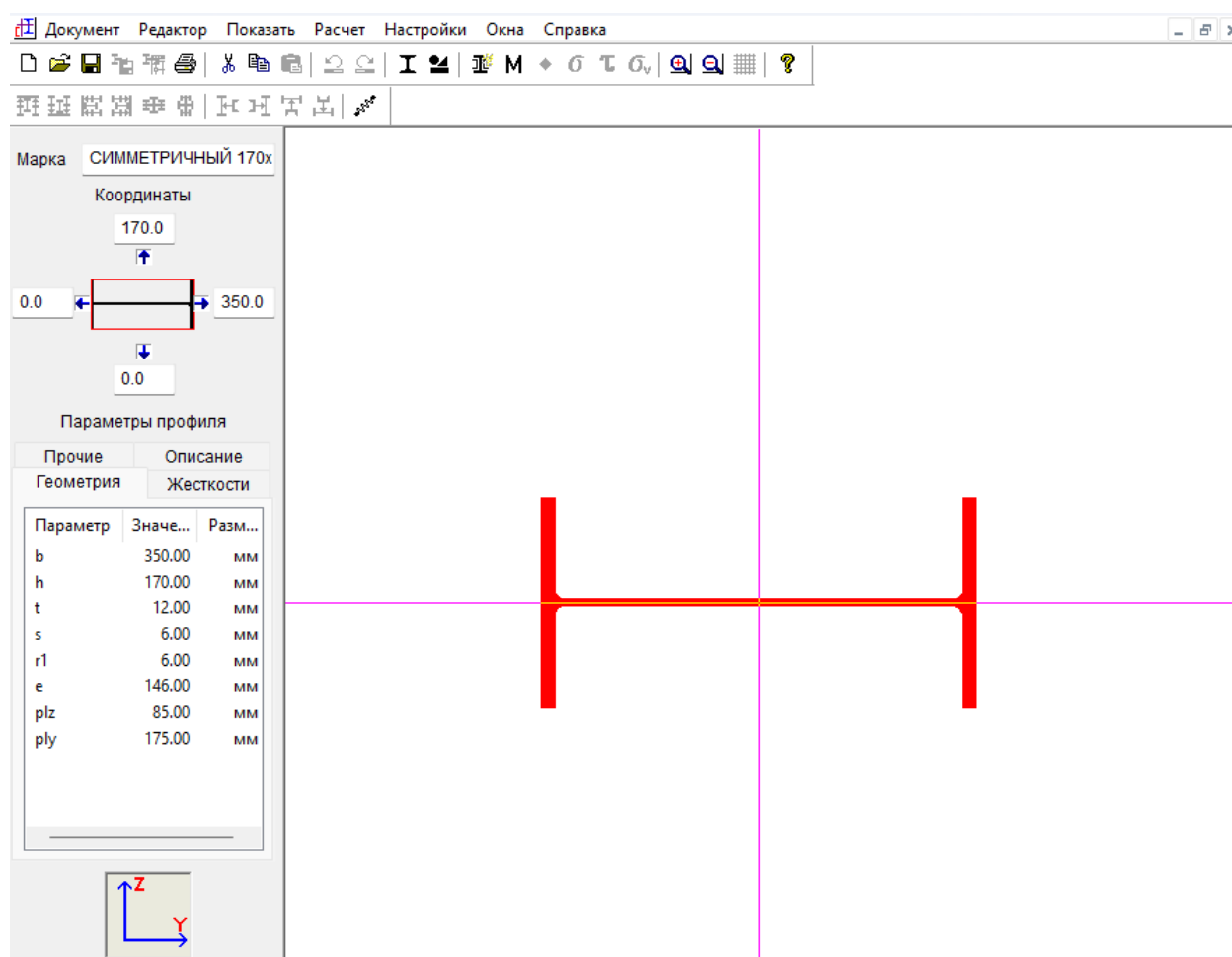
Амплитуда = 1 м/с2

2. Рекомендации по моделированию и расчету здания

– Все колонны и балки задавались с помощью инструмента «Стержни (сталь)».



– Все сварные сечения задавались с помощью ProfilMaker.



3. Расчетные периоды и формы колебаний здания

Расчетные периоды первых 8 форм собственных колебаний здания приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения расчетных периодов собственных колебаний здания.

Номер формы собственных колебаний здания	Формы собственных колебаний	Периоды собственных колебаний, [с]	
		Схема по нормам Еврокода	Схема по нормам СП
1	поступательная в поперечном направлении здания (по оси Y)	0.7390	0.7348
2	поступательная в продольном направлении здания (по оси X)	0.7018	0.6982
3	крутильная в плане	0.6248	0.6215
4	поступательная в поперечном направлении здания (по оси Y)	0.2377	0.2366
5	поступательная в продольном направлении здания (по оси X)	0.2281	0.2271
6	крутильная в плане	0.2016	0.2007
7	поступательная в поперечном направлении здания (по оси Y)	0.1309	0.1305
8	поступательная в продольном направлении здания (по оси X)	0.1272	0.1268

Различия между нормами в значениях периодов обосновываются несколько отличными модулями упругости между используемыми материалами по нормам Еврокода и СП.

4. Значения вычисленных нагрузок от сейсмического воздействия

В Таблице 4.1 и Таблице 4.2 приведены полученные в данном примере при расчете суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок F_i по формам собственных колебаний, вычисленные для двух ортогональных направлений по нормам Еврокода и СП.

Таблица 4.1 – Величины расчетных горизонтальных нагрузок при сейсмическом воздействии по нормам Еврокода.

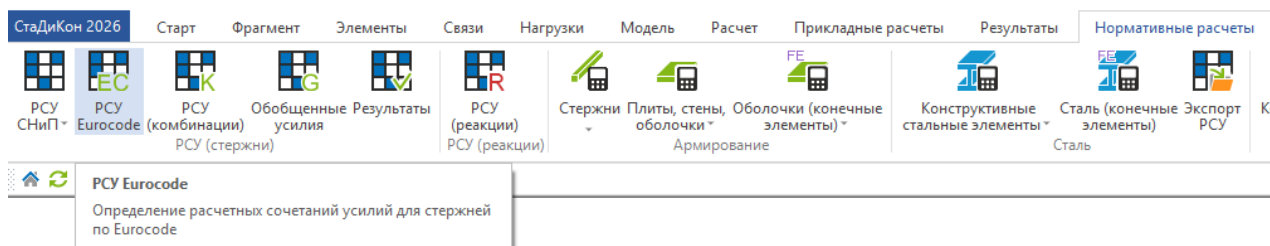
№ формы колебаний	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в продольном направлении здания (по оси X)	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в поперечном направлении здания (по оси Y)
1	0	2896
2	3070	0
3	0	0
4	0	542
5	538	0
6	0	0
7	0	192
8	187	0

Таблица 4.2 – Величины расчетных горизонтальных нагрузок при сейсмическом воздействии по нормам СП.

