

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

Б1.В.03 «Спецкурс по проектированию строительных конструкций»

Наименование подготовки

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_

код и наименование направленности (профиля)

Абакан 2022

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, описание показателей и критериев оценивания

курс	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства
4	ПК-3: Способность выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	<b>Знать:</b> - основные виды компьютерных программ для расчета строительных конструкций; - особенности расчетов в компьютерных программах; <b>Уметь:</b> - выполнять расчеты в компьютерных программах; <b>Владеть:</b> - знаниями видов компьютерных программ для расчета строительных конструкций; - методами расчета	Задачи для практических занятий. Вопросы к зачету
4	ПК-4: Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	<b>Знать:</b> - основные виды компьютерных программ для расчета строительных конструкций; - особенности расчетов в компьютерных программах; <b>Уметь:</b> - выполнять расчеты в компьютерных программах; <b>Владеть:</b> - знаниями видов компьютерных программ для расчета строительных конструкций; - методами расчета	Задачи для практических занятий. Вопросы к зачету

## 2. Типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки владений, умений и знаний, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру оценивания

### Пример задачи для практических занятий

#### 1. БЛОК №3. Расчет пространственной схемы в ВК «SCAD++»

Для выполнения данного блока можно руководствоваться примером 14 «Использование препроцессора «Форум» и примером 17 «Расчет площадки промышленного здания», которые были изучены ранее в курсе «Спецкурс по расчету строительных конструкций».

*При вводе элементов в именах жесткости использовать их марки, например, К-1, ГБ-1 и т.д.*

*При вводе элементов балок и связей не забывать устанавливать шарниры и жесткие вставки для опирания балок в одном уровне.*

*Лист Л-1 задается кнопкой команды «Ввод перекрытия».*

1.1. В препроцессоре «Форум» создать геометрическую укрупненную схему этажерки в следующей последовательности действий:

- задание координационных осей;
- называние блока №1 как «1-ый этаж»;
- задание в блоке №1 колонн среднего ряда К-1, колонн крайнего ряда К-2 и угловых колонн К-3;
- задание главных балок рядовых ГБ-1 и крайних ГБ-2;
- задание второстепенных балок рядовых ВБ-1 и крайних ВБ-2;
- задание балок настила рядовых НБ-1 и крайних НБ-2;
- задание связей Св-1;
- задание листа настила Л-1;
- создание блока №2 как «2-ой этаж»;
- копирование фрагмента схемы из блока №1 в блок №2 (*не забывают блок №2 сделать активным*);
- создание блока №3 как «3-ий этаж»;
- копирование фрагмента схемы из блока №2 в блок №3 (*не забывают блок №3 сделать активным*);
- установка в нижних узлах колонн связей типов «жесткая заделка» в плоскости рам и «шарнирно-неподвижная опора» из плоскости рам;
- генерация результирующего проекта, т.е. создание расчетной конечно-элементной схемы (шаг разбиения контуров задать, например, 10 м; шаг разбиения перекрытия задать, например, 5 м);
- выполнить проверку корректности расчетной схемы. Для этого задать загрузку «Вес элементов схемы», нажать на кнопку команды «Автоматическое ориентирование выдачи усилий для плоскостных конечных элементов», сделать экспресс-контроль, сделать расчет и посмотреть анимацию перемещений.

