ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС РАБОТ СРЕДИ СТУДЕНТОВ И ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ С АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ «STEEL2REAL-2019»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Конструктивные решения стального каркаса здания детского сада в Московской области.»

Код участника И_001009

2019

Оглавление

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 3
2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ 4
3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ 5
4. НОРМОТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ССЫЛКИ 8
5. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА 9
6. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ 12
6.1 Положения к сбору нагрузок 12
6.2 Сбор постоянных нагрузок 14
6.3 Сбор временных нагрузок 18
6.3.1 Полезная временная нагрузка на плиты перекрытия 18
6.3.2 Снеговая нагрузка 19
6.3.3 Ветровая нагрузка 22
7. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАРКАСА 32
7.1 Параметры расчетной модели 32
7.2 Статический расчет схемы на действующие нагрузки 34
7.2.1 Усилия от комбинации загружений “постоянные + временные (без ветра)” 34
7.2.2 Усилия от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром X + пульсация)” 39
7.2.3 Усилия от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром У + пульсация)” 44
7.2.4 Перемещения от комбинации загружений “постоянные + временные (без ветра)” 49
7.2.5 Перемещения от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром X + пульсация)” 52
7.2.6 Перемещения от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром У + пульсация)” 55
7.3 Подбор сечений элементов 58
7.3.1 Параметры подбора сечений колонн 58
7.3.2 Параметры подбора сечений балок 61
8. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ 68
8.1 Узел сопряжения колонны с фундаментом 68
8.2 Рамный узел сопряжения балок с колоннами 70
9. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ 73
10. ПОДБОР МНОГОПУСТОНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ 77

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Проект «Конструктивные решения стального каркаса здания детского сада в Московской области» выполнен на основании исходных данных конструкторского кейса, выданного организаторами конкурса Steel2Real 2019 организацией «Ассоциация развития стального строительства»

Конструктивные решения 3-х этажного здания детского сада на 240 мест, разработаны в соответствии с рекомендуемыми объемно-планировочными и архитектурными решениями на основании исходных данных на проектирование.

Чертежи разработаны в соответствии с действующими нормами, правилами и стандартами.

Исходные данные для проектирования, согласно заданию:

- район строительства г. Москва;
- планировочные решения приняты согласно заданию;
- высота помещений согласно СП 252.1325800.2016 принята 3,6 и 4,5 м.
- назначение здания детский сад;
- этажность 2, 3 этажа;
- общая вместимость 240 мест;
- уровень ответственности здания II, нормальный (γ_n=1.0);
- расчетная снеговая нагрузка для III снегового района 180 кг/м^2;
- нормативная ветровая нагрузка для I ветрового района 23 кг/м^2;
- тип местности для определения ветровой нагрузки B;
- функциональное назначение кровли – неэксплуатируемая;
- конструкция перекрытий – сборные железобетонные плиты;

Класс сооружения - КС-2 по ГОСТ 27751-2014.

В соответствии с требованиями Федерального закона РФ №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях безопасности» в части обеспечения безопасности объекта принято:

- Степень огнестойкости здания – I по Федеральному закону от 22 июля 2009г №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и табл. 6.13 СП 2.13130.2012.
- Класс конструктивной пожарной опасности - С0 по «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности».
- Класс по функциональной безопасности – Ф4.1.
- Класс пожарной опасности строительных конструкций – К0.

2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

Детский сад, согласно предложенной архитектурной концепции, представляет собой сложное в плане здание, состоящие из трех блоков прямоугольной формы разной этажности. Крайние блоки состоят из трех этажей, высота каждого 3,6м. Центральный блок имеет 2 этажа, высота первого этажа 3,6м, высота второго этажа увеличена до 4,5м с целью проведения спортивно-оздоровительных мероприятий. Габариты здания в осях 57х30м.

Под зданием предусмотрен технический подвал для прокладки коммуникаций и инженерных сетей. Высота технического подвала принята 2,18м.

Покрытие детского сада представляет собой двускатную стропильную систему.

За относительную отметку 0,000 принята отметка верха чистого пола первого этажа. Относительная отметка верха колонн крайних блоков +10,580, среднего блока +7,880. Отметка верха покрытия крайних блоков +13,490 и +14,180, верх покрытия среднего блока выходит на отметку +11,480.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Конструктивная система каркаса здания

Каркас здания представляет собой рамную систему, состоящую из балок и колонн двутаврого сечения. Поверх балок укладываются сборные железобетонные многопустотные плиты перекрытия. Лестничные клетки имеют собственный стальной каркас рамного типа. Сопряжение элементов каркас (балок и колонн) между собой принято жестким. Опирание колонн на фундаменты принято жестким. Сопряжение основного каркаса с каркасом лестничных клеток - шарнирное. Сопряжение перекидных балок с основными балками – шарнирное.

Геометрическая неизменяемость каркаса в продольном направлении обеспечивается рамностью каркаса, в поперечном направлении – рамностью каркаса и совместной работой каркаса и железобетонных плит. Конструктивную модель детского сада см.рис. 1.

Конструктивная система покрытия здания

Несущие конструкции двускатной чердачной кровли представляют собой стропильную систему, состоящую из прогонов, балок, стоек, образующих в совокупности с системой горизонтальных и вертикальных связей жесткую пространственную конструкцию.

Стойки кровли устанавливать на плиты перекрытия, при помощи анкеров. По прогонам укладывать металлический профилированный настил.

Геометрическую неизменяемость покрытия в горизонтальной плоскости обеспечивает система горизонтальных связей.

Опирание прогонов и балок на средние стойки, принято шарнирным. На крайние стойки, прогоны и балки опираются по неразрезной схеме.

В данном проекте нагрузка от покрытия передается на чердачное перекрытие в виде сосредоточенных сил и равномерно-распределенной нагрузки. Моделирование покрытие в данной работе не производилось.

Описание конструкций здания

Фундамент - т.к. в условиях конкурса отсутствует задание на проектирование конструкций нулевого цикла, поэтому условно принимаем: монолитная плита толщиной 400мм. Бетон: класс - В25, марка по морозостойкости F100, марка по водонепроницаемости W8, арматура класса А500С, А240

Колонны каркаса – ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок из стали С245.

Ригели каркаса – ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок из стали С245.

Плиты перекрытий сборные железобетонные многопустотные плиты толщиной 220мм по ГОСТ 9561-2016.

Прогоны – ГОСТ 8240-97 Швеллеры с уклоном граней полок, сталь С245.

Балки покрытия – ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок из стали С245.

Связи покрытия – ГОСТ 8509-93 уголки стальные равнополочные горячекатаные из стали С245.

Покрытие – металлочерепица (холодный чердак)

Наружные стены - трехслойная сэндвич-панель МЕТАЛЛ ПРОФИЛЬ МП ТСП-Z-200-1000.

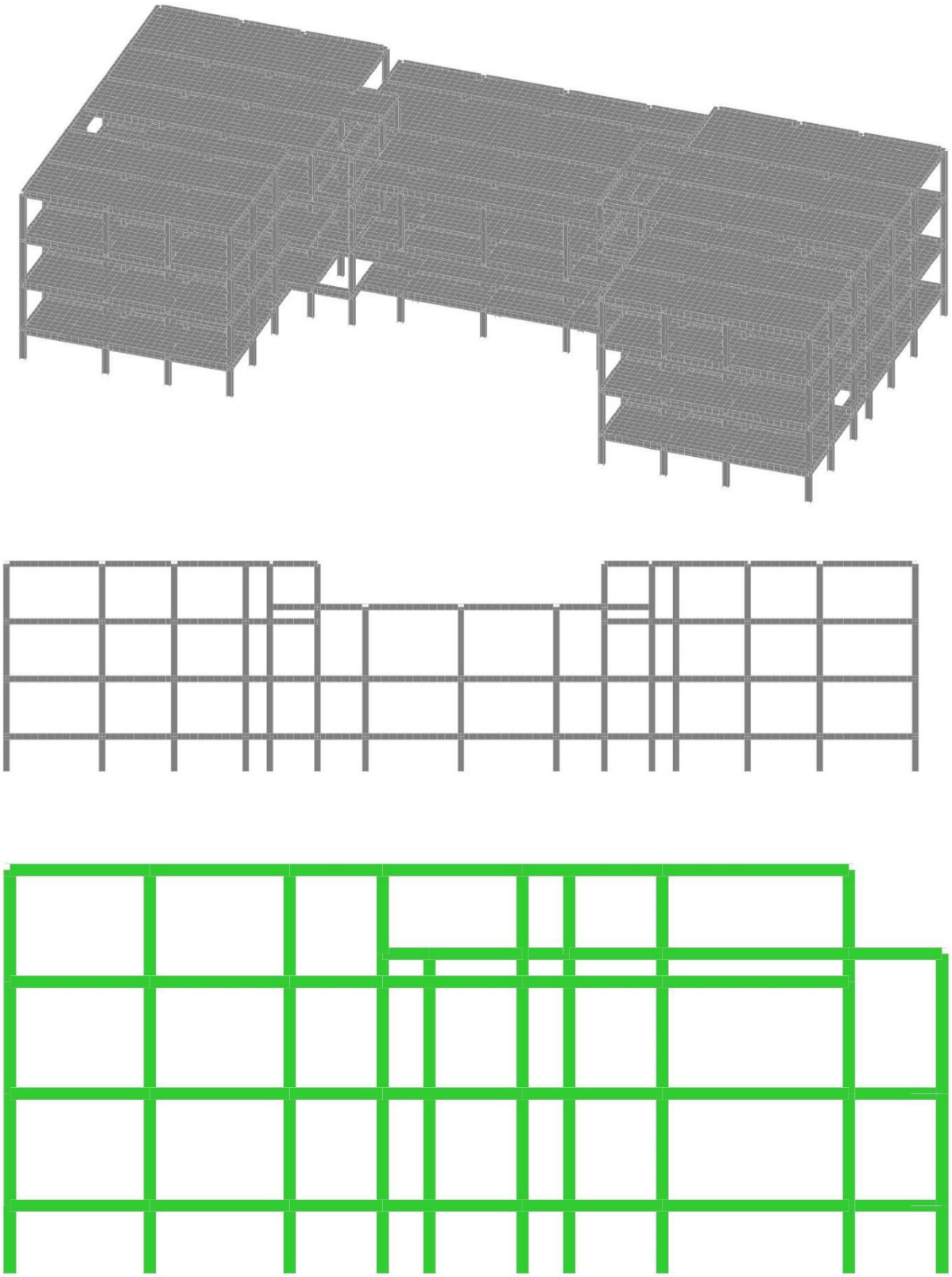


Рис.1. Конструктивная модель детского сада

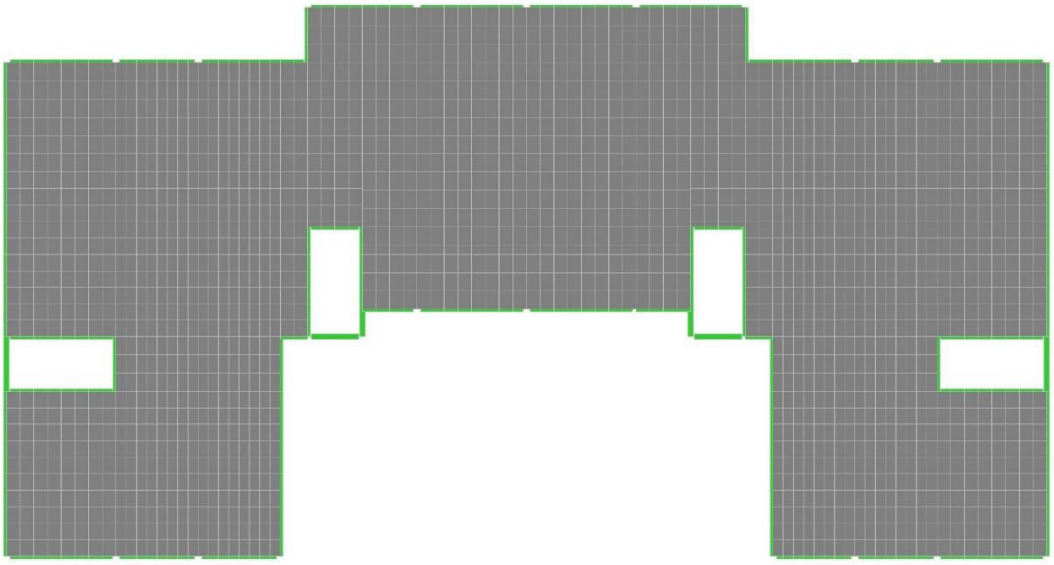


Рис.2. Планировка этажа детского сада

4. НОРМОТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ССЫЛКИ

- СП 16.13330.2011 Стальные конструкции.
- СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.
- СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции.
- ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
- ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок.
- ГОСТ 8240-97 Швеллеры с уклоном граней полок.
- ГОСТ 8509-93 Уголки стальные равнополочные горячекатаные.
- ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный.
- СП 252.1325800.2016 Здания дошкольных образовательных организаций.
- СП260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования.
- СП 2.13130.2012 Обеспечение огнестойкости объектов защиты
- СП 4.13130.2013 Ограничение распространения пожара на объектах защиты
- Пособие АРСС “Огнестойкость стальных несущих конструкций”.

5. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА

Расчет каркаса производился в программе SCAD 21.1. Расчетная схема детского сада представляет собой пространственную модель, состоящую из стержневых и пластинчатых элементов. Колонны и балка заданы стержневыми конечными элементами 5 типа. Соединение стержневых элементов между собой жесткое. В местах примыкания основного каркаса к каркасу лестничных клеток установлены шарниры. Сопряжение перекидных балок-шарнирное.

Пустотные плиты перекрытия для передачи нагрузки заданы плитными конечными элементами малой жесткости. В местах сопряжения плит перекрытия с балками заданы совпадающие узлы с объединением линейных перемещений X, Y, Z и угла поворота вокруг оси Z. Сопряжение плит перекрытия между собой задано объединением линейных перемещений X, Y, Z и углов поворота вокруг осей X и Z. Узел сопряжения колонн с фундаментами жесткий.