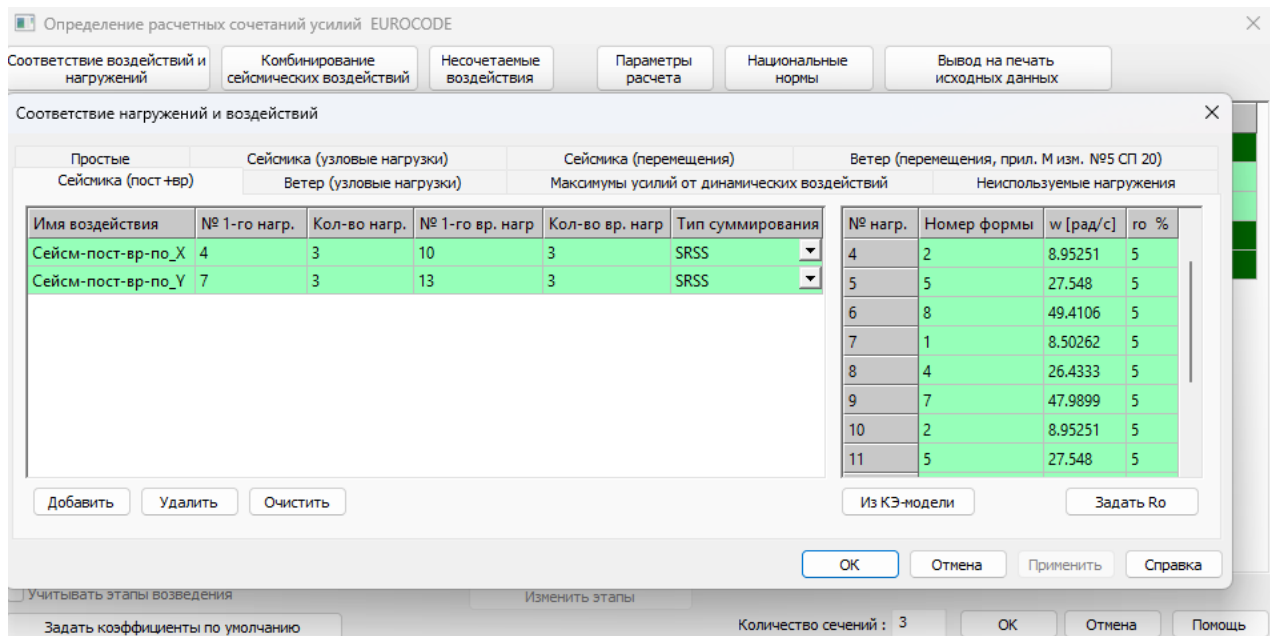
№ формы колебаний	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в продольном направлении здания (по оси X)	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в поперечном направлении здания (по оси Y)
1	0	2036
2	2101	0
3	0	0
4	0	448
5	444	0
6	0	0
7	0	149
8	145	0

5. Нормативные расчеты конструктивных стальных элементов по нормам Еврокода

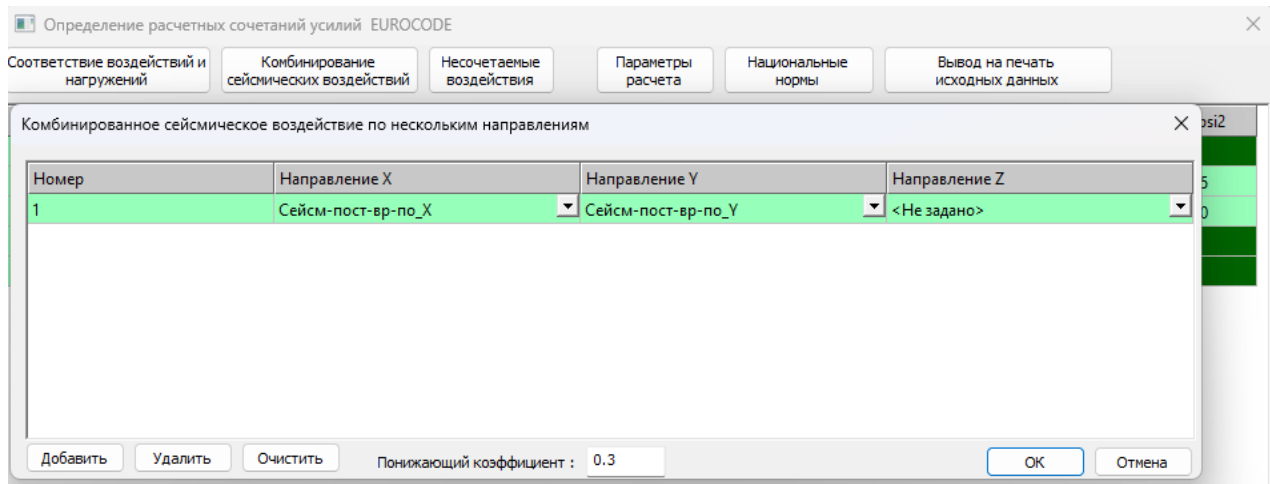
На вкладке «Нормативные расчеты» переходим к «PCY Eurocode».



Задаем совместные поступательные и вращательные сейсмические воздействия по горизонтальным осям в пункте «Соответствие воздействий и нагрузжений» на вкладке «Сейсмика (пост+вр)».



Также при расчетах по нормам Еврокода задаем комбинированное сейсмическое воздействие в пункте «Комбинирование сейсмических воздействий».



После устанавливаем коэффициенты для нагрузжений и выполняем расчет PCY.

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE

Соответствие воздействий и нагрузжений | Комбинирование сейсмических воздействий | Несочетаемые воздействия | Параметры расчета | Национальные нормы | Вывод на печать исходных данных

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Соб_вес+пост	Постоянное	Простое	☐	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Перем_перекрытия	Переменное	Простое	☐	2	1.50				0.70	0.50	0.35
3	Перем_снег	Переменное	Простое	☐	3	1.50				0.70	0.50	0.30
4	Сейсм-пост-вр-по_X	Особое	Сеймика	☒	4 - 6, 10 - 12	1.00						
5	Сейсм-пост-вр-по_Y	Особое	Сеймика	☒	7 - 9, 13 - 15	1.00						

☐ Учитывать этапы возведения | Изменить этапы

Задать коэффициенты по умолчанию | Количество сечений: 3 | OK | Отмена | Помощь

Далее переходим к пункту «Конструктивные стальные элементы» - «Задание данных».

СтаДиКон 2026 | Старт | Фрагмент | Элементы | Связи | Нагрузки | Модель | Расчет | Прикладные расчеты | Результаты | Нормативные расчеты

PCY СНиП* | PCY Eurocode (комбинации) | PCY (обобщенные усилия) | PCY (результаты) | PCY (реакции) | PCY (реакции) | Стержни | Плиты, стены, Оболочки (конечные элементы)* | Армирование

Конструктивные стальные элементы* | Сталь (конечные элементы)* | Экспорт PCY | Кон...

Задание данных | Результаты расчета | Стесненное кручение | Балка переменной высоты

Задаем по позициям группы конструктивных элементов и при необходимости редактируем их в соответствии с задаваемыми сечениями.