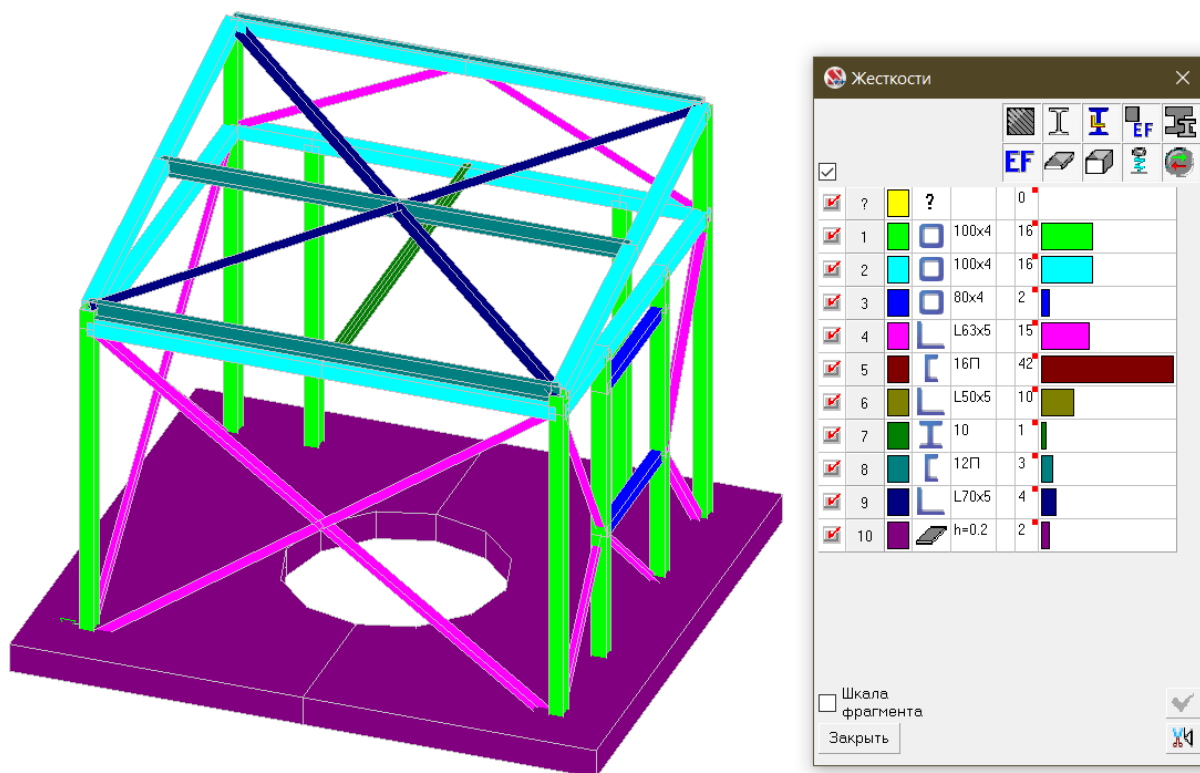


Рис. 3.1 – Общий вид в изометрии геометрической укрупненной схемы этажерки (с отображением профилей цветовой индикацией жесткостей элементов)

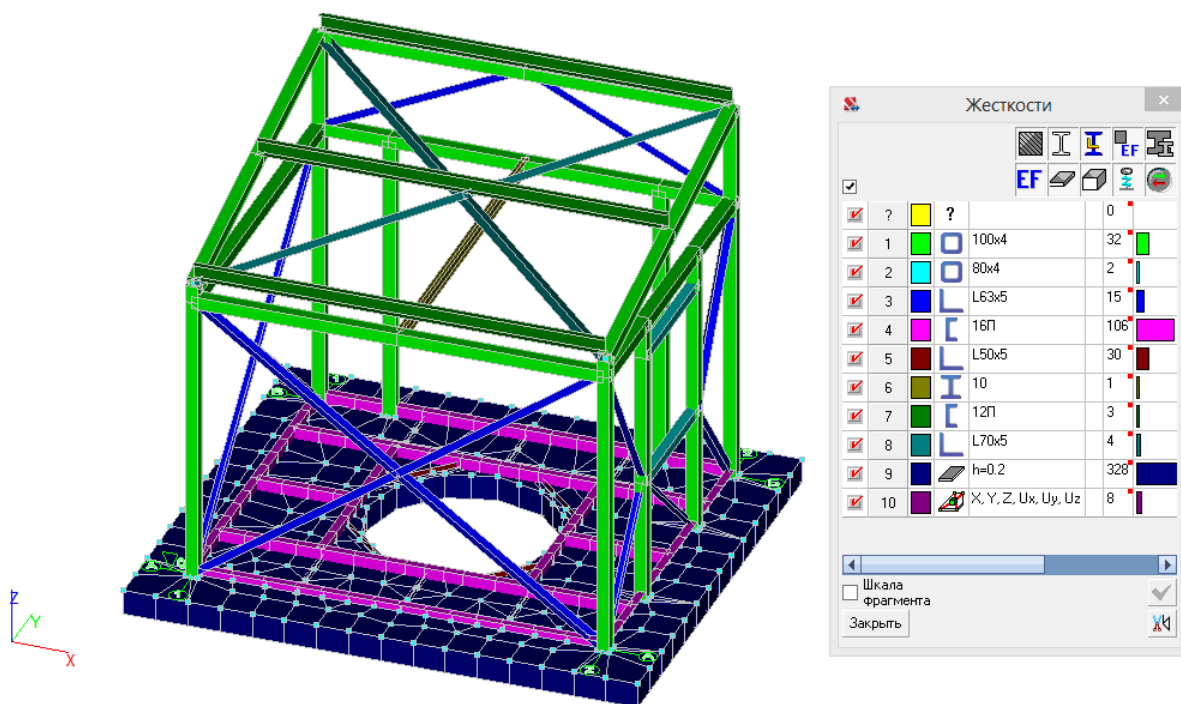


Рис. 3.2 – Общий вид в изометрии расчетной конечно-элементной схемы этажерки (с отображением профилей и цветовой индикацией жесткостей элементов)

*Количественные характеристики расчетной схемы.*

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами:

1. Количество узлов — **366**.

2. Количество конечных элементов — 529.

3. Тип схемы - система общего вида (это означает, что деформации расчетной схемы и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и вращательным перемещением узловых точек вокруг оси UX, UY и UZ).

4. Тип плоскостного конечного элемента – 44 (4-угольный конечный элемент оболочки).

5. Тип стержневого конечного элемента – 5 (пространственный стержень).

6. Колонны с главными балками образуют рамы. Сопряжение колонн с фундаментами жесткое в плоскости рам и шарнирное из плоскости рам. Сопряжение главных балок и колонн жесткое. Устойчивость рам из плоскости обеспечена системой вертикальных крестовых связей между колоннами посередине этажерки. Сопряжение второстепенных и главных балок шарнирное. Сопряжение балок настила и второстепенных балок шарнирное.

7. Связи – в уровне низа колонн ... (определиться самим: по X, Y, Z, UX, UY и UZ).

8. Направление выдачи усилий для горизонтальных плоскостных конечных элементов – по X.

9. Жесткость КЭ листа Л-1 – толщина 11 мм; материал – сталь качественная С255.