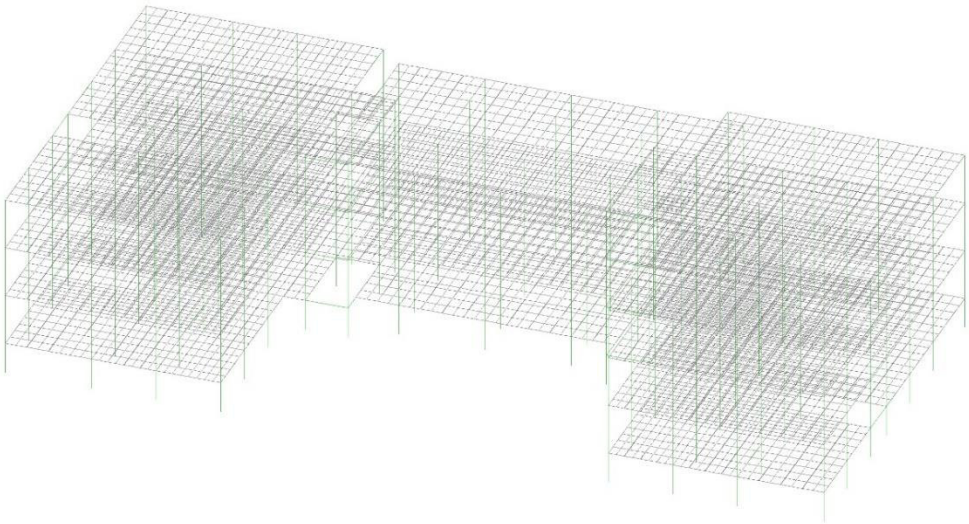


Рис.3. Расчетная модель

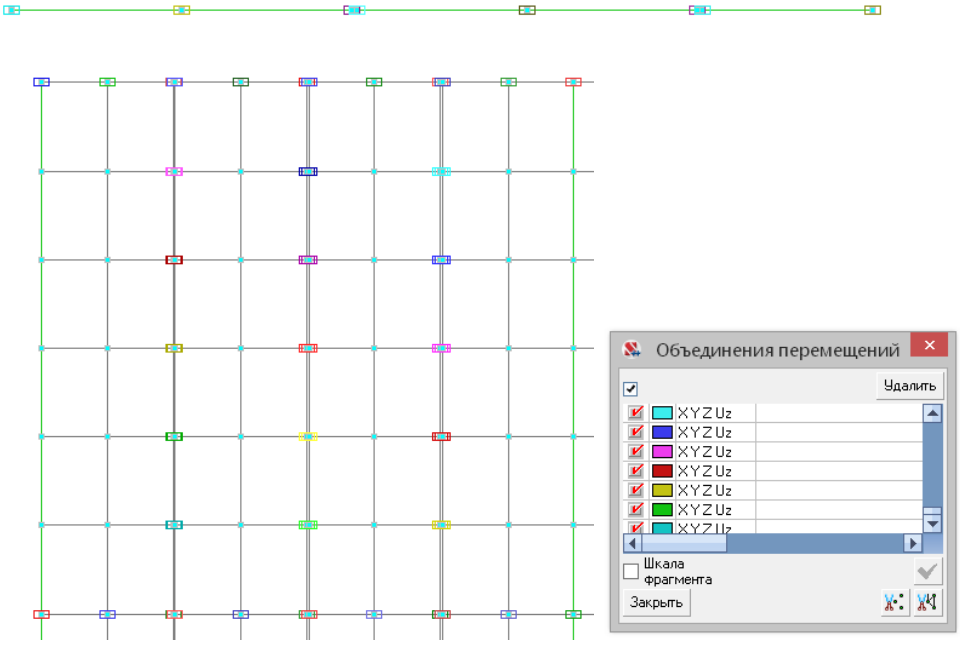
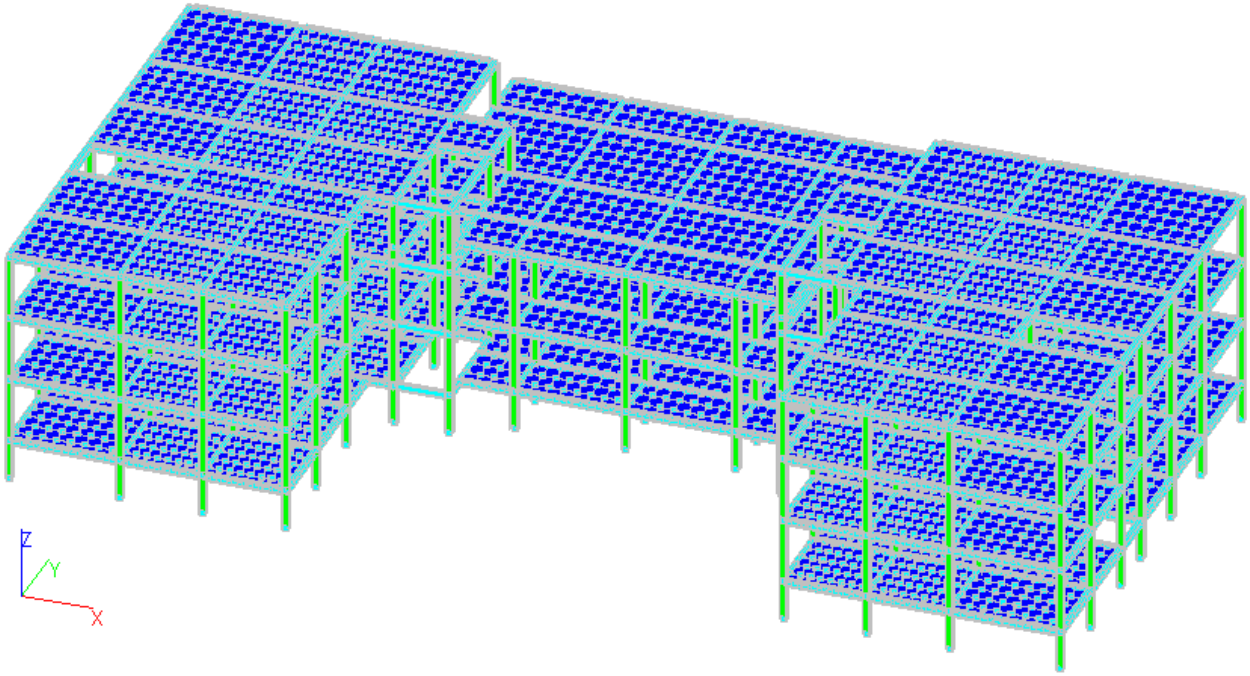


Рис.4. Модель сопряжение плит перекрытия с балкой

Рис.5. Модель сопряжение плит перекрытия между собой



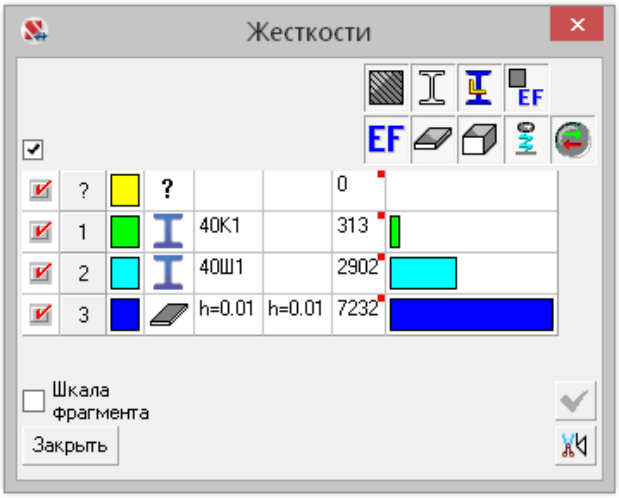


Рис.6. Предварительные жесткостные характеристики расчетной модели для статического расчета

6. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

6.1 Положения к сбору нагрузок

Сбор нагрузок произведён с учетом требования СП 20.13330.2011. Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок приняты по таблице 8.3 СП 20.13330.2011, коэффициенты надежности по нагрузке для равномерно распределённых нагрузок приняты по СП 20.13330.2011 п 8.2.2. Коэффициенты надежности по нагрузке для веса строительных конструкций приняты по СП 20.13330.2011 табл. 7.1.

<u>Положения, принятые при сборе нагрузок:</u>

- Стены – по приложению к конкурсному заданию;
- Наружные стены допускается принимать не передающими вертикальную нагрузку на каркас (самонесущие каркасно-обшивные стены);
- Кровля – металлочерепица (холодный чердак) – нагрузкой от металлочерепицы допускается пренебречь;
- Покрытие полов – 120 кг/кв.м
- Люди и оборудование – по СП 20.13330.2011

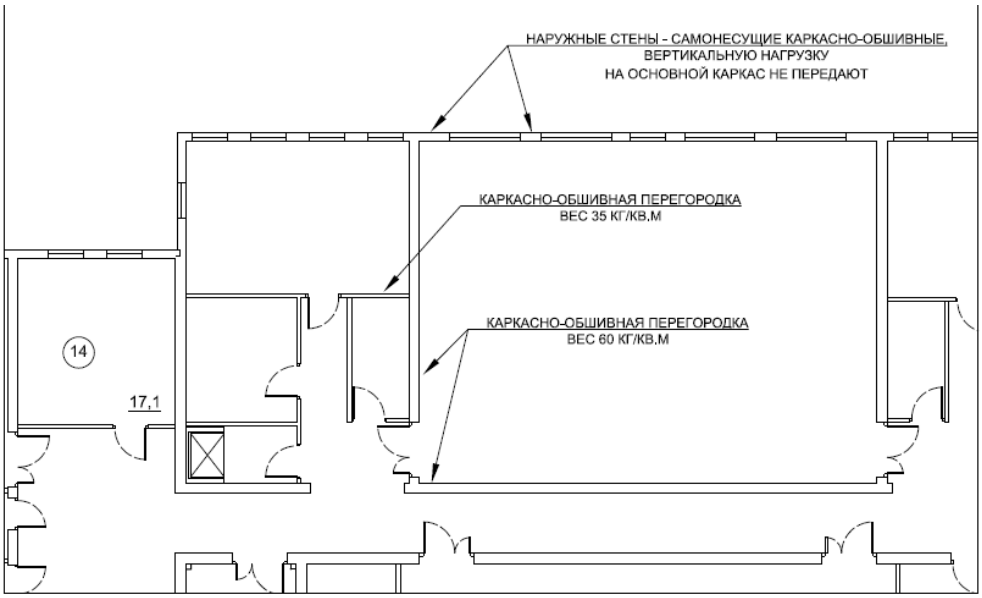


Рис.7. К сбору нагрузок от веса перегородок и стен

Таблица 1 «Нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий, лестницы и полы на грунтах»

N п.п.	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок , кПа
1	Квартиры жилых зданий; спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы	1,5
2	Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений	2,0
3	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	Не менее 2,0
4	Залы: а) читальные б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.) в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные, фитнес-центры, бильярдные г) торговые, выставочные и экспозиционные	 2,0 3,0 4,0 Не менее 4,0
5	Книгохранилища; архивы	Не менее 5,0
6	Сцены зрелищных предприятий	Не менее 5,0
7	Трибуны: а) с закрепленными сиденьями б) для стоящих зрителей	 4,0 5,0
8	Чердачные помещения	0,7
9	Покрытия на участках: а) с возможным скоплением людей (выходящих из производственных помещений, залов, аудиторий и т.п.) б) используемых для отдыха в) прочих	 4,0 1,5 0,5
10	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки: а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии) б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздействие которой не благоприятнее, чем определяемое по 10, а	 4,0 2,0
11	Участки обслуживания и ремонта оборудования в производственных	Не менее 1,5

	помещениях	
12	Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях: а) 1, 2 и 3 б) 4, 5, 6 и 11 в) 7	 3,0 4,0 5,0
13	Перроны вокзалов	4,0
14	Помещения для скота: а) мелкого б) крупного	 Не менее 2,0 Не менее 5,0

Примечания

1 Нагрузки, указанные в поз.8, следует учитывать на площади, не занятой оборудованием и материалами.

2 Нагрузки, указанные в поз.9, не следует учитывать одновременно со снеговой нагрузкой.

3 Нагрузки, указанные в поз.10, следует учитывать при расчете несущих конструкции балконов (лоджий) и участков стен в местах защемления этих конструкций. При расчете нижележащих участков стен, фундаментов и оснований нагрузки на балконы (лоджии) следует принимать равными нагрузкам примыкающих основных помещений зданий и снижать их с учетом указаний 8.2.4 и 8.2.5.

4 Нормативные значения нагрузок для зданий и помещений, указанных в позициях 3, 4г, 5, 6, 11 и 14, следует принимать по строительному заданию на основании технологических решений.

Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f для равномерно распределенных нагрузок следует принимать:

1,3 - при полном нормативном значении менее 2,0 кПа;

1,2 - при полном нормативном значении 2,0 кПа и более.

6.2 Сбор постоянных нагрузок

Собственный вес несущих конструкций каркаса собран автоматически в программе, исходя из жесткости элементов, коэффициент надежности по нагрузке для веса стальных конструкций y_f=1,05.

Таблица 2 «Постоянная нагрузка на плиты перекрытия от веса конструкций полов кг/м^2»

Вид нагрузки	Нормат. нагрузка, кг/м^2	γ_f	Расчетная нагрузка, кг/м^2
Постоянная			
Собственный вес пустотных плит t=220 мм. (с учетом заделки швов)	380	1,1	418
Покрытие полов (по заданию)	120	1,3	156
Ц/п стяжка t=50мм, 1800кг/м^3	90	1,3	117
ИТОГО ПОСТОЯННАЯ	590		691

Нагрузка от веса перегородок внутри одного помещения задается по всей площади плиты.