Констр. элементы - металл

Все группы

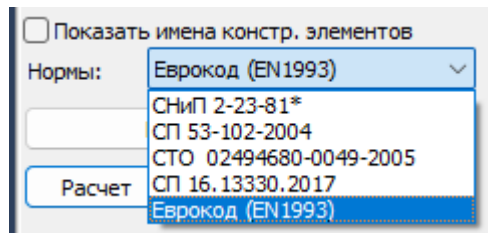
- Создать группу
- Удалить все
- Задать по позициям
- Задать по позициям (с учётом этажей)
- Экспорт в Tekla (ascii)
- Свойства групп
- Печать исх. данных групп
- Вывод спецификации
- Передача материалов в КЭ-модель
- Импорт

Констр. элементы - металл

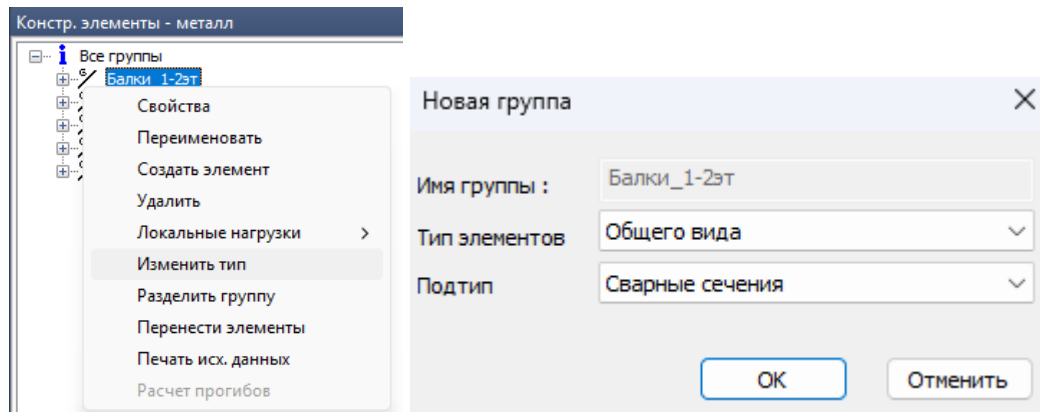
Все группы

- Балки_1-2эт
- Колонны_1-3эт
- Колонны_4-5эт
- Балки_3-4эт
- Балки_5эт

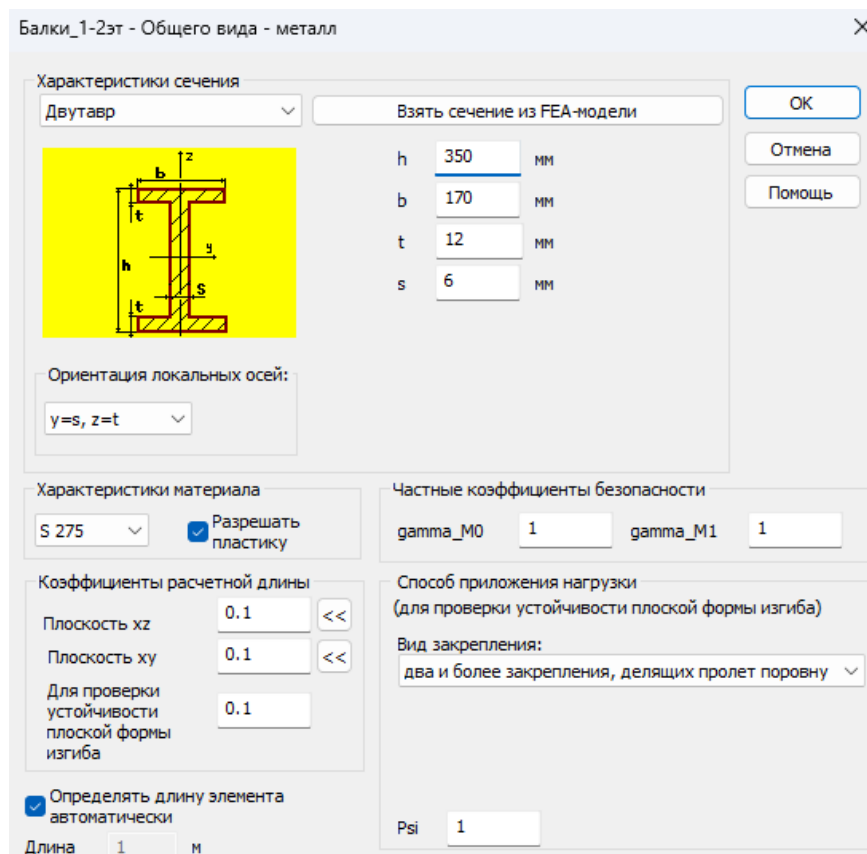
Устанавливаем нормы «Еврокод (EN1993)».



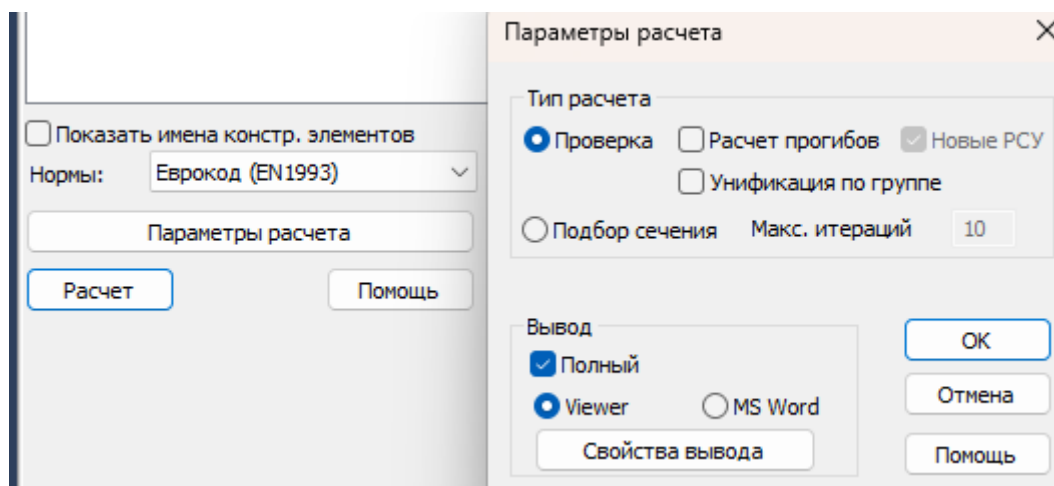
Нажав ПКМ по группе, выбираем «Изменить тип». Изменяем подтип на «Сварные сечения».