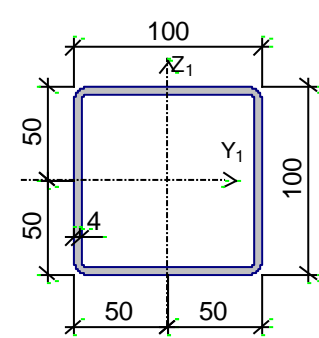
10. Основание смоделировано как абсолютно жесткое.

11. Жесткости элементов описаны с использованием стандартных типов сечений, предусмотренных в SCAD++, таких как профили металлопроката. Типы жесткостей приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Жесткости элементов

Единицы измерения: м, мм, кН.

Толщина пластин представлена в единицах измерения линейных размеров.

Жесткости		
Тип	Жесткость	Изображение
1	<p>Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ.. Семейство: Квадратные трубы по ГОСТ 12336-66 Профиль: 100х4</p> <p>Модуль упругости <math>E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2</math> Коэффициент Пуассона <math>\nu = 0,3</math> Объемный вес <math>\rho = 7,85 \text{ Т/м}^3</math> Коэффициент температурного расширения <math>\alpha = 1,2e-005</math> Продольная жесткость <math>EF = 30870,001 \text{ Т}</math> Изгибная жесткость (ось Y) <math>EI_y = 45,99 \text{ Т*м}^2</math> Изгибная жесткость (ось Z) <math>EI_z = 45,99 \text{ Т*м}^2</math> Сдвиговая жесткость (ось Y) <math>GF_y = 5115,229 \text{ Т}</math> Сдвиговая жесткость (ось Z) <math>GF_z = 5115,229 \text{ Т}</math> Крутильная жесткость <math>GI_{кр} = 28,584 \text{ Т*м}^2</math> Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси</p>	

Жесткости		
Тип	Жесткость	Изображение
	$Y(U) a_{u+} = 2,98$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Y(U) a_{u-} = 2,98$ см Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси $Z(V) a_{v+} = 2,98$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Z(V) a_{v-} = 2,98$ см	
2	Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ.. Семейство: Квадратные трубы по ГОСТ 12336-66 Профиль: 80x4  Модуль упругости $E = 21000000,77$ Т/м <sup>2</sup> Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\rho = 7,85$ Т/м <sup>3</sup> Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2e-005$ Продольная жесткость $EF = 24150,001$ Т Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 21,147$ Т*м <sup>2</sup> Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 21,147$ Т*м <sup>2</sup> Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 3751,596$ Т Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 3751,596$ Т Крутильная жесткость $GI_{кр} = 14,182$ Т*м <sup>2</sup> Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси $Y(U) a_{u+} = 2,189$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Y(U) a_{u-} = 2,189$ см Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси $Z(V) a_{v+} = 2,189$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Z(V) a_{v-} = 2,189$ см	
3	Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ.. Семейство: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 Профиль: L63x5  Модуль упругости $E = 21000000,77$ Т/м <sup>2</sup> Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\rho = 7,85$ Т/м <sup>3</sup> Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2e-005$ Продольная жесткость $EF = 12873,001$ Т Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 7,728$ Т*м <sup>2</sup> Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 1,999$ Т*м <sup>2</sup> Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 3960,923$ Т Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 3960,923$ Т Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0,039$ Т*м <sup>2</sup> Угол наклона главных осей инерции $\alpha = 45$ град Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси $Y(U) a_{u+} = 0,341$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Y(U) a_{u-} = 0,631$ см Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси $Z(V) a_{v+} = 1,348$ см Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси $Z(V) a_{v-} = 1,348$ см	

Жесткости		
Тип	Жесткость	Изображение
4	<p>Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката  Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ..  Семейство: Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89  Профиль: 16П</p> <p>Модуль упругости <math>E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2</math>  Коэффициент Пуассона <math>\nu = 0,3</math>  Объемный вес <math>\rho = 7,85 \text{ Т/м}^3</math>  Коэффициент температурного расширения <math>\alpha = 1,2e-005</math>  Продольная жесткость <math>EF = 38010,002 \text{ Т}</math>  Изгибная жесткость (ось Y) <math>EI_y = 157,5 \text{ Т*м}^2</math>  Изгибная жесткость (ось Z) <math>EI_z = 15,288 \text{ Т*м}^2</math>  Сдвиговая жесткость (ось Y) <math>GF_y = 5992,388 \text{ Т}</math>  Сдвиговая жесткость (ось Z) <math>GF_z = 5654,368 \text{ Т}</math>  Крутильная жесткость <math>GI_{кр} = 0,258 \text{ Т*м}^2</math></p> <p>Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) <math>a_{u+} = 0,908 \text{ см}</math>  Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) <math>a_{u-} = 2,042 \text{ см}</math>  Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) <math>a_{v+} = 5,18 \text{ см}</math>  Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) <math>a_{v-} = 5,18 \text{ см}</math></p>	

#### *Данные о нагрузках.*

В расчетном комплексе SCAD++ все нагрузки прикладываются к расчетной схеме отдельно по видам загрузжений, объединяющих логически взаимосвязанные нагрузки. В общей сложности принято 2 загрузжения (рис. 3.3, 3.4):

#### *Постоянные*

*L1* - постоянная нагрузка от веса элементов расчетной схемы: элементов колонн, балок, связей, листов настила;

#### *Временные*

*L2* - полезная эксплуатационная на пол.