Таблица 3 «Постоянная нагрузка от веса перегородок кг/м^2»

Вид нагрузки	Нормат. нагрузка, кг/м^2	γ_f	Расчетная нагрузка, кг/м^2
Постоянная			
Каркасно-обшивная перегородка (по заданию 35кг/м.кв)	35	1,2	42
ИТОГО ПОСТОЯННАЯ	35		42

Нагрузка от веса перегородок, разделяющих одно помещение от другого задается равно распределённой погонной нагрузкой на стержневые элементы малой жесткостости.

Таблица 4 «Постоянная нагрузка от веса перегородок кг/м.»

Вид нагрузки	Нормат. нагрузка, кг/м	γ_f	Расчетная нагрузка, кг/м
Постоянная			
Каркасно-обшивная перегородка (по заданию 60кг/м.кв), h=3,6м,	216	1,2	259,2
Каркасно-обшивная перегородка (по заданию 60кг/м.кв), h=4,5м,	270	1,2	324

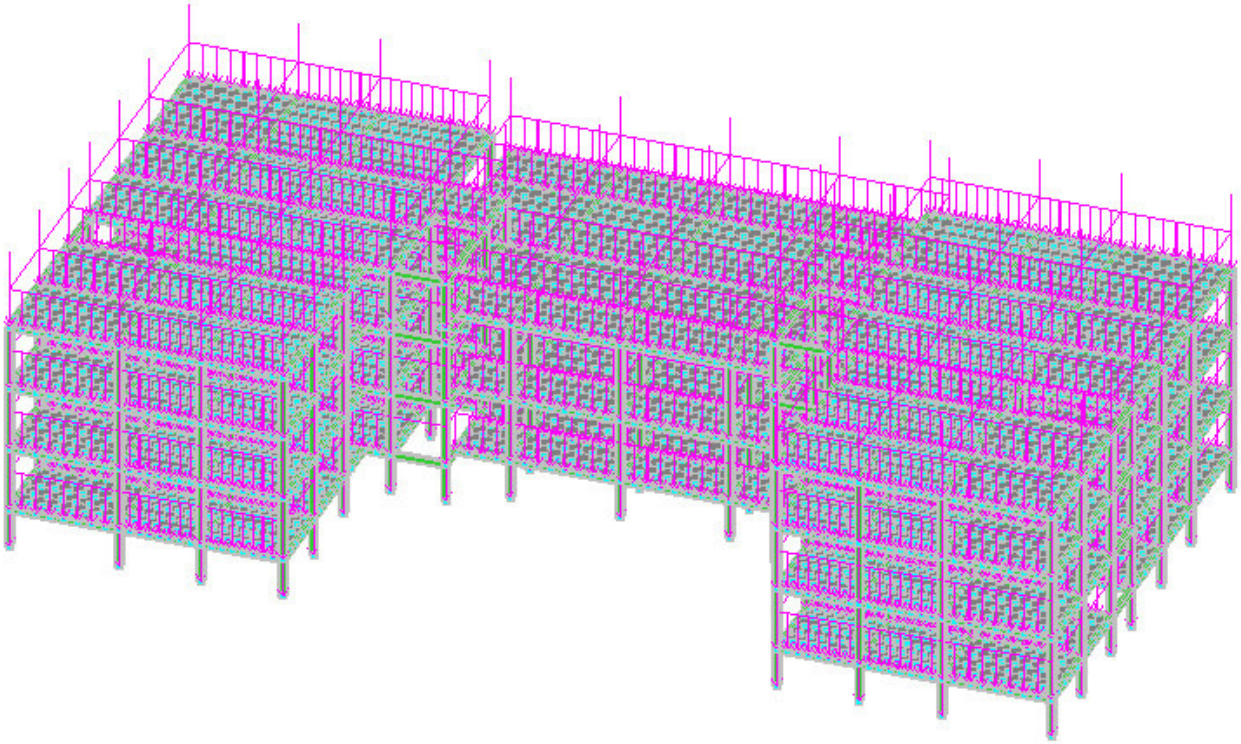


Рис.8. Задание нагрузок от собственного веса

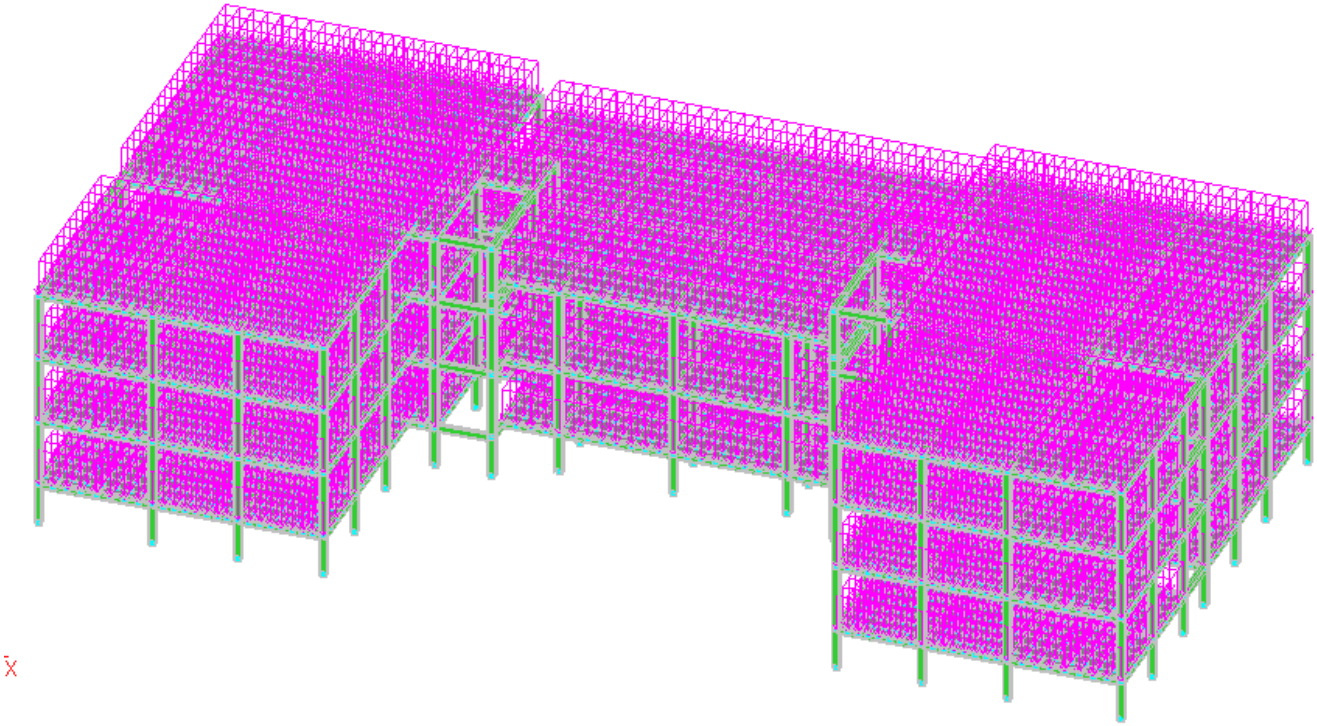


Рис.9. Задание нагрузок от веса плит перекрытия и конструкции пола

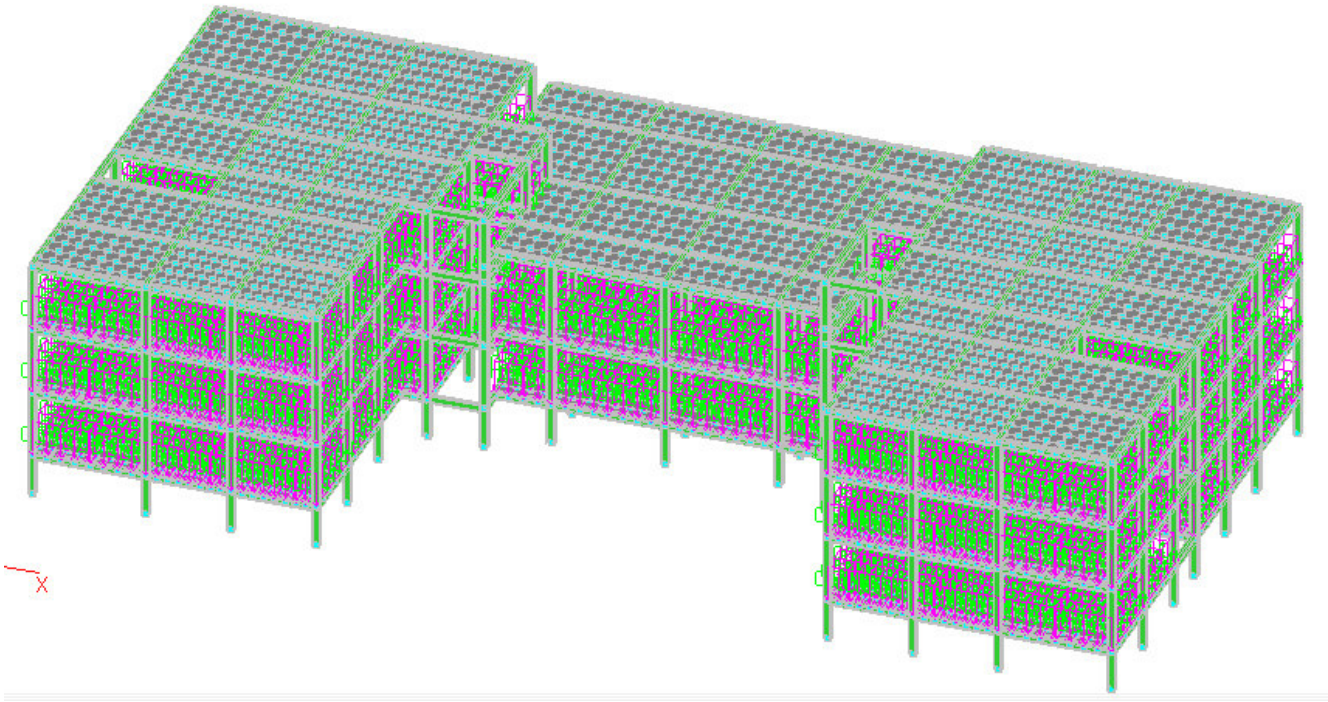


Рис.10. Задание нагрузок от веса перегородок по площади.

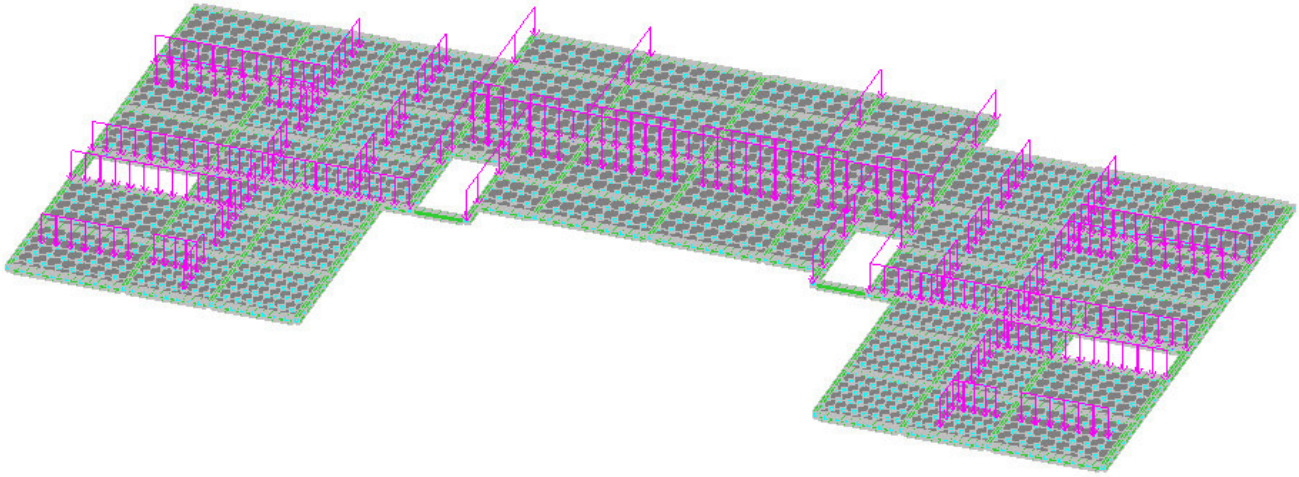


Рис.11. Задание нагрузок от веса перегородок на стержни малой жесткости

Расход стали на конструкции покрытия принят 40 кг/м^2. Шаг стоек покрытия совпадает с шагом рам основного каркаса, тогда нагрузка от металлических конструкций покрытия прикладываем как равномерно распределенная погонная нагрузка на балки каркаса с учетом шага рам. Расчетная нагрузка от конструкций покрытия: 40*1,05= 42 кг/м^2