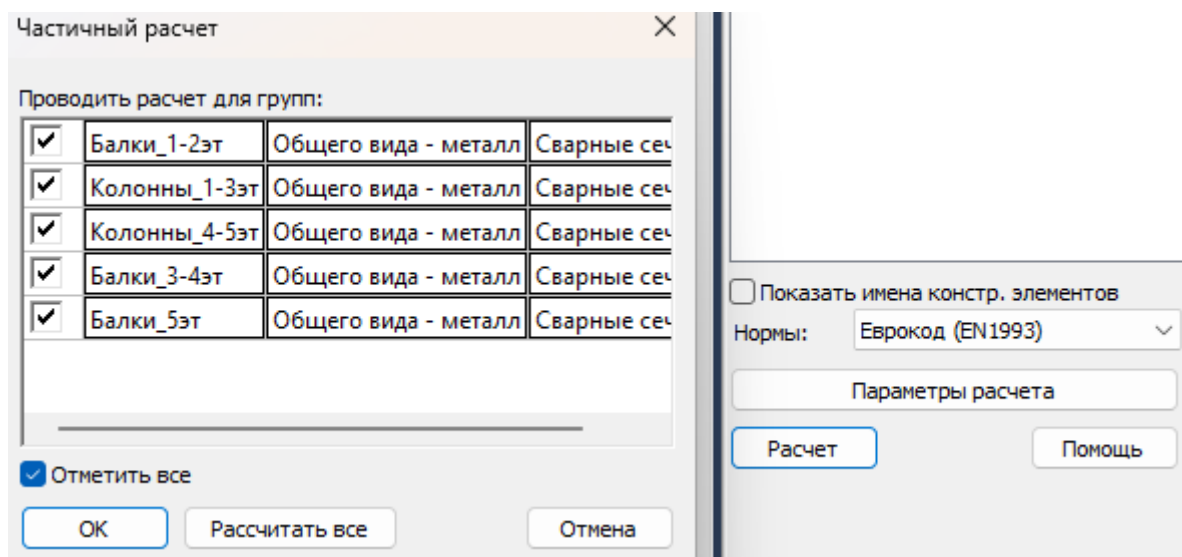
Далее также после нажатия ПКМ по группе выбираем «Свойства». Таким образом каждой группе задаем материалы и сечения. Коэффициенты расчетных длин для балок приняты равными 0.1; для колонн равными 0.5 в плоскостях xz/xу и 0.1 для проверки устойчивости плоской формы изгиба.



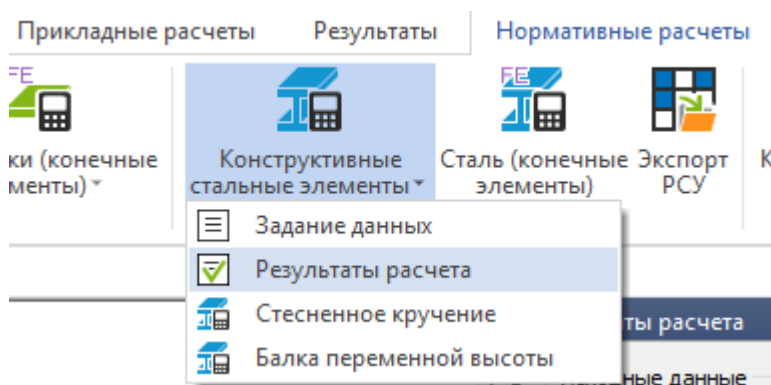
Устанавливаем следующие параметры расчета.



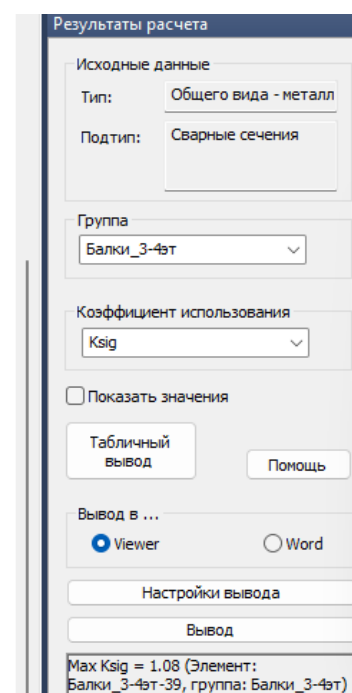
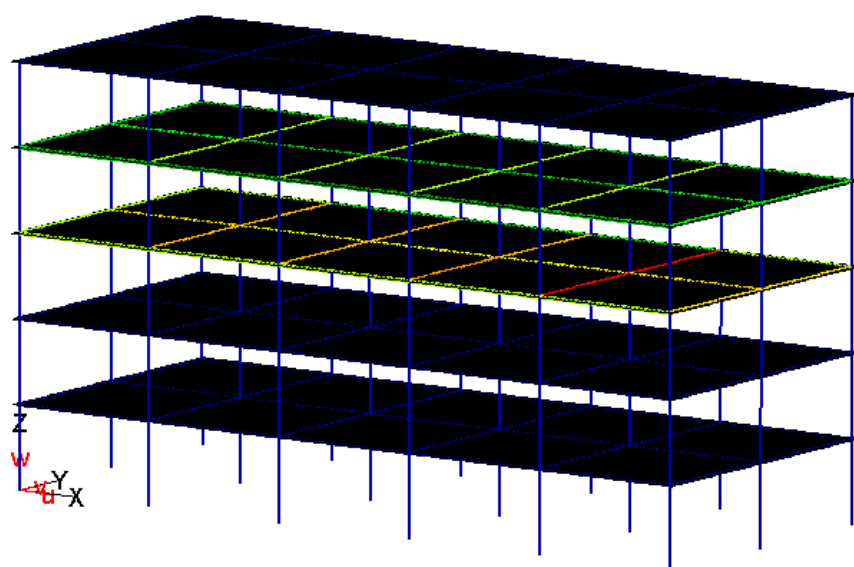
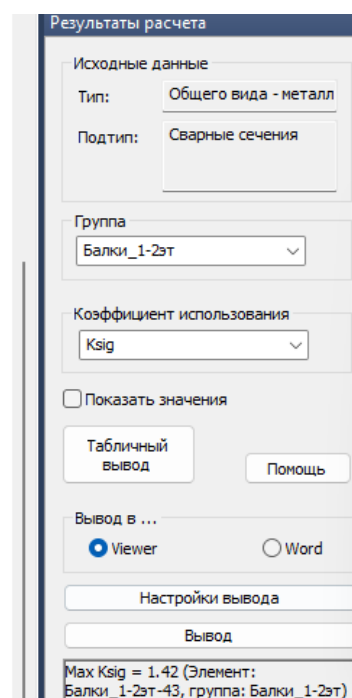
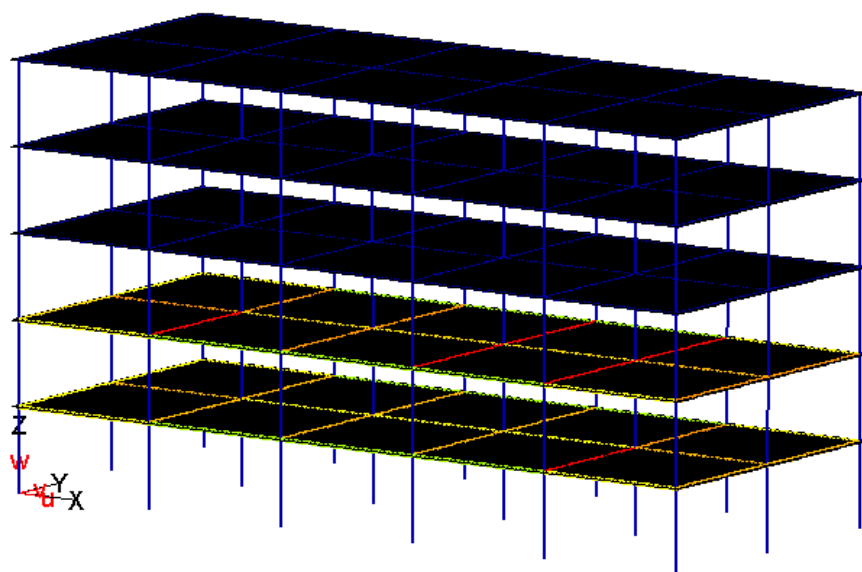
После выбираем «*Расчет*» и запускаем расчет всех конструктивных групп.