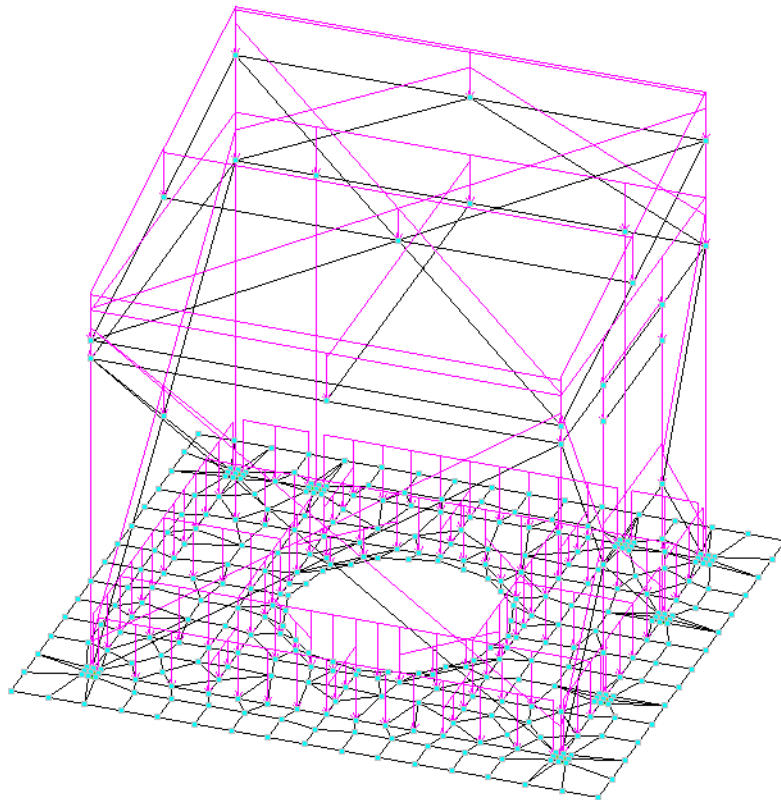


Рис. 3.3. Общий вид загрузки от веса элементов расчетной схемы (стального каркаса)

Расчетные сочетания усилий и перемещений

№	Активное загружение	Активное загружение в РСР	Наименование	Тип загрузки	Вид нагрузки	Загружения			Коеф. надежно- сти	Доля длитель- ности	K <sub>1</sub>
						Знакопе- ременны е	Участвуют в групповых операциях Объедине- ния	Знакопе- ременны е			
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	вес фундаментной	Постоянные на	Вес бетонных (	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1	1	1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	вес стальных элем	Постоянные на	Вес металличе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,05	1	1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	вес покрытия	Постоянные на	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	1	1
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	вес стен	Постоянные на	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	1	1
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	вес пола	Постоянные на	Вес металличе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,05	1	1
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	полезная на пол	Кратковременн	Полные нагрузки	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0,35	1
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	снег	Кратковременн	Полные снегов	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,4	0,7	1
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	стат ветер по X	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,4	0	1
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	стат ветер против	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,4	0	1
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	стат ветер по Y	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,4	0	1
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	стат ветер против	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,4	0	1
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	кран верт середин	Крановая	Полные вертика	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0	1
13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	кран верт по оси А	Крановая	Полные вертика	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0	1
14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	кран верт по оси Б	Крановая	Полные вертика	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0	1
15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	кран гориз к А	Крановая	Торможение в д	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0	1
16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	кран гориз к Б	Крановая	Торможение в д	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,2	0	1
17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	динам ветер по X	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,4	0	1
18	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	динам ветер проти	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,4	0	1
19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	динам ветер по Y	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,4	0	1
20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	динам ветер проти	Кратковременн	Ветровые нагр	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,4	0	1