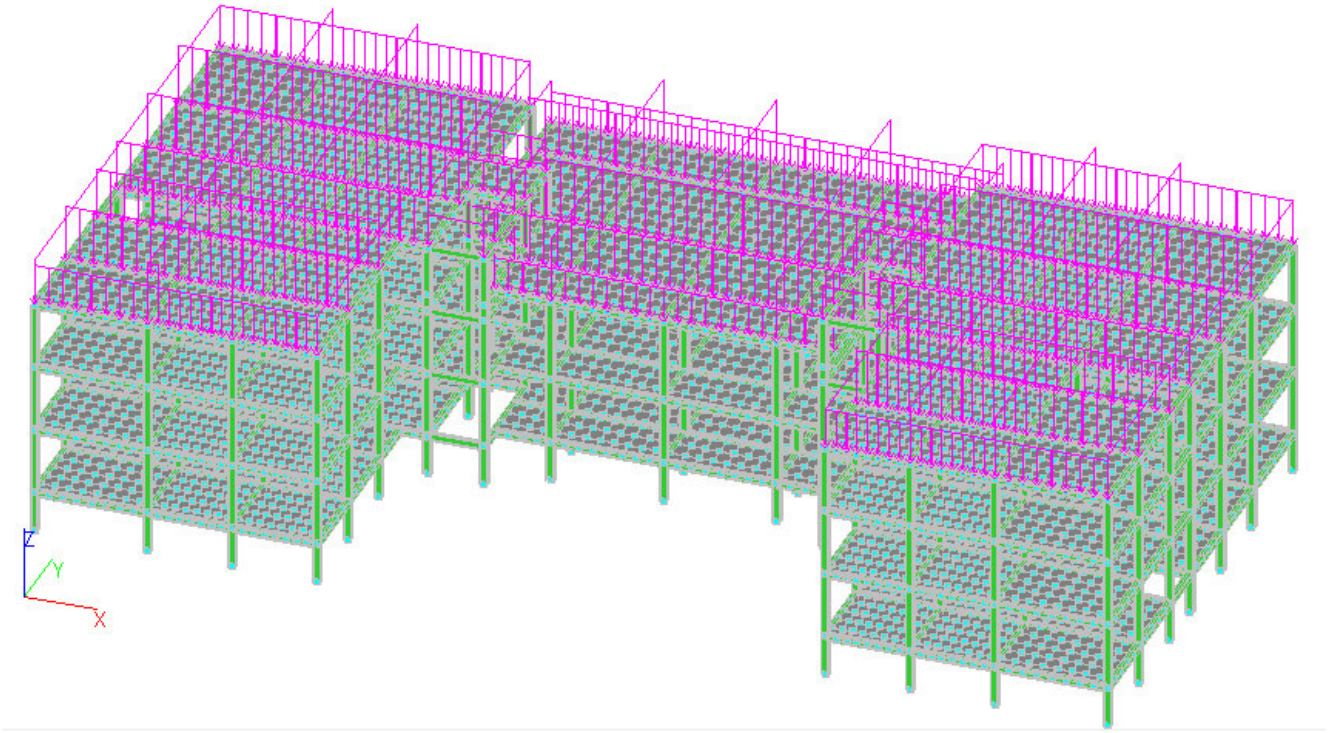


Рис.12. Задание нагрузок от веса покрытия

6.3 Сбор временных нагрузок

6.3.1 Полезная временная нагрузка на плиты перекрытия

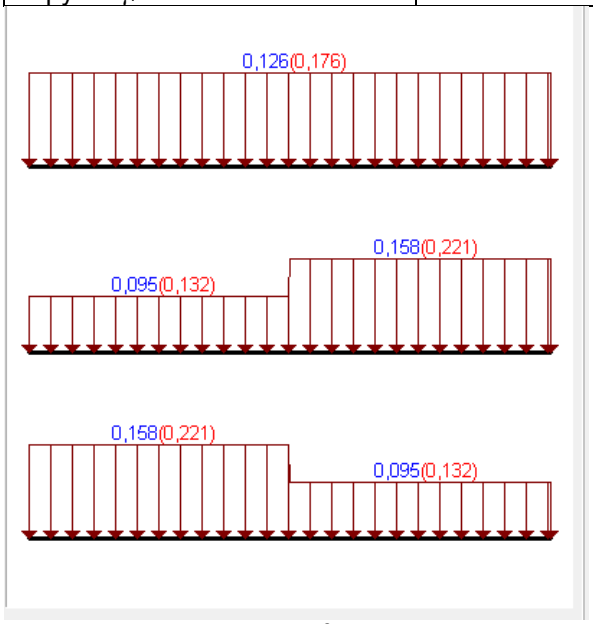
Таблица 5 «Полезные временные нагрузки на плиты перекрытия кг/м^2»

Вид нагрузки	Нормат. нагрузка, кг/м^2	γ_f	Расчетная нагрузка, кг/м^2
Спальные помещения детских дошкольных учреждений	150	1,3	195
Классные помещения, служебные и бытовые помещения, лаборатории, помещения ЭВМ, читальные залы, кухни общественных зданий, гардеробные, душевые, уборные.	200	1,3	260
Залы обеденные (в столовой)	300	1,2	360
Залы спортивные, актовые	400	1,2	480
Вестибюли, коридоры, лестницы	300	1,2	360
Коридоры, примыкающие к спортивным и актовым залам	300	1,2	360
Чердачные помещения	70	1,3	91

6.3.2 Снеговая нагрузка

Снеговая нагрузка для крайних блоков

Параметр	Значение	Единицы измерения
Местность		
Снеговой район	III	
Нормативное значение снеговой нагрузки	0,126	Т/м^2
Тип местности	В - Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Средняя скорость ветра зимой	4	м/сек
Средняя температура января	-10	°С
Здание		
Высота здания Н	16,6	м
Ширина здания В	27	м
h	3,6	м
α	20,266	град
L	19,5	м
Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением	Нет	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	



Единицы измерения : Т/м^2

Расчетное значение (II предельное состояние)

Расчетное значение (I предельное состояние)

Снеговая нагрузка для среднего блока

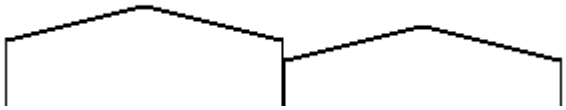
Параметр	Значение	Единицы измерения
Местность		
Снеговой район	III	
Нормативное значение снеговой нагрузки	0,126	Т/м^2
Тип местности	В - Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Средняя скорость ветра зимой	4	м/сек
Средняя температура января	-10	°С
Здание		
Высота здания Н	13,88	м
Ширина здания В	24	м
h	3,6	м
α	23,575	град
L	16,5	м
Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением	Нет	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	

Единицы измерения : Т/м^2

Расчетное значение (II предельное состояние)

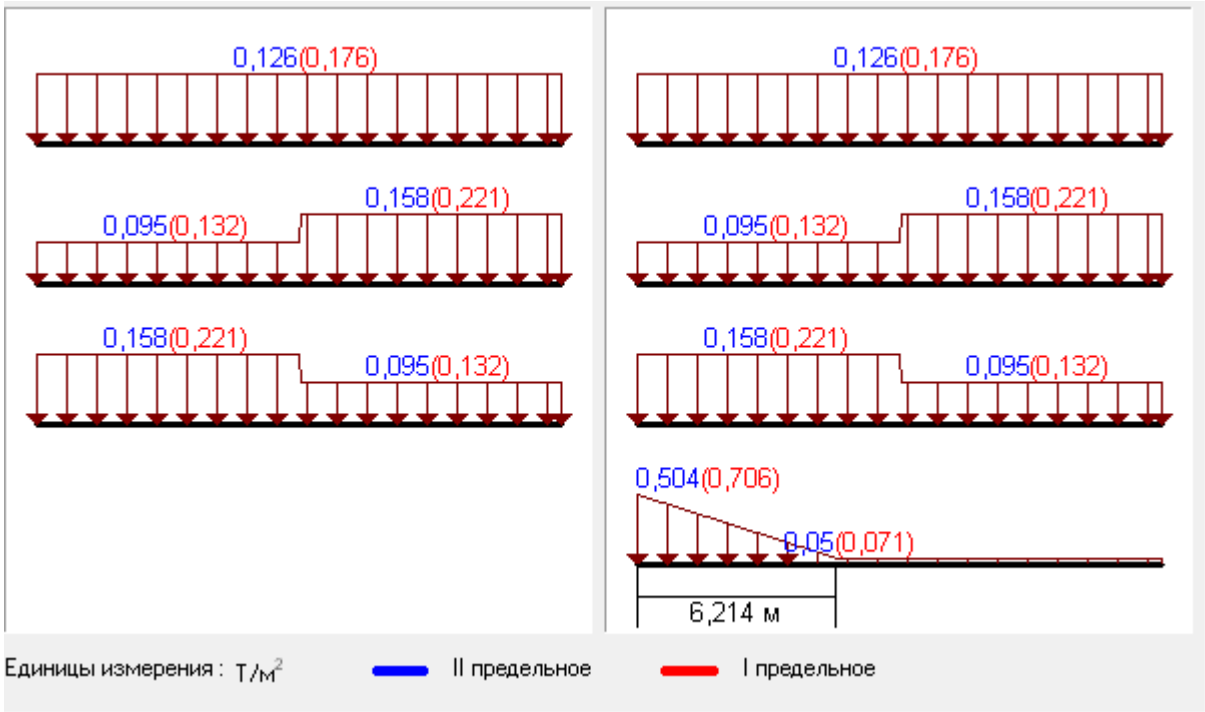
Расчетное значение (I предельное состояние)

Снеговая нагрузка с учетом перепада высот и снегового мешка



Параметр	Значение	Единицы измерения
Местность		
Снеговой район	III	
Нормативное значение снеговой нагрузки	0,126	Т/м^2
Тип местности	В - Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Средняя скорость ветра зимой	4	м/сек
Средняя температура января	-10	°С
Высота здания Н	16,6	м
Ширина здания В	27	м
h	3,6	м
α	20,266	град
L	19,5	м
Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением	Нет	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	
Правое здание		
Высота здания Н	13,88	м
Ширина здания В	24	м
h	3,6	м
α	23,575	град
L	16,5	м
Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением	Нет	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	

Перепад высот	2,72	м



Единицы измерения : Т/м^2
Расчетное значение (II предельное состояние)
Расчетное значение (I предельное состояние)

6.3.3 Ветровая нагрузка

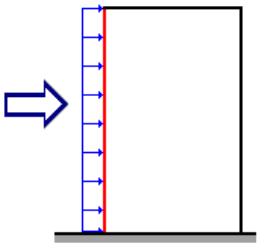
Нормативное значение ветровой нагрузки следует определять, как сумму средней и пульсационной составляющих

$$w = w_m + w_p$$

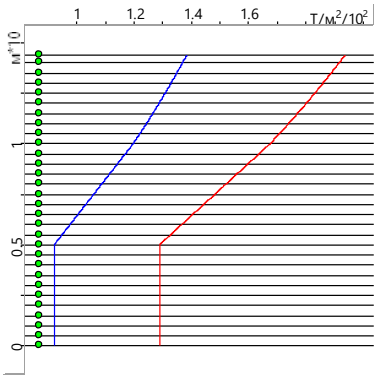
Ветровая нагрузка прикладывается как равномерно-распределенная по высоте здания от отметки 0,000 до верха колонн (10,580м). От верха колонн до верха покрытия (с отм. +10,580, до +14,180, l=3.6м) равномерно-распределённая нагрузка заменяется эквивалентной сосредоточенной силой, приложенной в уровне верха колонн. Величина равномерно-распределенной нагрузки определяется по грузовым площадям колонн.

Средняя составляющая ветрового давления до уровня верха покрытия наветренная сторона

Исходные данные	
Ветровой район	I
Нормативное значение ветрового давления	0,023 Т/м^2
Тип местности	В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности



Параметры		
Поверхность	Наветренная поверхность	
Шаг сканирования	0,5 м	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	
H	14,18	м

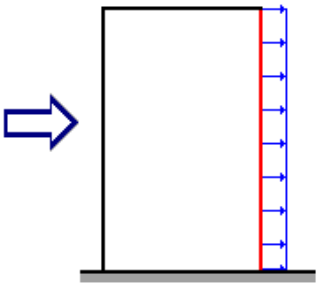


Высота (м)	Нормативное значение (Т/м^2)	Расчетное значение (Т/м^2)
0	0,009	0,013
0,5	0,009	0,013
1	0,009	0,013
1,5	0,009	0,013
2	0,009	0,013
2,5	0,009	0,013
3	0,009	0,013
3,5	0,009	0,013
4	0,009	0,013
4,5	0,009	0,013
5	0,009	0,013
5,5	0,009	0,013
6	0,01	0,014
6,5	0,01	0,014
7	0,01	0,014
7,5	0,011	0,015
8	0,011	0,015
8,5	0,011	0,016

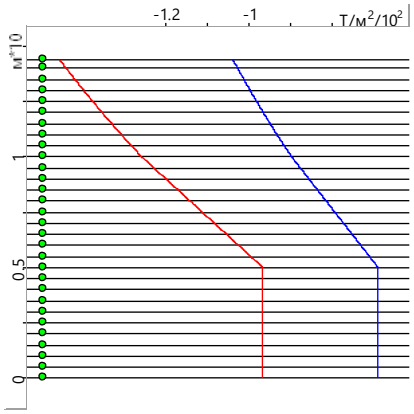
Высота (м)	Нормативное значение (Т/м²)	Расчетное значение (Т/м²)
9	0,011	0,016
9,5	0,012	0,016
10	0,012	0,017
10,5	0,012	0,017
11	0,012	0,017
11,5	0,013	0,018
12	0,013	0,018
12,5	0,013	0,018
13	0,013	0,019
13,5	0,013	0,019
14	0,014	0,019
14,18	0,014	0,019

Средняя составляющая ветрового давления до уровня верха покрытия подветренная сторона

Исходные данные	
Ветровой район	I
Нормативное значение ветрового давления	0,023 Т/м²
Тип местности	В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности



Параметры		
Поверхность	Подветренная поверхность	
Шаг сканирования	0,5 м	
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4	
H	14,18	м



Высота (м)	Нормативное значение (Т/м^2)	Расчетное значение (Т/м^2)
0	-0,007	-0,01
0,5	-0,007	-0,01
1	-0,007	-0,01
1,5	-0,007	-0,01
2	-0,007	-0,01
2,5	-0,007	-0,01
3	-0,007	-0,01
3,5	-0,007	-0,01
4	-0,007	-0,01
4,5	-0,007	-0,01
5	-0,007	-0,01
5,5	-0,007	-0,01
6	-0,007	-0,01
6,5	-0,008	-0,011
7	-0,008	-0,011
7,5	-0,008	-0,011
8	-0,008	-0,011
8,5	-0,008	-0,012
9	-0,009	-0,012
9,5	-0,009	-0,012
10	-0,009	-0,013
10,5	-0,009	-0,013
11	-0,009	-0,013
11,5	-0,009	-0,013
12	-0,01	-0,014
12,5	-0,01	-0,014
13	-0,01	-0,014
13,5	-0,01	-0,014
14	-0,01	-0,014
14,18	-0,01	-0,015

Пульсационная составляющая ветрового давления

Пульсационная составляющая собирается автоматически программой, путем преобразования статических загружений в массы (см.рис. 13, 14).