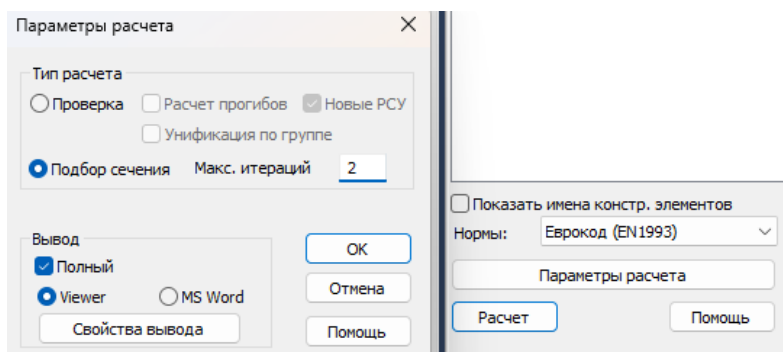
Результаты можно просмотреть, выбрав «**Конструктивные стальные элементы**» - «*Результаты расчета*».



По результатам расчета для двух групп подбалок условие прочности не выполняется.



Проведем подбор сечений. Возвращаемся к заданию данных и в параметрах расчета устанавливаем «Подбор сечения».



После в свойствах данных групп установим ограничения на размеры сечений.

Балки_1-2эт - Общего вида - металл

Характеристики сечения

Двутавр

Взять сечение из FEA-модели

☐ фикс. h 350 мм ☒ max 500
☐ фикс. b 170 мм ☒ max 300
☒ фикс. t 12 мм
☒ фикс. s 6 мм

Ориентация локальных осей:

y=s, z=t

OK Отмена Помощь

Балки_3-4эт - Общего вида - металл

Характеристики сечения

Двутавр

Взять сечение из FEA-модели

☐ фикс. h 350 мм ☒ max 450
☐ фикс. b 160 мм ☒ max 200
☐ фикс. t 10 мм
☒ фикс. s 6 мм

Ориентация локальных осей:

y=s, z=t

OK Отмена Помощь

И далее запускаем расчет на подбор сечений для данных двух групп.

Частичный расчет

Проводить расчет для групп:

☒	Балки_1-2эт	Общего вида - металл	Сварные сеч
☐	Колонны_1-3эт	Общего вида - металл	Сварные сеч
☐	Колонны_4-5эт	Общего вида - металл	Сварные сеч
☒	Балки_3-4эт	Общего вида - металл	Сварные сеч
☐	Балки_5эт	Общего вида - металл	Сварные сеч

☐ Отметить все

OK Рассчитать все Отмена

После расчета были подобраны следующие сечения. Устанавливаем галочку «Сохранить характеристики сечений в материалах FE-модели».

Результаты подбора сечений

Сварные сечения

Подобранные ☒ 2 Не удалось подобрать ☐ 0 Подбор не требуется ☐ 0 Не подобраны только ребра ☒ 2

#	Группа	h, мм	b, мм	t, мм	s, мм	шаг рёбер, мм	hw/f, мм	tw, мм	A, см ²	Ay, см ²	Az, см ²	Iy, см ⁴	Iz, см ⁴	I _r , см ⁴	Запомнить
1	Балки_1-...	449.0	186.0	10.0	6.0				62.9	37.2	26.9	21873.8	1073.2	15.5	☒
2	Балки_3-...	449.0	186.0	10.0	6.0				62.9	37.2	26.9	21873.8	1073.2	15.5	☒

☒ Сохранить подобранные сечения в в данных для групп элементов
☒ Сохранить характеристики сечений в материалах FE-модели

OK Отмена Применить Справка

Так как изменилась высота сечений, то необходимо также подправить эксцентриситеты для данных материалов.

После заново проводим статический расчет и расчет на собственные колебания, определяем новые сейсмические воздействия.

Таблица 5.1 – Значения периодов собственных колебаний здания до и после подбора сечений.

Номер формы собственных колебаний здания	Периоды собственных колебаний, [с]	
	Схема по нормам Еврокода до подбора сечений	Схема по нормам Еврокода после подбора сечений
1	0.7390	0.6718
2	0.7018	0.6368
3	0.6248	0.5650
4	0.2377	0.2205
5	0.2281	0.2109
6	0.2016	0.1861
7	0.1309	0.1261
8	0.1272	0.1223

Таблица 5.2 – Величины расчетных горизонтальных нагрузок при сейсмическом воздействии по нормам Еврокода до и после подбора сечений.

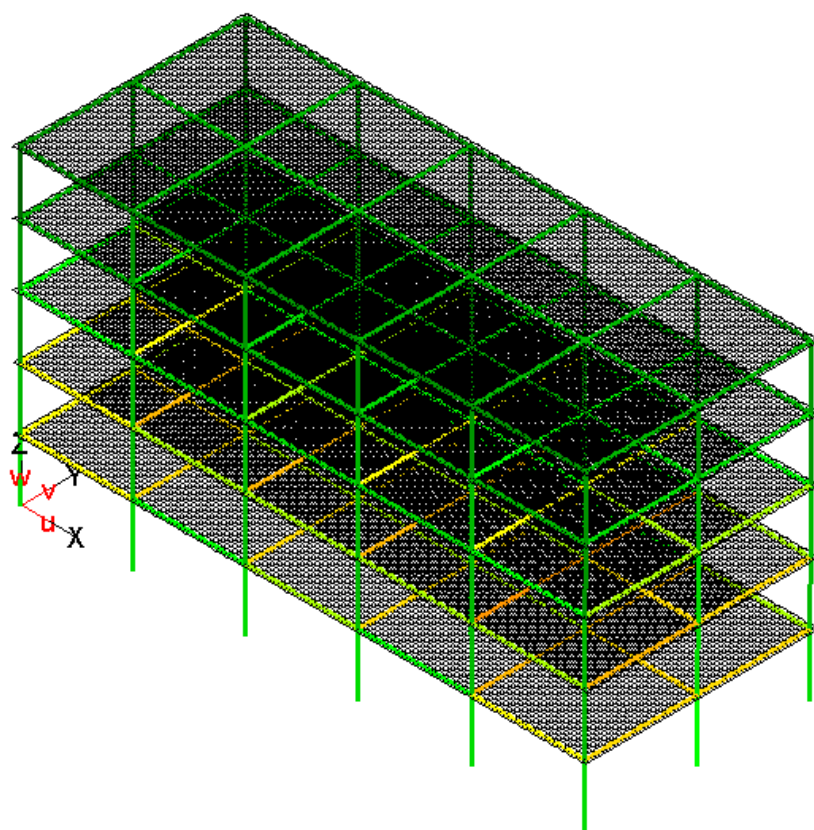
№ формы колебаний	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в продольном направлении здания (по оси X)	Суммарные значения расчетных сейсмических нагрузок (кН) при воздействии в поперечном направлении здания (по оси Y)
До подбора сечений		
1	0	2896
2	3070	0
3	0	0
4	0	542
5	538	0
6	0	0
7	0	192
8	187	0
После подбора сечений		
1	0	3242
2	3429	0
3	0	0
4	0	515
5	509	0
6	0	0
7	0	183
8	177	0

После перезадаем в PCY новые сейсмические нагрузки.