Рис. 3.5. Расчетные сочетания усилий



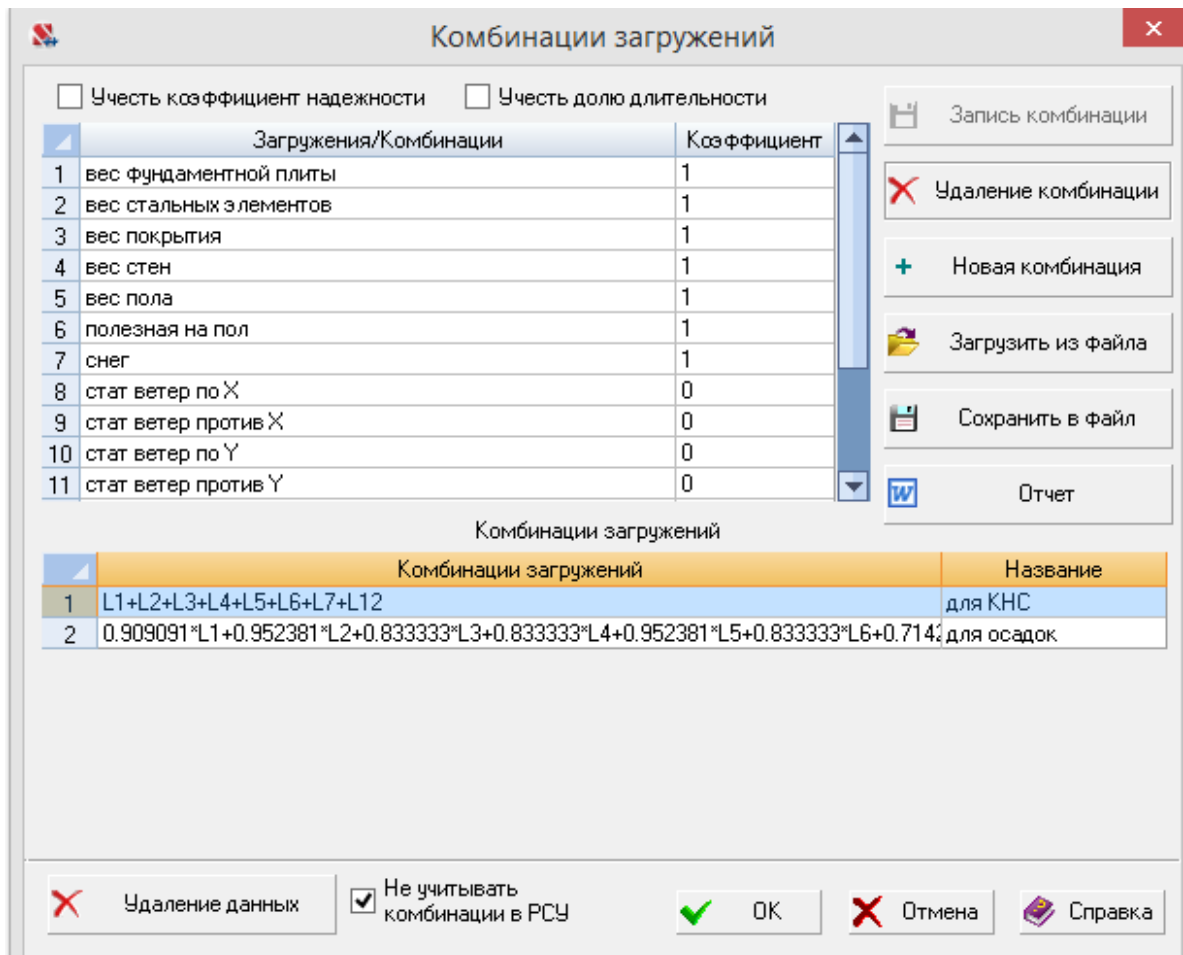


Рис. 3.6. Комбинация нормативных нагрузок для анализа деформаций

### Протокол расчета.

20:04:27 15.09.2021

ПРОТОКОЛ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Полный расчет. Версия 21.1.9.5. Сборка: Jun 23 2020  
шифр - "NONAME".

20:04:27 Автоматическое определение числа потоков. Используется : 3

20:04:27 Вычисляются расчетные значения перемещений и усилий

20:04:27 Ввод исходных данных схемы

\*\*\*\*\* ОШИБКИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ КОНТРОЛЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ \*\*\*\*\*

W Содержимое вспомогательного файла "C:\SWORK\Итатка павильон над КНС.crs" не совпадает с копией, сохраненной в проекте.

\*\*\*\*\*

Получено ошибок: 0, предупреждений : 1

20:04:28 Параллельный конечноэлементный солвер PARFES

20:04:28 Автоматический выбор метода оптимизации.

20:04:28 PARFES: - анализ матрицы жесткости

20:04:28 Упорядочение матрицы алгоритмом минимальной степени

20:04:28 Информация о расчетной схеме:

- шифр схемы NONAME
- порядок системы уравнений 1512
- ширина ленты 1452
- количество элементов 529, удаленных 0
- количество узлов 366, удаленных 0

```

- количество загрузений                20
- плотность матрицы                     70%
20:04:28  Необходимая для выполнения расчета дисковая память :
матрица жесткости -      0.763 Mb
динамика          -      2.184 Mb
перемещения      -      1.338 Mb
усилия           -      5.789 Mb
рабочие файлы    -      0.074 Mb
-----
всего              -      10.149 Mb
20:04:28  На диске свободно 138492.988 Mb
20:04:28  Параллельный конечноэлементный солвер PARFES
20:04:28  PARFES: - формирование матрицы жесткости
20:04:29  PARFES: - разложение матрицы жесткости
20:04:29  Определение стартовых векторов
20:04:29  Накопление масс
20:04:29  Преобразование для загрузки 17 статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
20:04:30  Распределение весов масс для загрузки: 17, активных масс: 414
X          Y          Z          UX          UY          UZ          (T, Tm^2)
1.18134   1.18134   8.83139          0          0          0
20:04:30  Преобразование для загрузки 18 статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
20:04:30  Распределение весов масс для загрузки: 18, активных масс: 414
X          Y          Z          UX          UY          UZ          (T, Tm^2)
1.18134   1.18134   8.83139          0          0          0
20:04:30  Преобразование для загрузки 19 статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
20:04:30  Распределение весов масс для загрузки: 19, активных масс: 414
X          Y          Z          UX          UY          UZ          (T, Tm^2)
1.18134   1.18134   8.83139          0          0          0
20:04:30  Преобразование для загрузки 20 статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
20:04:30  Распределение весов масс для загрузки: 20, активных масс: 414
X          Y          Z          UX          UY          UZ          (T, Tm^2)
1.18134   1.18134   8.83139          0          0          0
20:04:30  Определение форм колебаний для загрузки 17. Метод итерации
подпространств.
20:04:31  Количество выполненных итераций - 5
20:04:31  Сумма модальных масс в процентах: Mx = 77.01   My = 65.28   Mz =
99.94
20:04:31  Для загрузки 18 использованы результаты итерационного
процесса для загрузки 17.
20:04:31  Для загрузки 19 использованы результаты итерационного
процесса для загрузки 17.
20:04:31  Для загрузки 20 использованы результаты итерационного
процесса для загрузки 17.
20:04:31  Вычисление инерционных характеристик динамических загрузений
20:04:32  Вычисление динамических сил. Загрузка 17
Номер модуля динамики : 32, количество форм : 15
Номер статического загрузения : 8
Преобразование статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2016, изм.1
20:04:32  Для загрузки 17 не учитываются вычисленные формы, для которых
частота собственных колебаний больше предельного значения 1.75267 Гц
20:04:32  Вычисление динамических сил. Загрузка 18
Номер модуля динамики : 32, количество форм : 15
Номер статического загрузения : 9
Преобразование статических загрузений в массы :
0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6
Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2016, изм.1
20:04:32  Для загрузки 18 не учитываются вычисленные формы, для которых