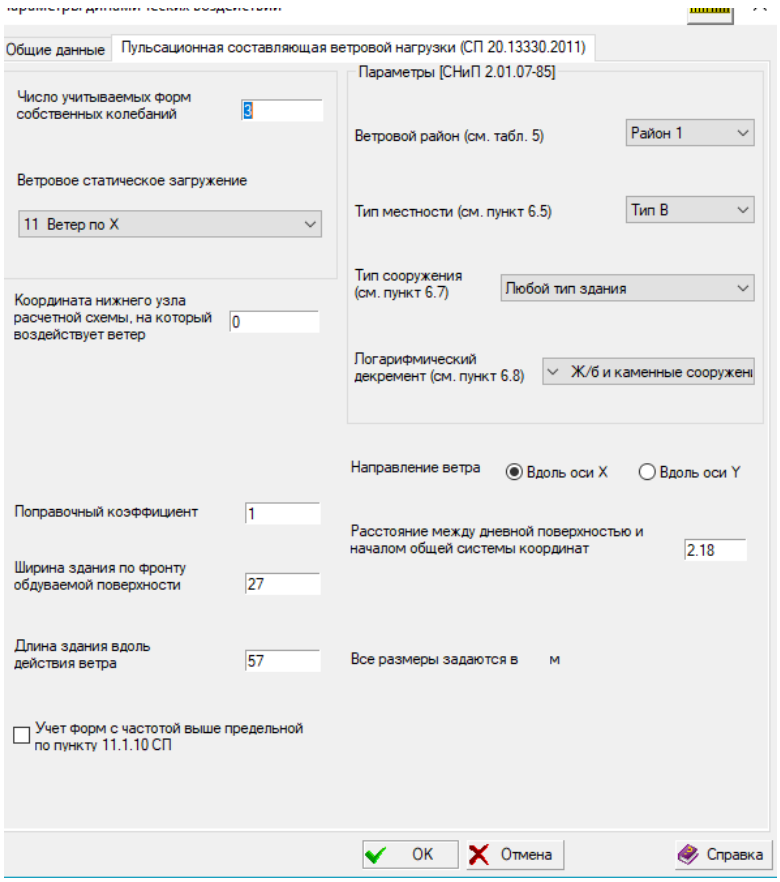


Рис.13. Пульсация по X

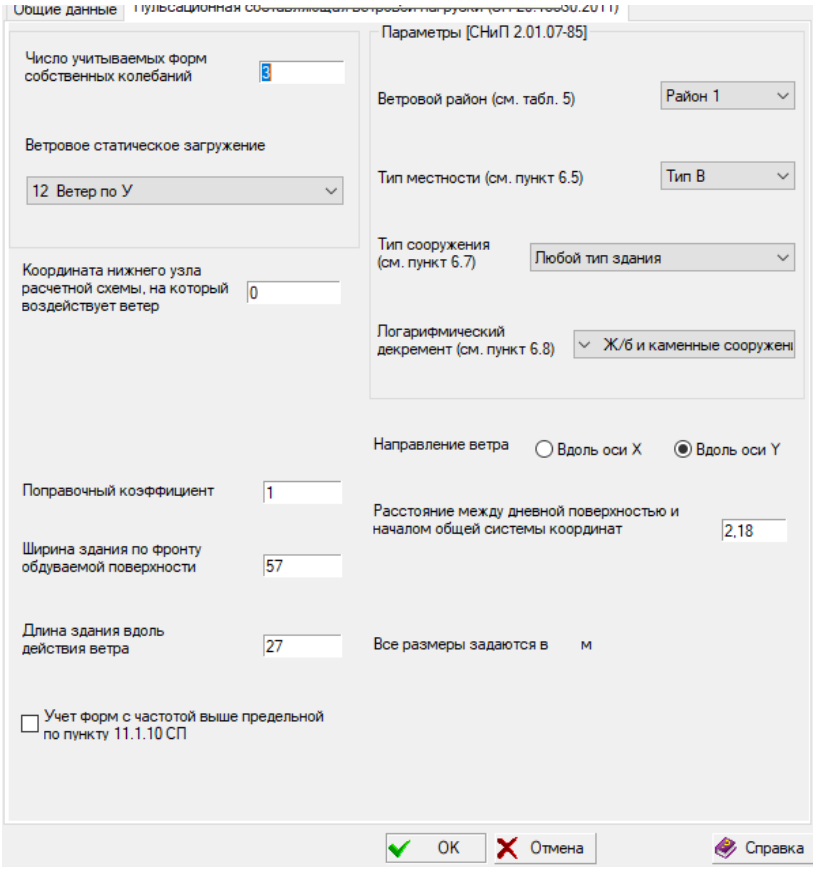


Рис.14. Пульсация по У

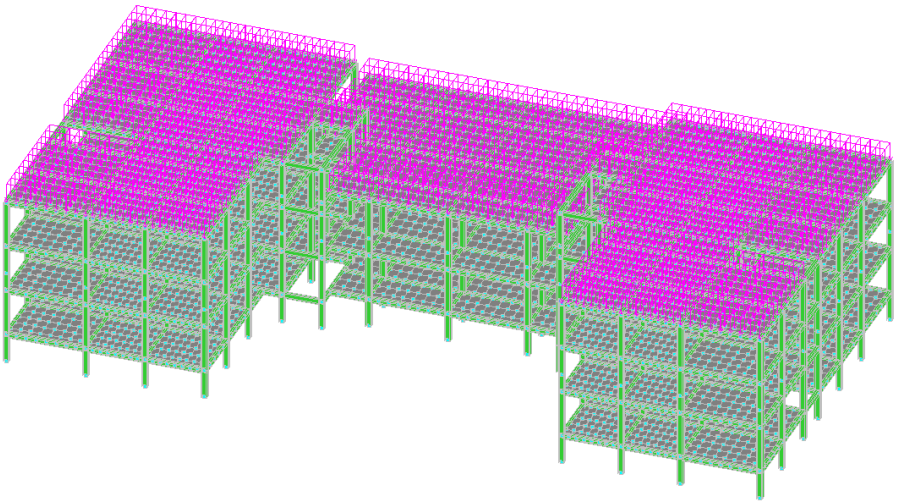
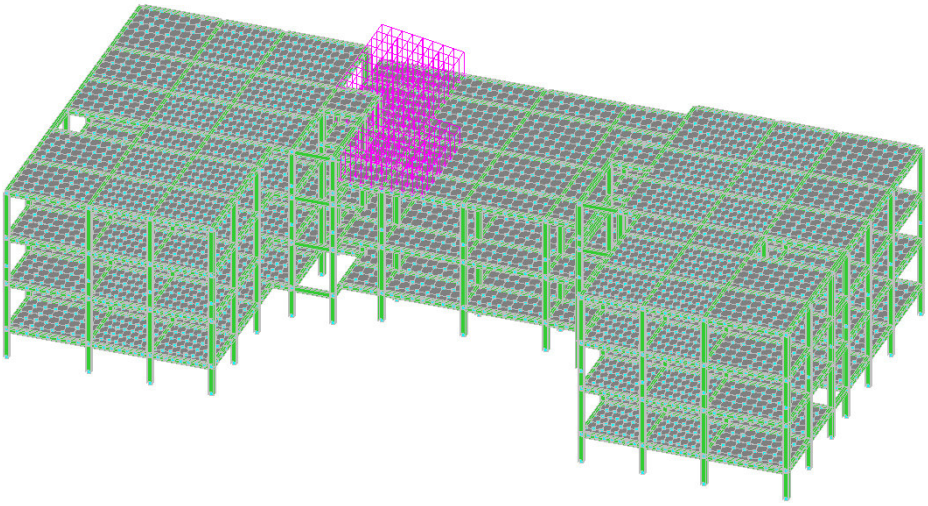