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE												
Соответствие воздействий и нагрузений		Комбинирование сейсмических воздействий		Несчитаемые воздействия		Параметры расчета		Национальные нормы		Вывод на печать исходных данных		
№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Соб_вес+пост	Постоянное	Простое	☐	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Перем_перекрытия	Переменное	Простое	☐	2	1.50				0.70	0.50	0.35
3	Перем_снег	Переменное	Простое	☐	3	1.50				0.70	0.50	0.30
4	Сейсм-пост-вр-по_X	Особое	Сейсмика	☒	16 - 18, 22 - 24	1.00						
5	Сейсм-пост-вр-по_Y	Особое	Сейсмика	☒	19 - 21, 25 - 27	1.00						

И повторно выполняем проверочный расчет конструктивных стальных элементов.

После подбора сечений условие прочности выполняется для всех групп конструктивных стальных элементов.



Результаты расчета

Исходные данные

Тип:

Подтип:

Группа

Все группы

Коэффициент использования

Ksig

Показать значения

Табличный вывод

Помощь

Вывод в ...

Viewer

Word

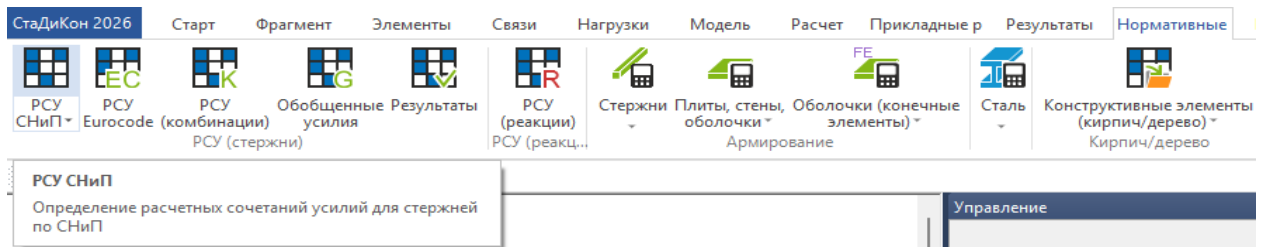
Настройки вывода

Вывод

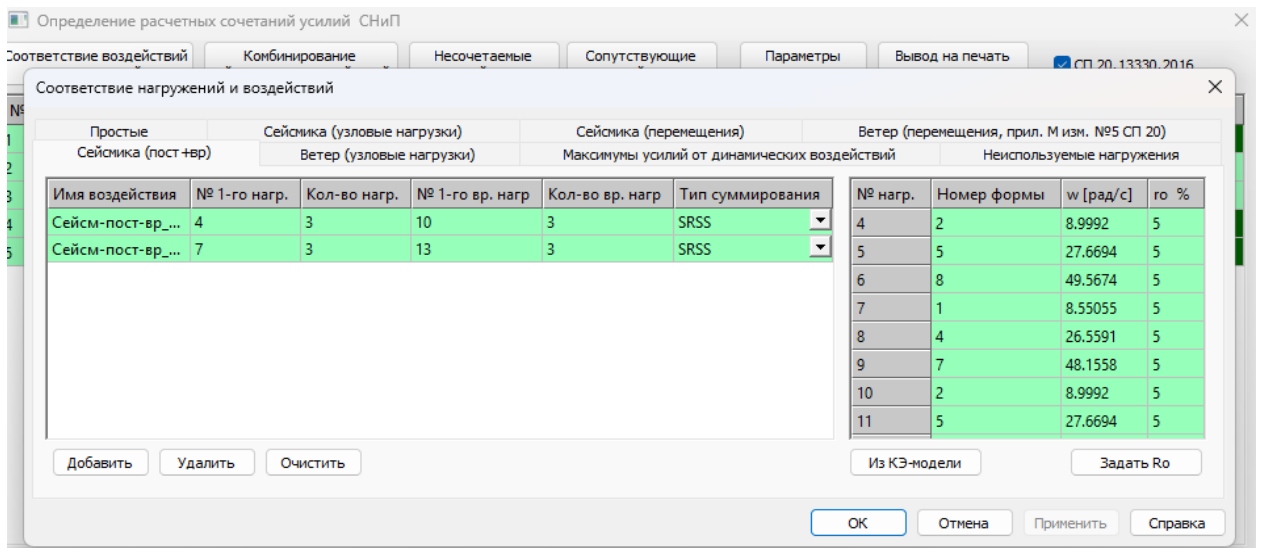
Max Ksig = 0.96 (Элемент: Балки_1-2эт-43, группа: Балки_1-2эт)

6. Нормативные расчеты конструктивных стальных элементов по нормам СП

На вкладке «Нормативные расчеты» переходим к «РСУ СНИП».

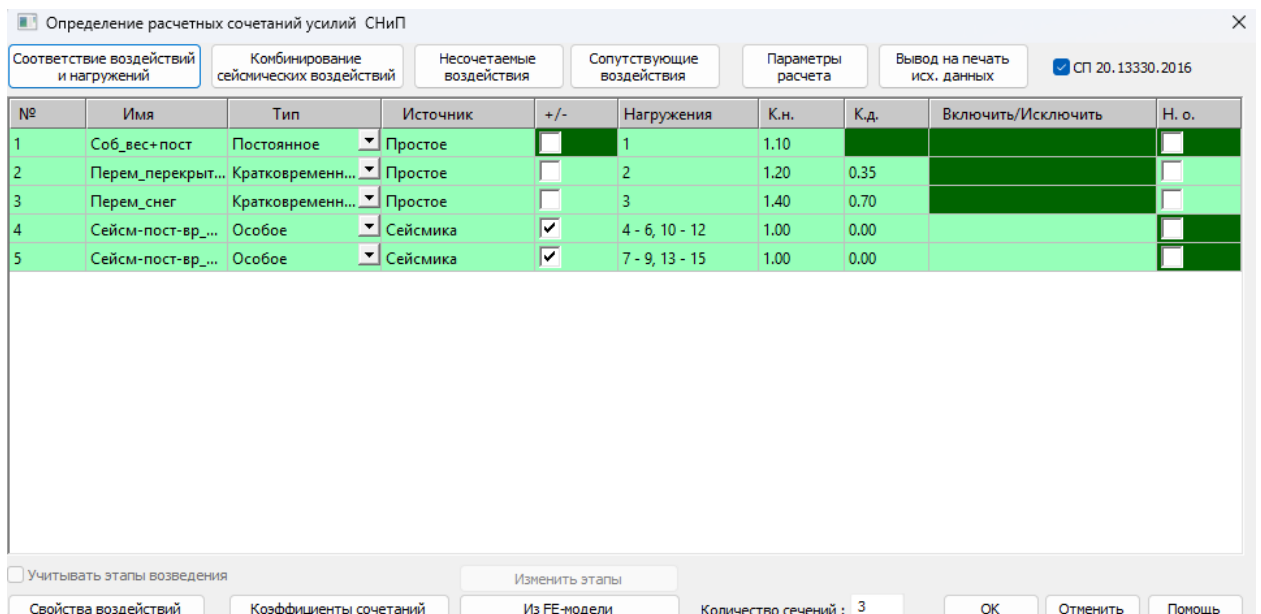


Задаем совместные поступательные и вращательные сейсмические воздействия по горизонтальным осям в пункте «Соответствие воздействий и нагрузжений» на вкладке «Сейсмика (пост+вр)».