```

частота собственных колебаний больше предельного значения 1.75267 Гц  
 20:04:32 Вычисление динамических сил. Загрузка 19  
 Номер модуля динамики : 32, количество форм : 15  
 Номер статического нагружения : 10  
 Преобразование статических нагружений в массы :  
 $0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6$   
 Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2016, изм.1

20:04:32 Для нагружения 19 не учитываются вычисленные формы, для которых частота собственных колебаний больше предельного значения 1.75267 Гц  
 20:04:32 Вычисление динамических сил. Загрузка 20  
 Номер модуля динамики : 32, количество форм : 15  
 Номер статического нагружения : 10  
 Преобразование статических нагружений в массы :  
 $0.8*L1+0.8*L2+0.8*L3+0.8*L4+0.8*L5+0.5*L6$   
 Расчет на ветровые нагрузки по СП 20.13330.2016, изм.1

20:04:32 Для нагружения 20 не учитываются вычисленные формы, для которых частота собственных колебаний больше предельного значения 1.75267 Гц  
 20:04:32 Накопление нагрузок.

Суммарные внешние нагрузки (Т, Тм)

20:04:32	X	Y	Z	UX	UY	UZ
1-	0	0	6.72787	-0.000120318	-0.000410827	0
2-	-0.000663785	-0.000555676	1.18691	0	0	0
3-	0	0	0.256	0	0	0
4-	0	0	0.88192	0	0	0
5-	0	0	0.623225	0	0	0
6-	0	0	2.18129	0	0	0
7-	0	0	2.6112	0	0	0
8-	-0.32211	0.05081	0	0.0686256	0.0906544	0
9-	0.284785	0.05081	0	0.0686256	-0.0660104	0
10-	0.026755	-0.28855	0	-0.087464	-0.0443288	0
11-	0.32774	0.02893	0	0.0511328	-0.0673864	0
12-	0	0	1.2	0	0	0
13-	0	0	1.2	0	0	0
14-	0	0	1.2	0	0	0
15-	0	0.06	0	0	0	0
16-	0	-0.06	0	0	0	0
17- 1	-0.250951	0.0403775	0	0	0	0
18- 1	0.221872	0.0403775	0	0	0	0
19- 1	0.0207052	-0.229905	0	0	0	0
20- 1	0.0207052	-0.229905	0	0	0	0

20:04:32 ВНИМАНИЕ: Дана сумма внешних нагрузок

без учета приложенных непосредственно на связи

20:04:32 ВНИМАНИЕ: Не учитывается нагрузка на жесткие вставки при задании

равномерно-распределенных нагрузок на стержневые элементы

20:04:32 Вычисление перемещений.

20:04:32 Потенциальная энергия (Тм)

20:04:32	1 -	0.000809147
20:04:32	2 -	0.000155777
20:04:32	3 -	4.02992e-005
20:04:32	4 -	1.65482e-005
20:04:32	5 -	7.31613e-006
20:04:32	6 -	8.96226e-005
20:04:32	7 -	0.00415531
20:04:32	8 -	0.000100719
20:04:32	9 -	9.48578e-005
20:04:32	10 -	7.26286e-005
20:04:32	11 -	0.00011225
20:04:32	12 -	0.00300717
20:04:32	13 -	0.01078
20:04:32	14 -	0.00127235

20:04:32 15 - 1.25361e-005  
 20:04:32 16 - 1.25361e-005  
 20:04:32 17 - 1 4.28657e-005  
 20:04:32 18 - 1 3.94256e-005  
 20:04:32 19 - 1 2.92415e-005  
 20:04:32 20 - 1 2.92415e-005  
 20:04:32 Сортировка перемещений  
 20:04:33 Контроль решения  
 20:04:33 Вычисление усилий  
 20:04:33 Сортировка усилий и напряжений  
 20:04:33 Вычисление сочетаний нагружений.  
 20:04:33 Вычисление усилий от комбинаций нагружений  
 20:04:33 Сортировка усилий и напряжений от комбинаций нагружений  
 20:04:34 Вычисление перемещений от комбинаций нагружений  
 20:04:34 Выбор расчетных сочетаний усилий по СП 20.13330.2011  
 20:04:34 В расчетных сочетаниях не учитываются комбинации нагружений  
 20:04:34 В расчетных сочетаниях не учитываются загрузки: 8-11  
 20:04:35 Выбор расчетных сочетаний перемещений по СП 20.13330.2011  
 20:04:35 В расчетных сочетаниях не учитываются комбинации нагружений  
 20:04:35 В расчетных сочетаниях не учитываются загрузки: 8-11  
 20:04:36 Выбор расчетных сочетаний прогибов в стержнях по СП 20.13330.2011  
 20:04:36 В расчетных сочетаниях не учитываются комбинации нагружений  
 20:04:36 В расчетных сочетаниях не учитываются загрузки: 8-11  
 20:04:36 **З А Д А Н И Е В Ы П О Л Н Е Н О**  
 Затраченное время : 0:00:09 ( 1 min )