Рис.15. Задание нагрузок от веса снега



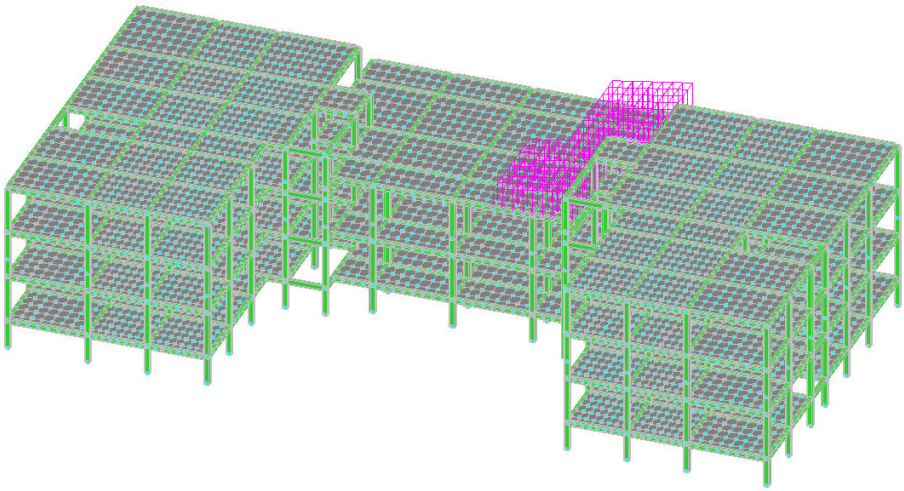


Рис.16. Задание нагрузок от веса снегового мешка

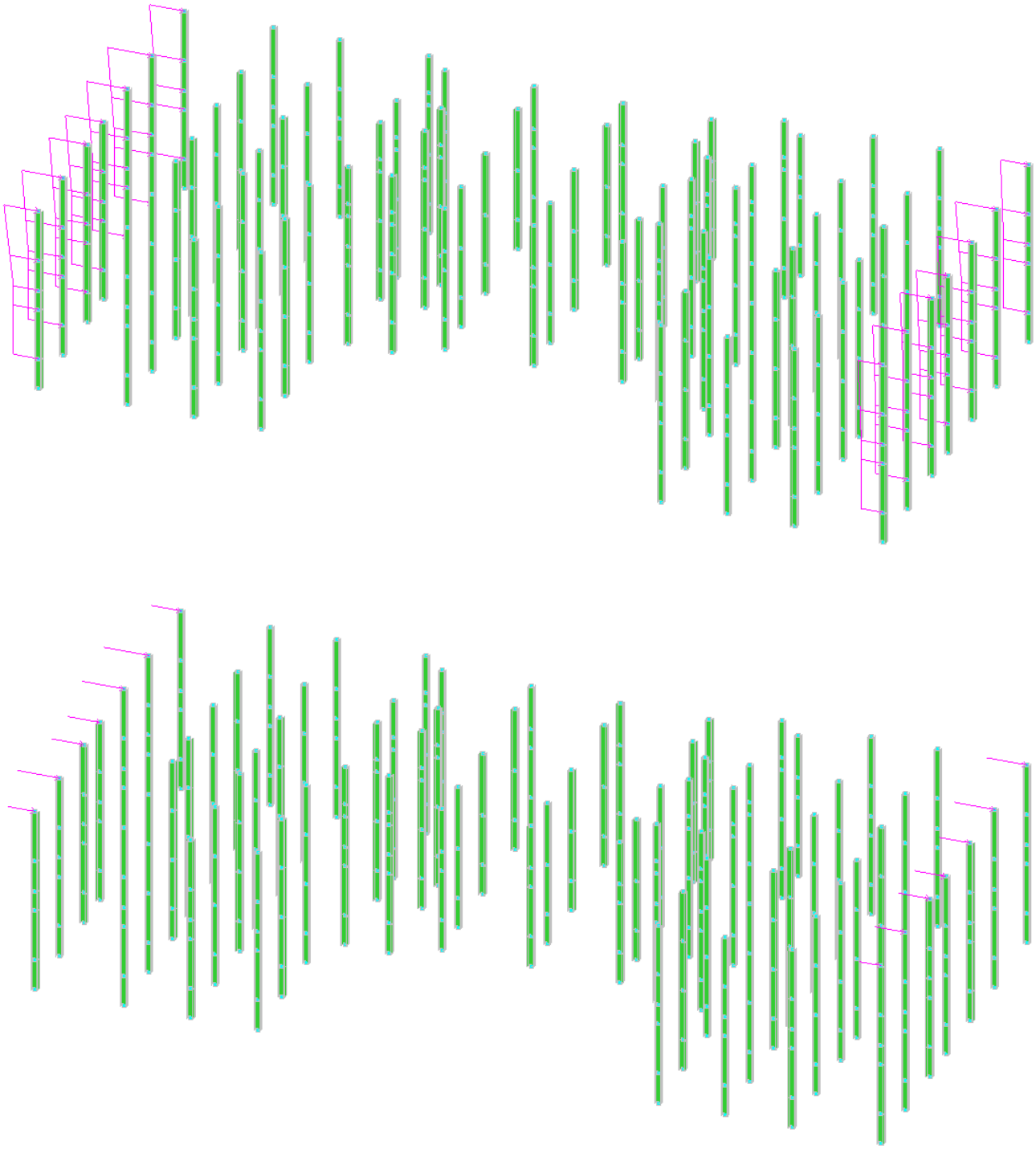


Рис.17. Ветер по X

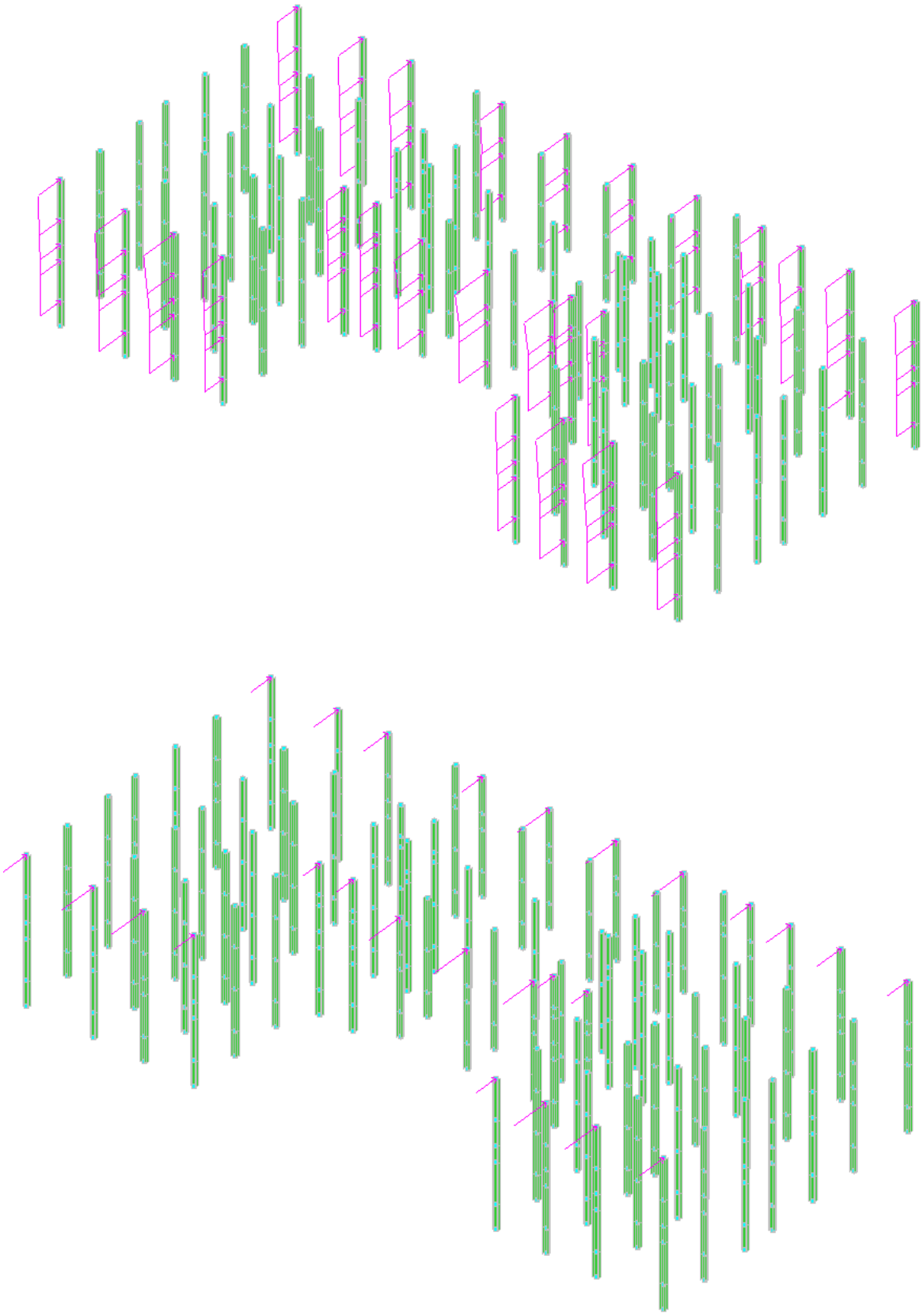


Рис.18. Ветер по Y

Таблица 6 «Нагрузки на каркас»

Имена загружений	
Номер	Наименование
1 (L1)	Собственный вес
2 (L2)	Собственный вес плит перекрытия
3 (L3)	Покрытие полов
4 (L4)	Каркасно-обшивная перегородка по площади
5 (L5)	Вес стен
6 (L6)	Вес покрытия
7 (L7)	Полезная временная
8 (L8)	Снег
9 (L9)	Снеговой мешок слева
10 (L10)	Снеговой мешок справа
11 (L11)	Ветер по X
12 (L12)	Ветер по У
13 (L13)	Пульсация+X
14 (L14)	Пульсация+Y

Из собранных загружений составляем комбинации, согласно заданию на проектирование;

- “постоянные + временные (без ветра)”,
- “постоянные + временные (с ветром X + пульсация)”,
- “постоянные + временные (с ветром Y + пульсация)”.

Таблица 7 «Комбинации загружений»

Комбинации загружений	
Номер	Формула
1	(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*0.9
2	(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*0.9+(L13)*0.9
3	(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*0.9+(L14)*0.9

Нагрузки, не вошедшие в комбинации загружений используются в расчетных сочетаниях усилий для подбора сечений элементов.

Таблица 8 «Расчетные сочетания усилий»

Расчетные сочетания усилий и перемещений

Загружения

	Активное загружение	Активное загружение в РСП	Наименование	Тип загружения	Вид нагрузки	Знакопеременные	Участвуют в групповых операциях: Объединения	Взаимоисключени	Сопутствия		Коэф. надежности	Доля длительности
1	✓	✓	Собственный вес	Постоянные на	Вес металличес						1,05	1
2	✓	✓	Собственный вес г	Постоянные на	Вес бетонных (						1,1	1
3	✓	✓	Покрытие полов	Постоянные на	Вес бетонных к						1,3	1
4	✓	✓	Каркасно-обшивна	Длительные на	Вес временных						1,2	1
5	✓	✓	Вес стен	Постоянные на	Вес бетонных к						1,2	1
6	✓	✓	Вес покрытия	Постоянные на	Вес металличес						1,05	1
7	✓	✓	Полезная временн	Кратковременн	Полные нагрузі						1,2	0,35
8	✓	✓	Снег	Кратковременн	Полные снегові						1,4	0,7
9	✓	✓	Снегвой мешок сле	Кратковременн	Полные снегові			✓			1,4	0,7
10	✓	✓	Снеговой мешок сг	Кратковременн	Полные снегові			✓			1,4	0,7
11			Ветер по X	Кратковременн	Ветровые нагр						1,4	0
12			Ветер по У	Кратковременн	Ветровые нагр						1,4	0
13	✓	✓	Пульсация+X	Кратковременн	Ветровые нагр	✓		✓			1,4	0
14	✓	✓	Пульсация+Y	Кратковременн	Ветровые нагр	✓		✓			1,4	0
15			(L1)*1+(L2)*1+(L3	Постоянные на	Другие						1	1
16			(L1)*1+(L2)*1+(L3	Постоянные на	Другие						1	1
17			(L1)*1+(L2)*1+(L3	Постоянные на	Другие						1	1

7. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАРКАСА

7.1 Параметры расчетной модели

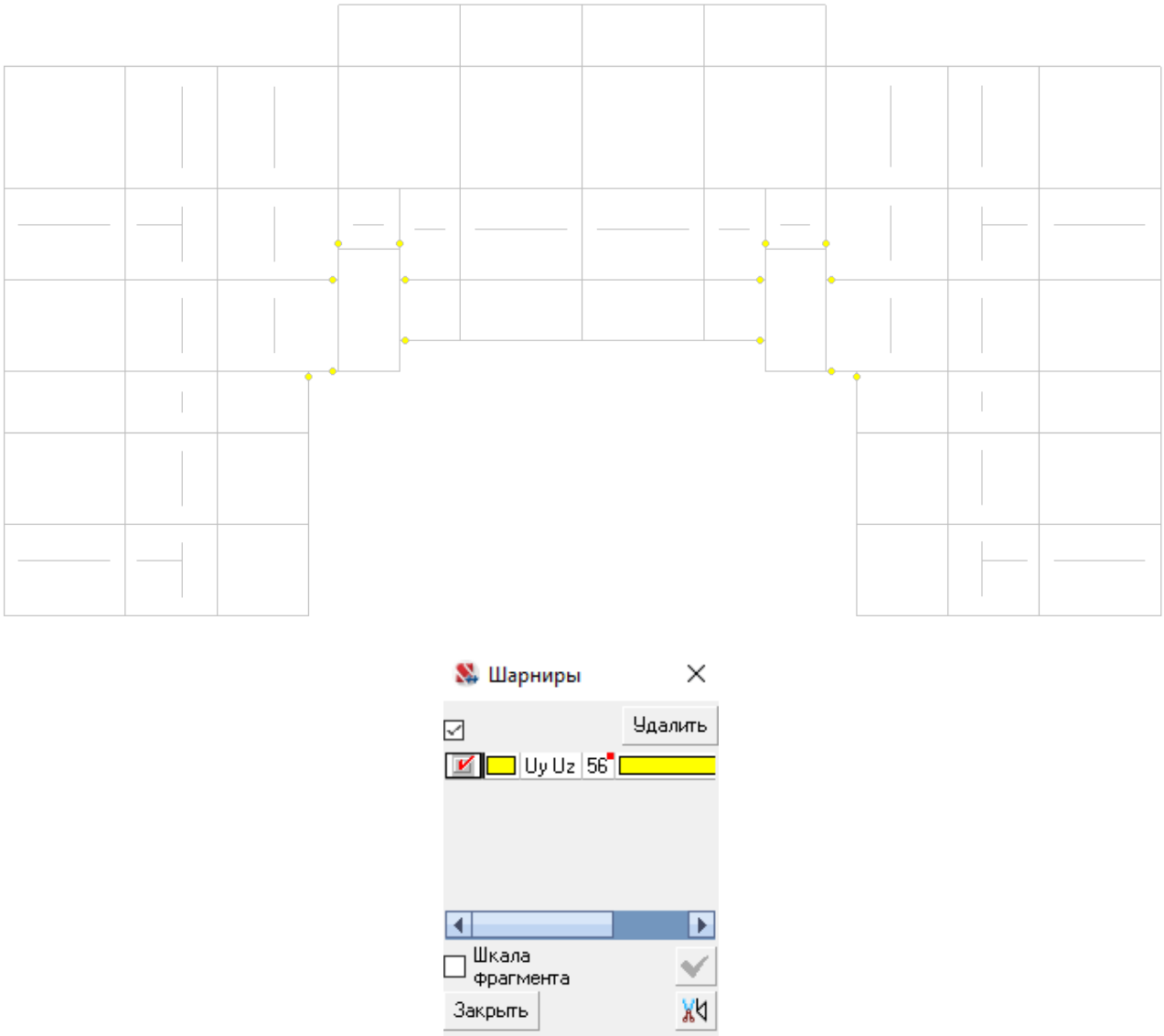
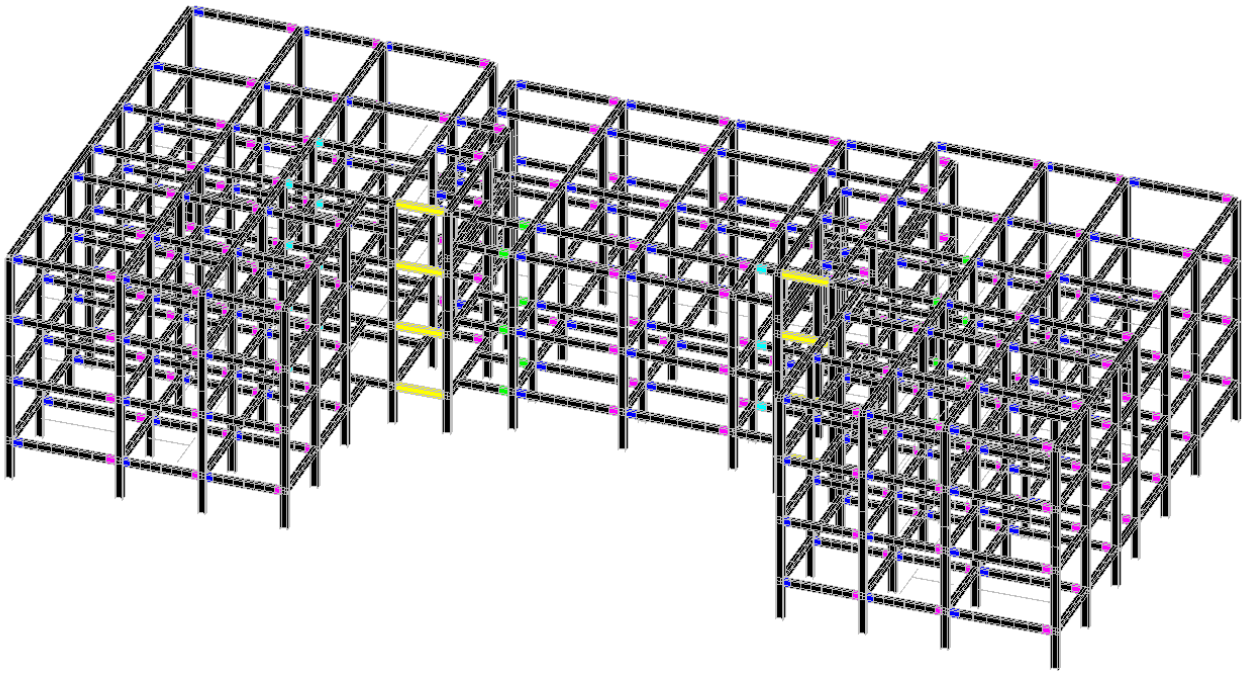