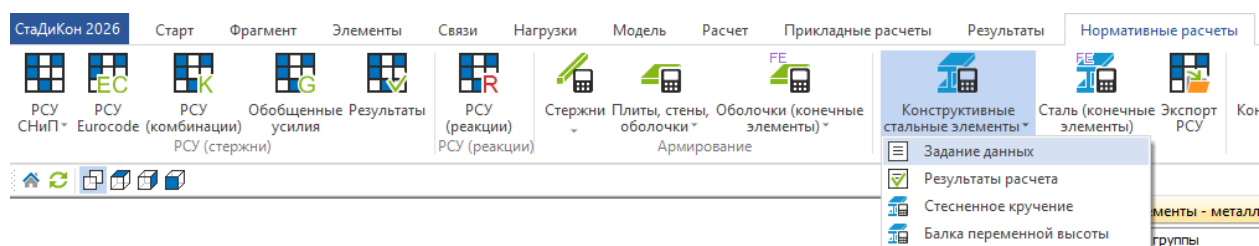


При расчетах по нормам СП комбинированное сейсмическое воздействие не задаем.

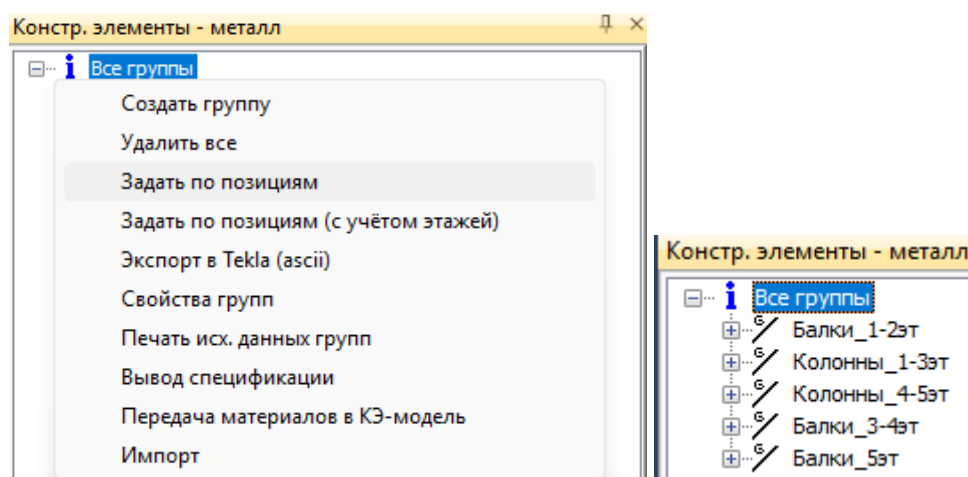
После устанавливаем коэффициенты для нагрузжений и выполняем расчет РСУ.



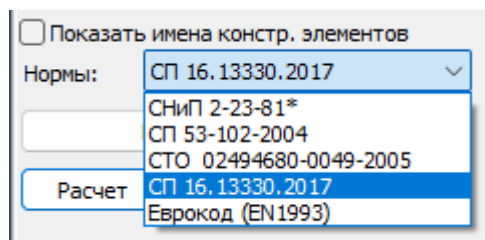
Далее переходим к пункту «**Конструктивные стальные элементы**» - «*Задание данных*».



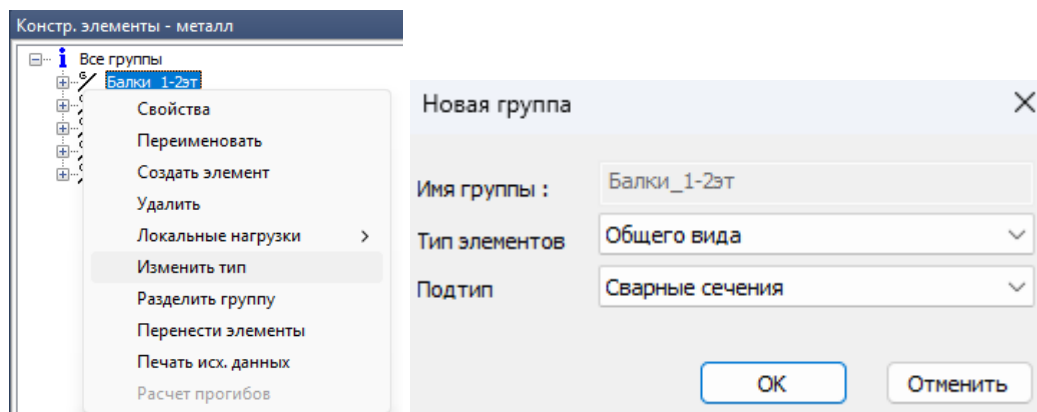
Задаем по позициям группы конструктивных элементов и при необходимости редактируем их в соответствии с задаваемыми сечениями.



Устанавливаем нормы «СП 16.13330.2017».



Нажав ПКМ по группе, выбираем «*Изменить тип*». Изменяем подтип на «*Сварные сечения*».



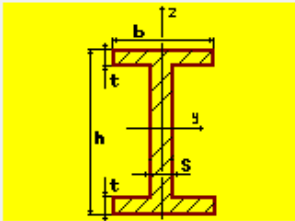
Далее также после нажатия ПКМ по группе выбираем «Свойства». Таким образом каждой группе задаем материалы и сечения. Коэффициенты расчетных длин для балок приняты равными 0.1; для колонн равными 0.5 в плоскостях xz/xу и 0.1 для проверки устойчивости плоской формы изгиба.

Балки_1-2эт - Общего вида - металл

Характеристики сечения

Двутавр

Взять сечение из FEA-модели



h 350 мм

b 170 мм

t 12 мм

s 6 мм

Ориентация локальных осей:

y=s, z=t

Характеристики материала

C 275

☒ Разрешать пластику

Расчетное сопротивление шва: 180 МПа

Коэффициенты для расчета шва (СНиП т. 34*, СП т. 39):

Beta f 0.9 Beta z 1

Способ приложения нагрузки (для проверки устойчивости плоской формы изгиба)

Вид закрепления: два и более закрепления, делящих пролет поровну

Коэффициент условий работы

gamma_c 1

☐ При растяжении 1

☒ Определять длину элемента автоматически

Длина 1 м

Предельная гибкость:

180-60a << - сжатие

400 << - растяжение

☐ Задать шаг поперечных ребер 0 мм

Допустимая предельная относительная гибкость стенки балок (СНиП п. 7.10, СП п. 8.5.9) 3.2

Коэффициенты расчетной длины

Плоскость xz 0.1 <<

Плоскость ху 0.1 <<

Для проверки устойчивости плоской формы изгиба 0.1

Эксплуатация при температуре

☐ ниже 40 С (СНиП II-7-81* т. 7, СП 14.1330.2011 т. 6)

OK

Отмена

Помощь

Устанавливаем следующие параметры расчета.