Результаты автоматизированных расчетов приведены в виде коэффициентов использования  $K$ . Поясним физический смысл этого коэффициента. Любой набор нормативных требований может быть представлен в форме списка неравенства вида:

$$F(S, R) \leq 1,$$

где  $F$  – функция основных переменных;  $S$  – обобщенные нагрузки;  $R$  – обобщенные сопротивления. Ориентируясь на значение функции  $F$ , можно ввести понятие коэффициента использования сечения  $K$  и критерий проверки представить в виде:

$$\max K \leq 1,$$

включающего все необходимые проверки. Само значение  $K$  при этом определяет для элемента имеющийся запас прочности, устойчивости или другого нормируемого параметра несущей способности. Если требование норм выполняется с запасом, то коэффициент  $K$  равен относительной величине истощения нормативного требования (например,  $K=0,7$  соответствует запасу 30%). При невыполнении требований норм значение  $K > 1$  свидетельствует о нарушении того или иного требования, то есть

характеризует степень перегрузки. При определении несущей способности конструктивного элемента приводится значение  $K_{max}$  – максимального из обнаруженных значений  $K$ .

### Конструкторские расчеты колонн (пример)

На рис. 3.7 приведена цветовая индикация критического фактора  $K_{max}$  для колонн.

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменением №1

#### Конструктивная группа колонны. Элемент № 15 (наиболее нагруженный)

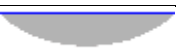
Сталь: С245

Длина элемента 2,32 м

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180 - 60\alpha$

Предельная гибкость для растянутых элементов: 400

Коэффициент условий работы 1

Количество закреплений сжатого пояса в пролете	Вид нагрузки в пролете	Эпюра М	Пояс, к которому приложена нагрузка
Без закреплений	Равномерно распределенная		Сжатый

Коэффициент надежности по ответственности 1

Дополнительные коэффициенты условий работы	
Расчет на прочность при сейсмике	0
Расчет на устойчивость при сейсмике	0
При особых (не сейсмических) воздействиях	1
Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1

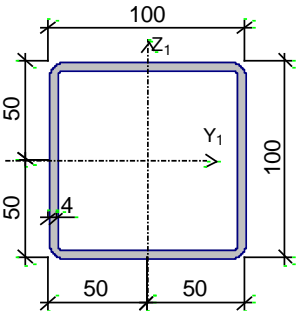
Неупругая работа сечения не допускается

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OZ_1$  1

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OY_1$  1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба 2,32 м

#### Сечение


Профиль: Квадратные трубы по ГОСТ 12336-66 100x4

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования	Комбинация
п. 8.2.1	Прочность при действии	0,035	L1+L2+L3+L4+L5+

Результаты расчета	Проверка	Коэффициент использования	Комбинация
	изгибающего момента $M_y$		$0.9 \cdot L_6 + L_{18}$
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,005	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_{14} + 0.9 \cdot L_{15} + L_{17}$
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы $Q_y$	0,001	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_{14} + 0.9 \cdot L_{15} + L_{17}$
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы $Q_z$	0,007	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_6 + L_{19}$
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,046	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + 0.7 \cdot L_{13} + 0.7 \cdot L_{15} + L_{17}$
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости $XOY$ ( $XOU$ )	0,022	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + 0.7 \cdot L_{13} + 0.7 \cdot L_{15} + L_{17}$
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости $XOZ$ ( $XOV$ )	0,022	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + 0.7 \cdot L_{13} + 0.7 \cdot L_{15} + L_{17}$
пп. 9.2.8, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость в плоскости действия момента $M_z$ при внецентренном сжатии	0,006	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_{14} + 0.9 \cdot L_{15} + L_{17}$
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,049	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + 0.7 \cdot L_{13} + 0.7 \cdot L_{15} + L_{17}$
пп. 9.2.4, 9.2.5, 9.2.8, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость из плоскости действия момента $M_z$ при внецентренном сжатии	0,006	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_{14} + 0.9 \cdot L_{15} + L_{17}$
п. 7.1.1	Прочность при центральном сжатии/растяжении	0,019	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + 0.7 \cdot L_{13} + 0.7 \cdot L_{15} + L_{17}$
п. 8.4.1	Устойчивость плоской формы изгиба	0,037	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.7 \cdot L_6 + 0.9 \cdot L_7 + L_{19}$
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости $XOY$	0,401	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + L_{17}$
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости $XOZ$	0,401	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + L_{17}$
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,407	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_7 + L_{17}$
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,565	$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 0.9 \cdot L_6 + L_{19}$

**Коэффициент использования 0,565 - Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости**

Сформулируем выводы по расчетам колонн:

1. При действии проектных эксплуатационных нагрузок несущая способность колонн обеспечена с коэффициентом использования 0,57.