Рис.19. Установка шарниров в местах примыкания к каркасу лестничных клеток



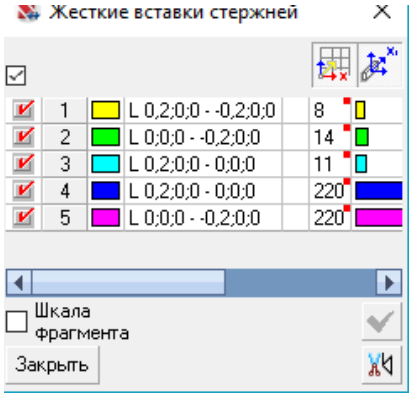


Рис.20. Установка жестких вставок на стержневых элементах

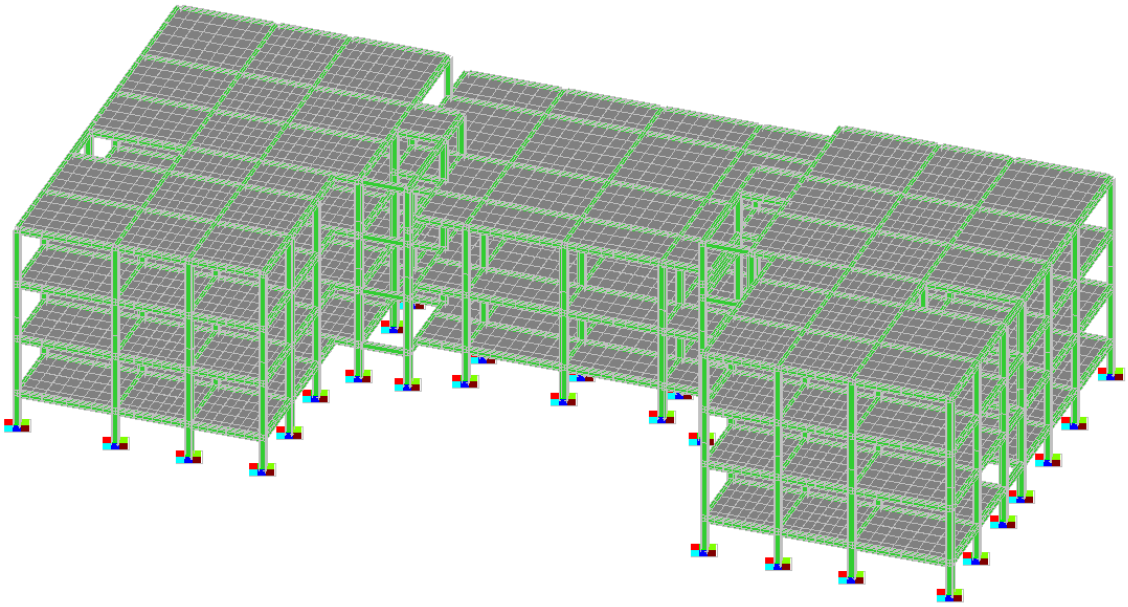
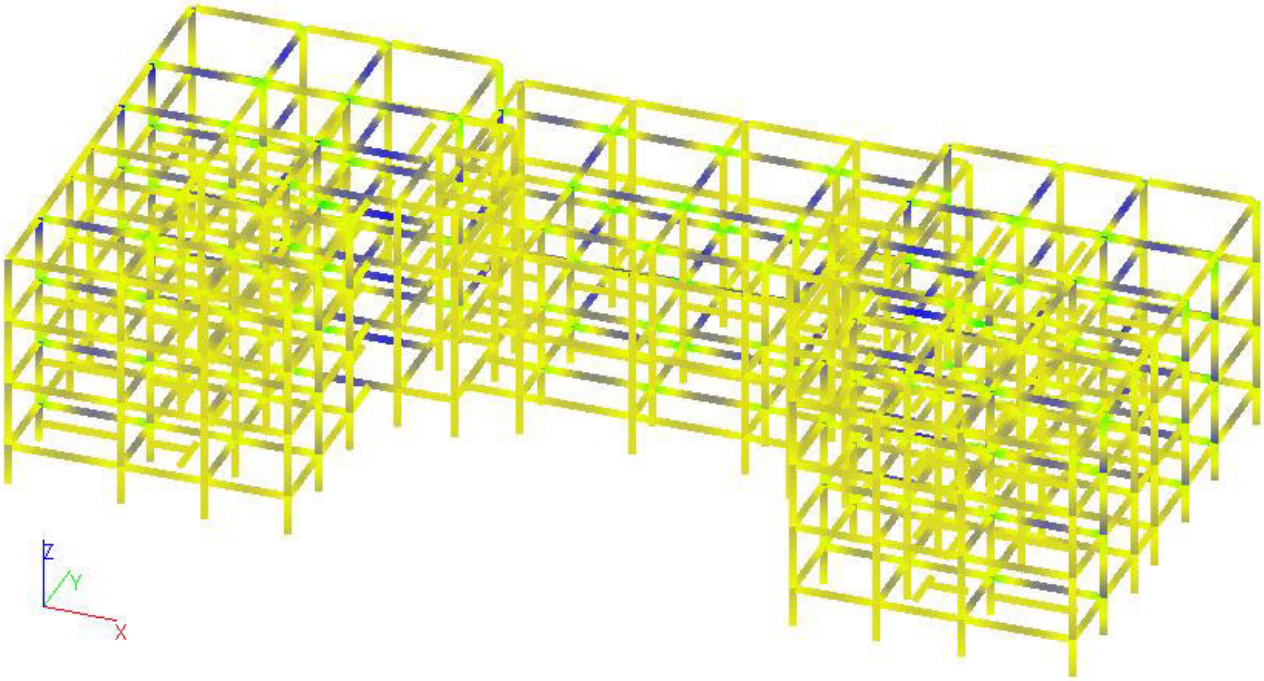


Рис.21. Установка связей в опорных узлах

7.2 Статический расчет схемы на действующие нагрузки

7.2.1 Усилия от комбинации загружений “постоянные + временные (без ветра)”



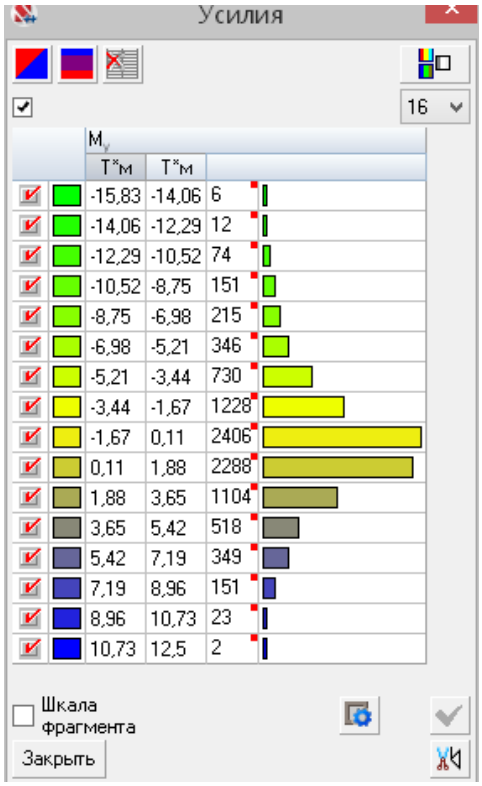
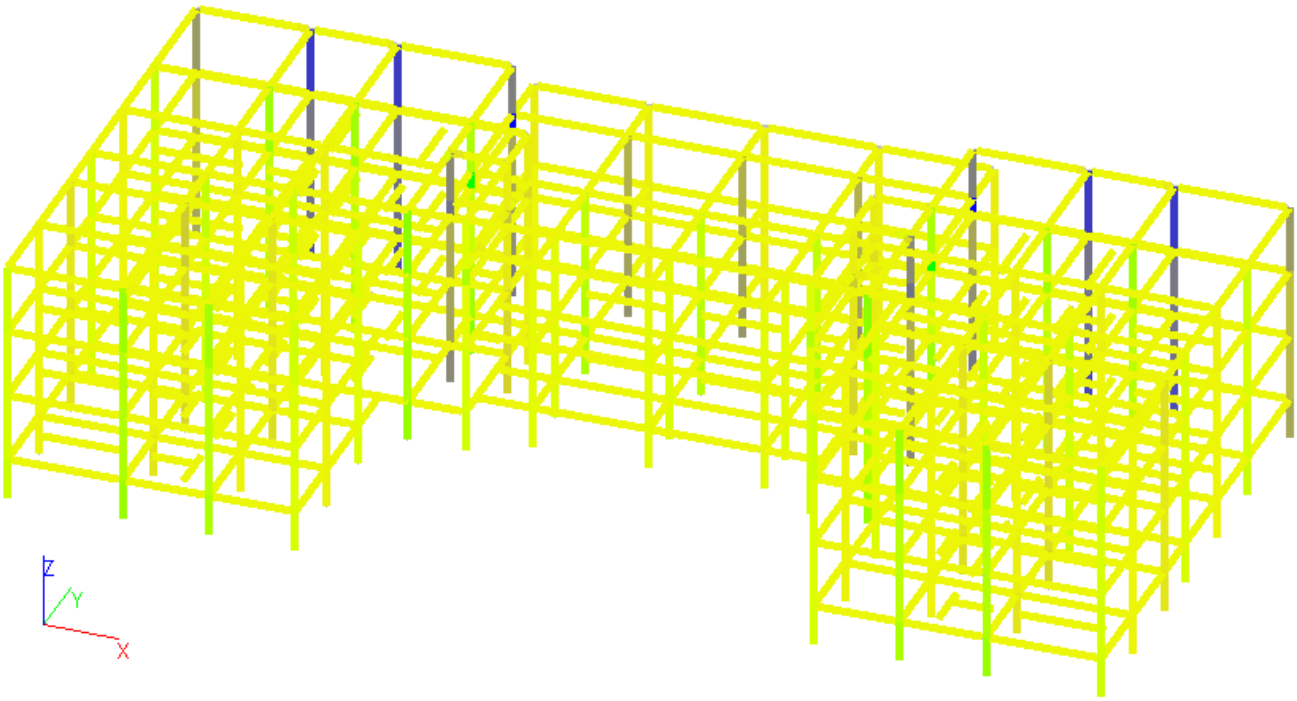


Рис.22. Эпюра Му, т*м



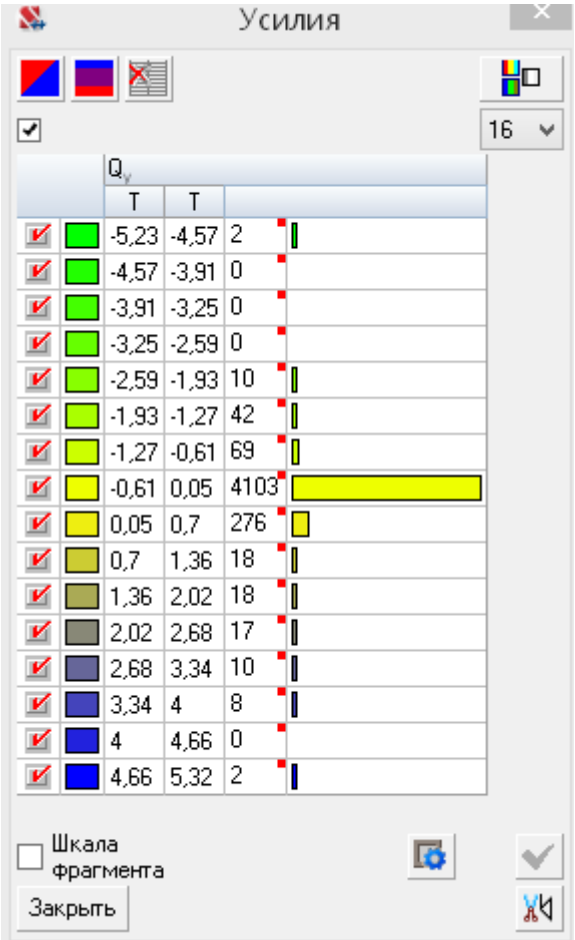
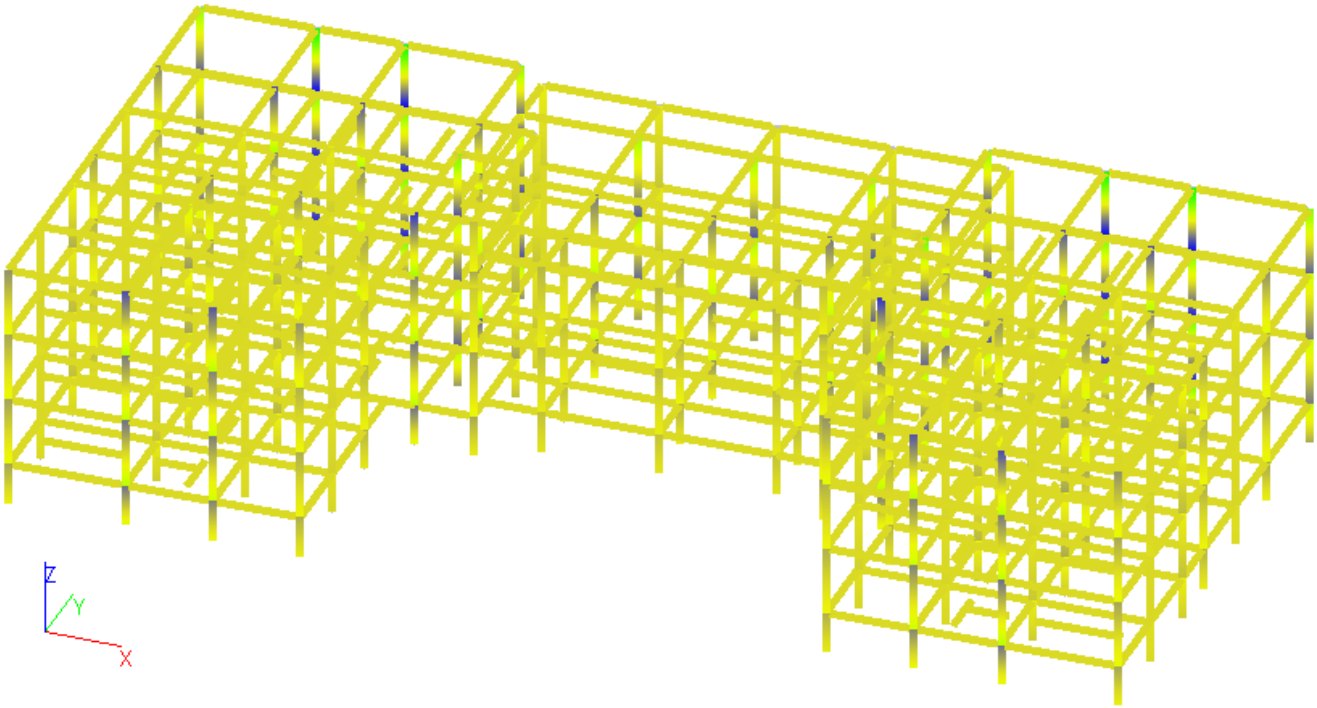