Показать имена констр. элементов

Нормы: СП 16.13330.2017

Параметры расчета

Расчет

Помощь

Параметры расчета

Тип расчета

☒ Проверка ☐ Расчет прогибов ☒ Новые РСУ

☐ Унификация по группе

☐ Подбор сечения Макс. итераций 10

Вывод

☒ Полный ☒ Viewer ☐ MS Word

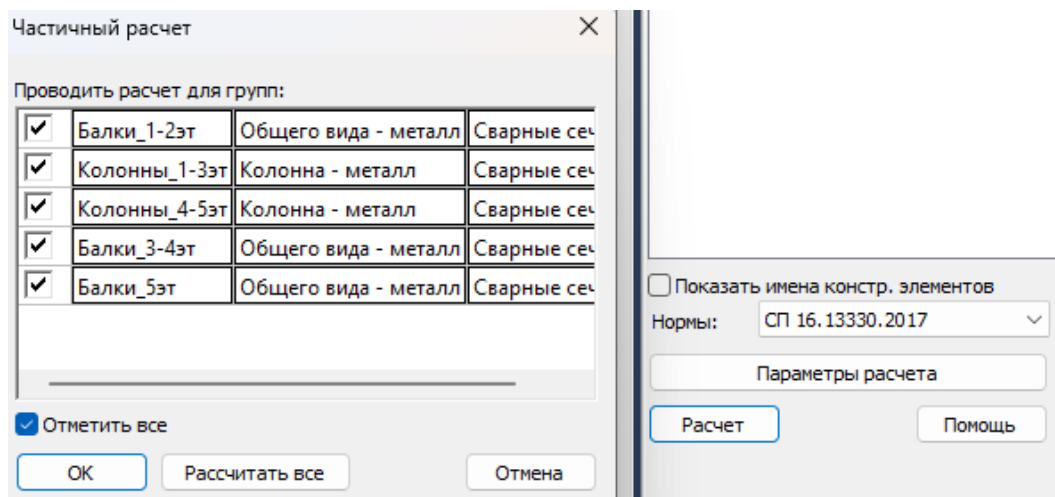
Свойства вывода

OK

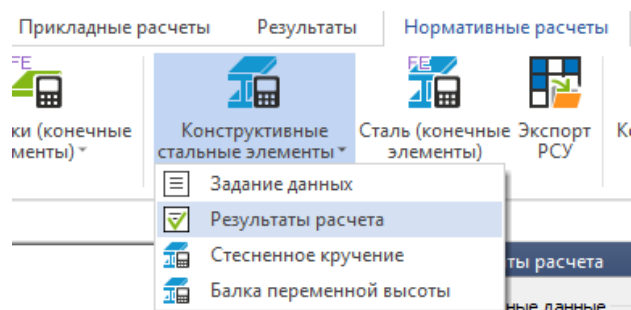
Отмена

Помощь

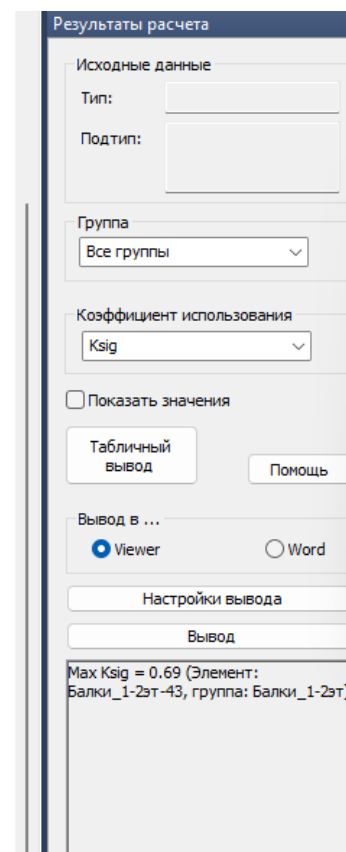
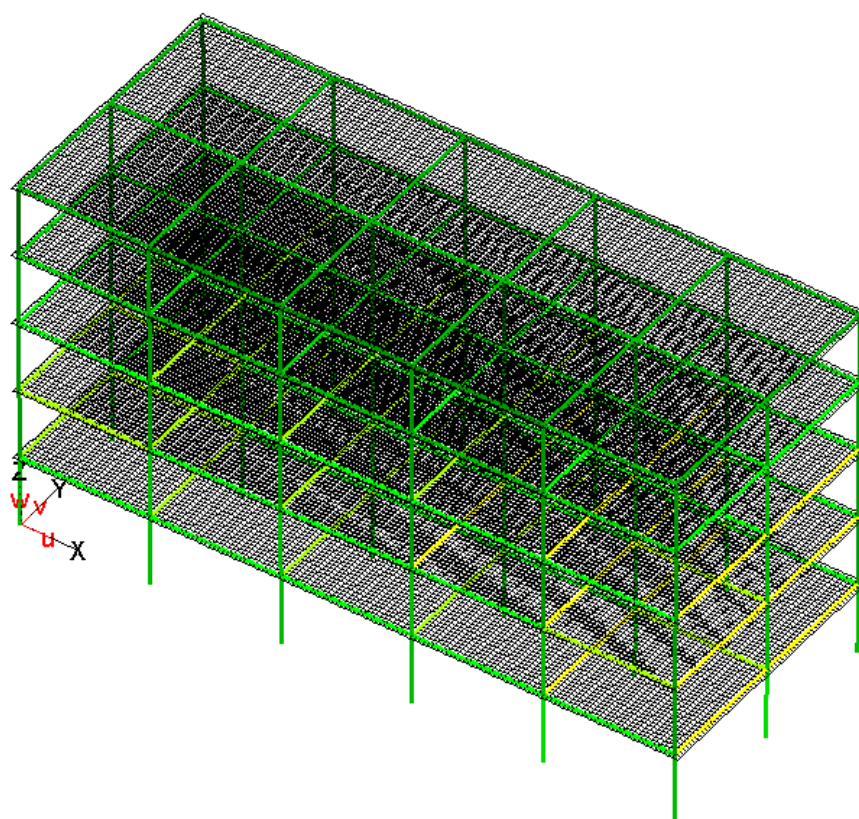
После выбираем «Расчет» и запускаем расчет всех конструктивных групп.



Результаты можно просмотреть, выбрав «**Конструктивные стальные элементы**» - «*Результаты расчета*».



Согласно результатам, условие прочности выполняется для всех групп конструктивных стальных элементов без надобности подбора сечений.



7. Сравнение результатов нормативных расчетов

Таблица 7.1 – Сравнение максимального значения коэффициента использования сечения по условиям прочности.

Максимальное значение коэффициента	Схема по нормам Еврокода до подбора сечения	Схема по нормам Еврокода после подбора сечения	Схема по нормам СП
K_{sig}	1.42	0.96	0.69

K_{sig} – коэффициент использования сечения по условиям прочности на действие продольной силы и изгибающих моментов.