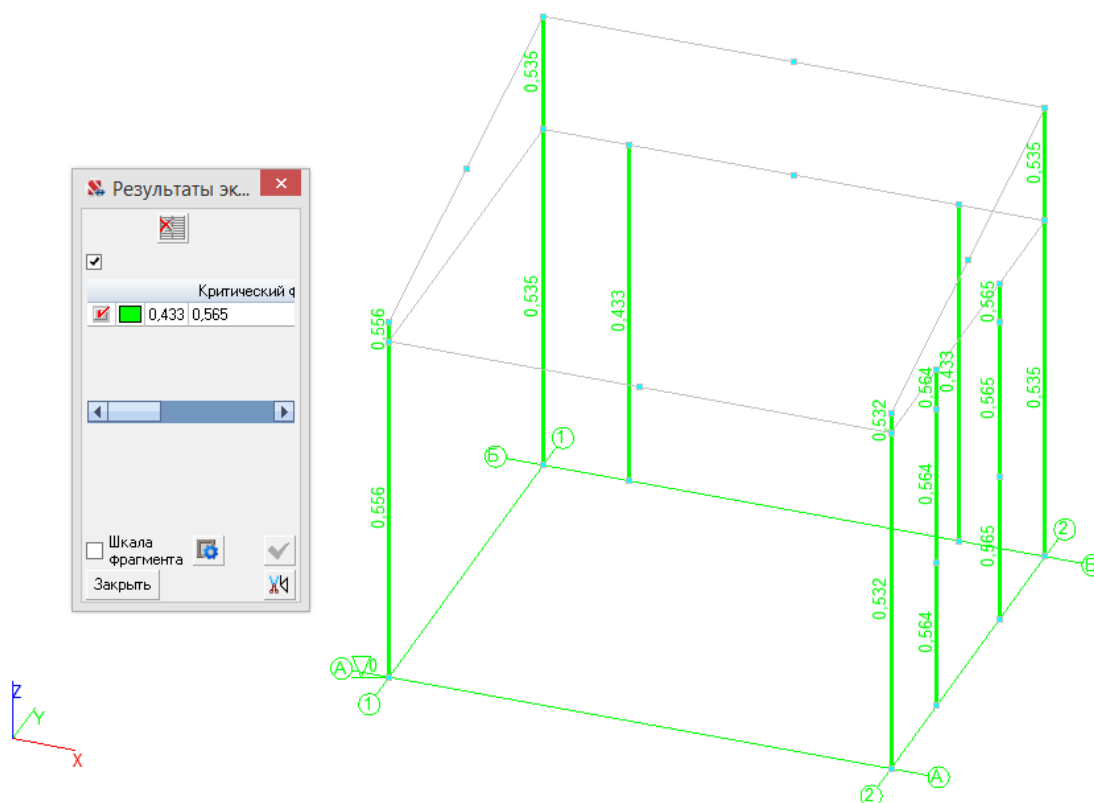


Рис. 3.7. Критический фактор  $K_{max}$  для колонн

### Примерный перечень вопросов на зачет

#### Критерии оценки ответов на зачете

1. Нагрузки, сочетания нагрузок.
2. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: вертикальные нагрузки.
3. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: горизонтальные нагрузки.
4. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: сейсмические воздействия.
5. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: температурный перепад и усадка бетона.
6. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: неточность монтажа и изготовления.
7. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: продольный изгиб.
8. Нагрузки, воздействия и предельные перемещения: предельные перемещения.
9. Расчет несущих систем по деформированной схеме и на устойчивость. Пространственная несущая система с перекрытиями, жесткими в своей плоскости.
10. Влияние податливости перекрытий в своей плоскости на общую

устойчивость многоэтажного здания.

11. Конструкции наружных стен.
12. Примеры решения узлов и деталей конструкций.
13. Вертикальный транспорт.
14. Нагрузки и воздействия.
15. Основные принципы расчёта надземной части.
16. Программный комплекс SCAD Office.
17. Расчёт вертикальных несущих конструкций.
18. Определение перекосов этажных ячеек здания.
19. Защита от прогрессирующего обрушения.
20. Практика и перспективы применения трубобетона.
21. Сталежелезобетонные конструкции междуэтажных перекрытий.
22. Расчёт монолитных перекрытий с применением программного комплекса SCAD Office.
23. Аэродинамические испытания макетов высотных зданий.
24. Методические принципы моделирования аэродинамики высотных зданий в аэродинамических трубах.
25. Обеспечение термической трещиностойкости и водонепроницаемости массивных фундаментов.
26. Повышение надёжности железобетонных конструкций при чрезвычайных ситуациях.
27. Пример конструктивной схемы: жилой дом «Эдельвейс».
28. Пример конструктивной схемы: радиотелевизионная башня в Останкино

**«ЗАЧТЕНО»** выставляется обучающемуся, если:

1. Содержание ответа соответствует вопросу.
2. Ответ четко структурирован и выстроен в определенной логике.
3. Продемонстрировано знание материала.
4. Показано умелое использование категорий и терминов.
5. Видно достаточное владение материалом, изложение отчасти сопровождается адекватными примерами и иллюстрациями

**«НЕЗАЧТЕНО»** выставляется обучающемуся, если:

1. Ответ представляет собой текст без структурирования, части ответа не взаимосвязаны.
2. Продемонстрировано крайне слабое знание материала, имеются грубые фактические ошибки.

Разработчик

\_\_\_\_\_

подпись

Р.В. Шалгинов  
инициалы, фамилия