Рис.23. Эпюра Qy, т



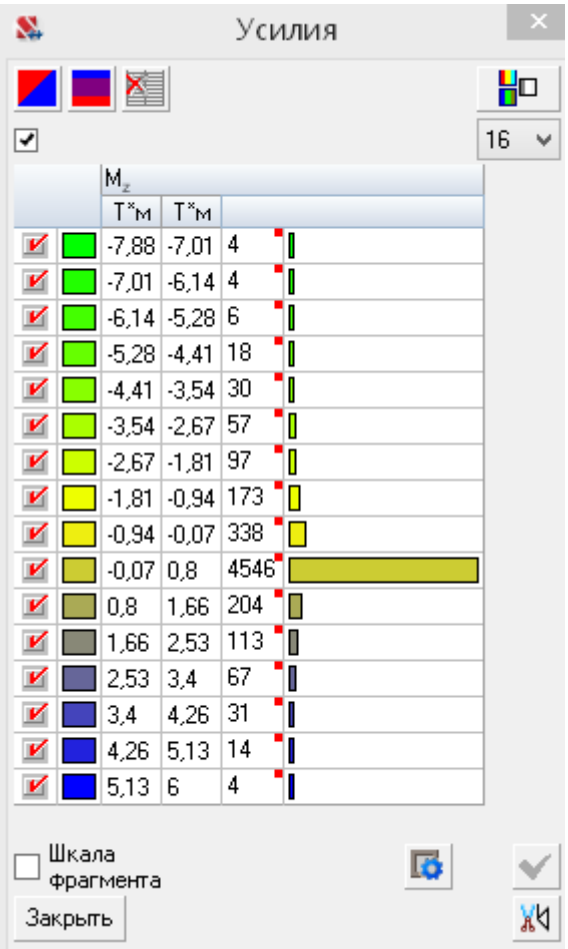
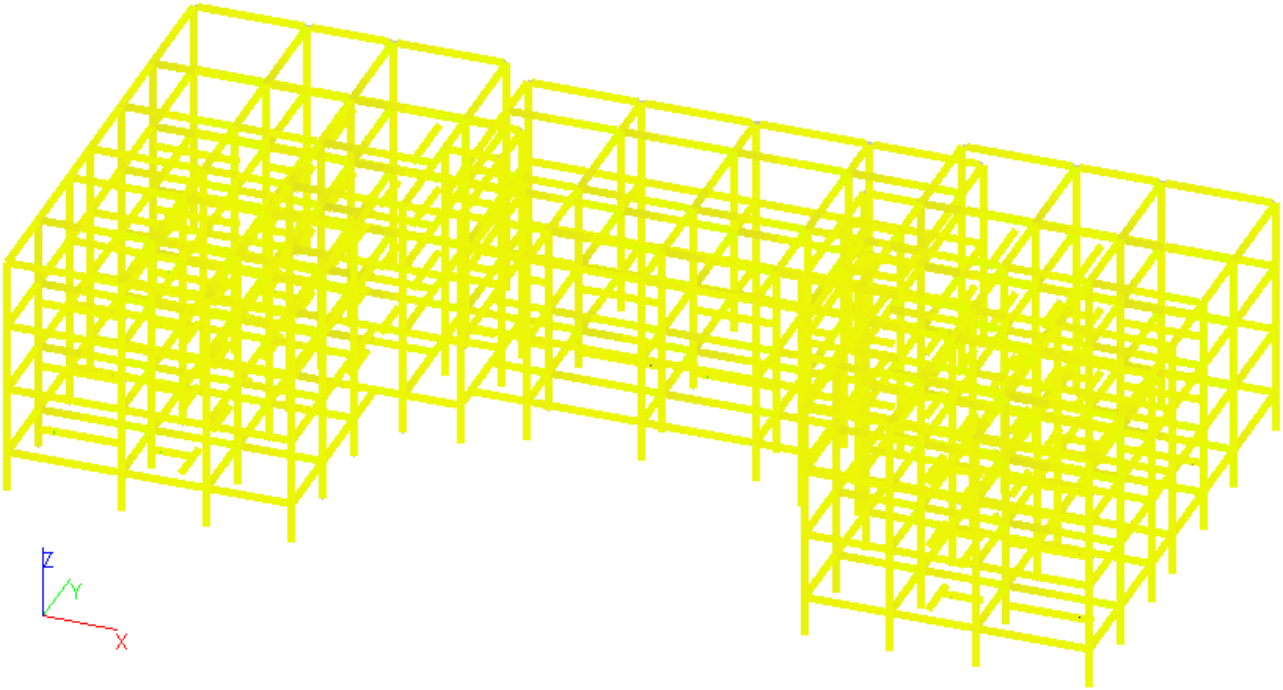


Рис.24. Эпюра Mz, т*м



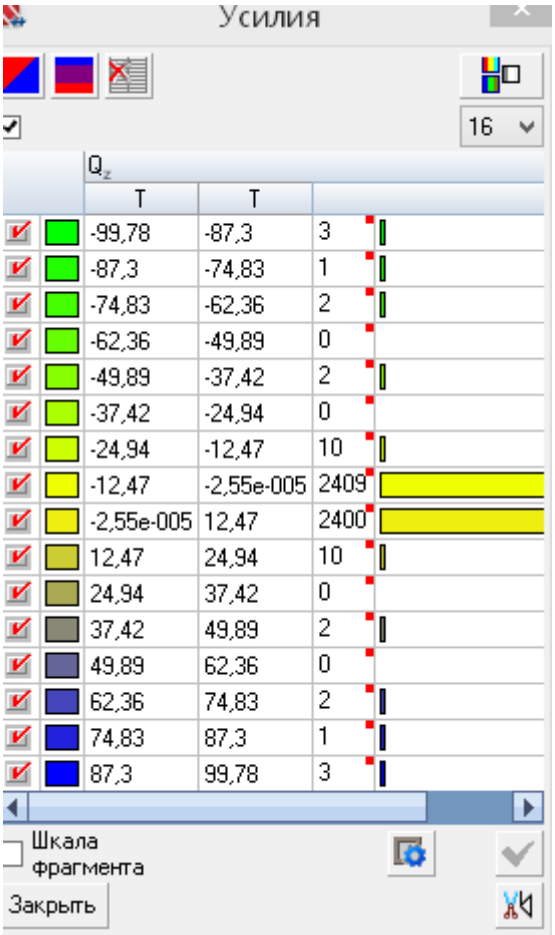


Рис.25. Эпюра Qz, т

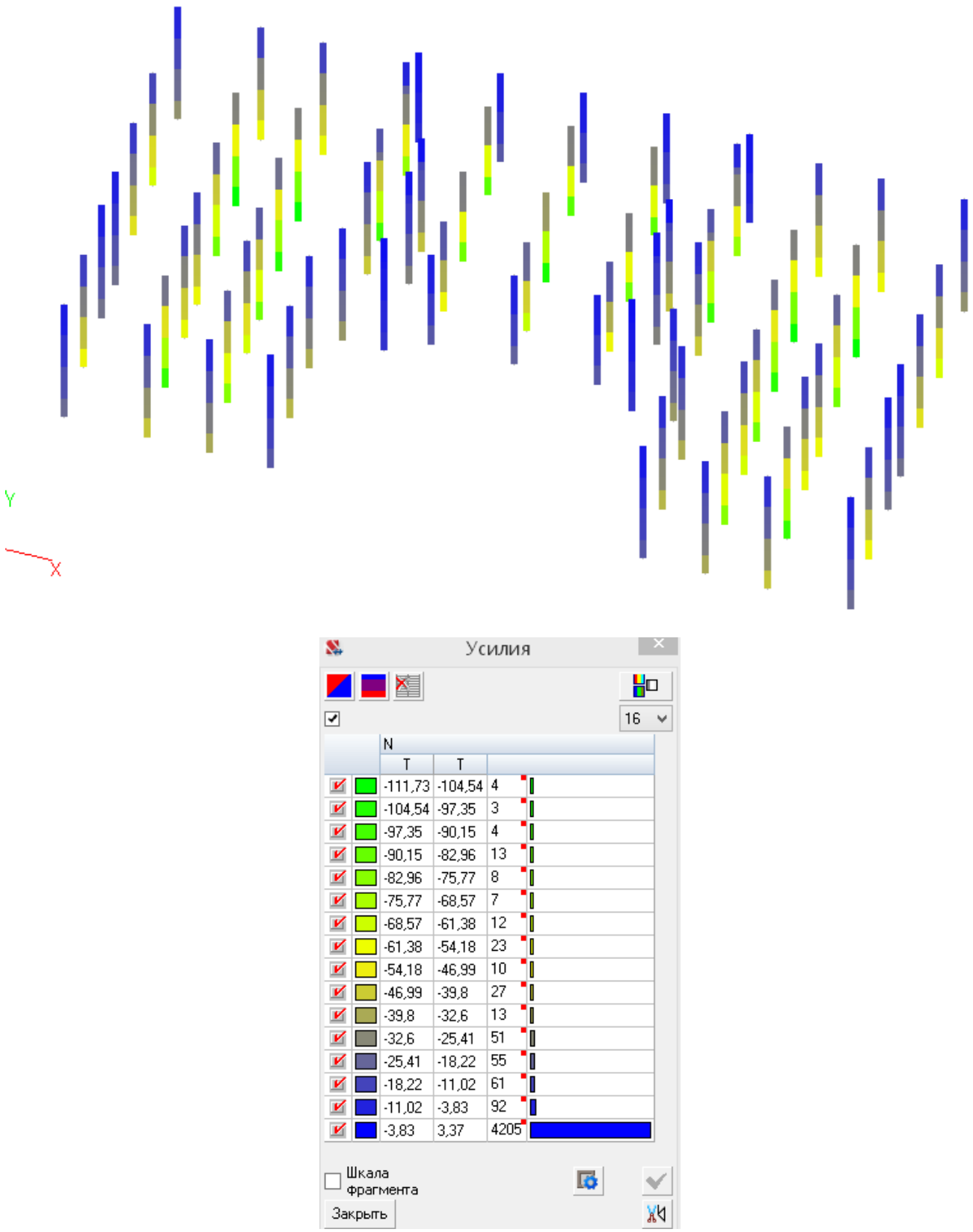
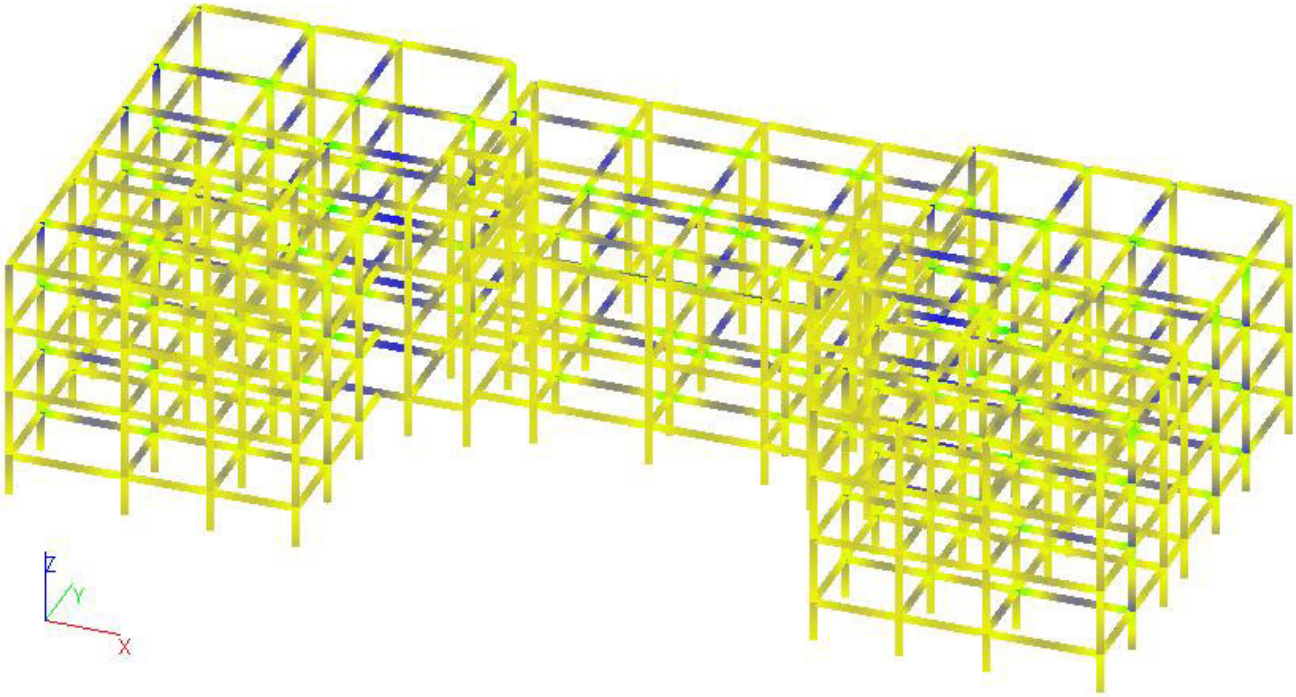
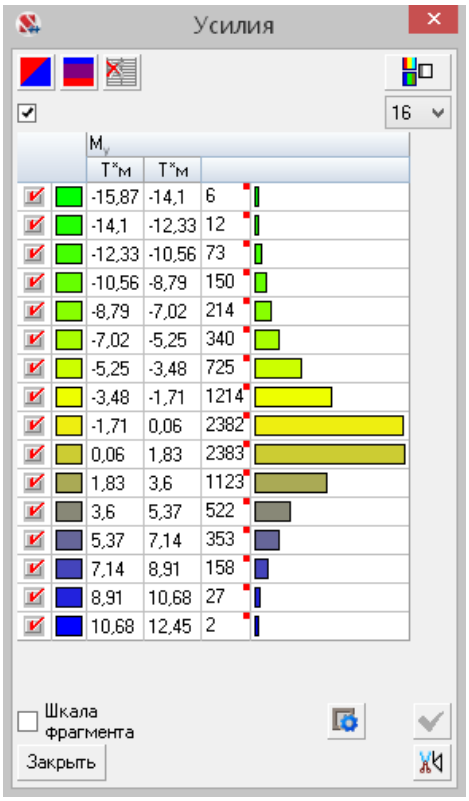


Рис.26. Эпюра N в колоннах, т

Положительные значения продольных сил показывает на наличие растяжения балок в расчетной схеме. Все колонны в расчетной схеме сжаты.

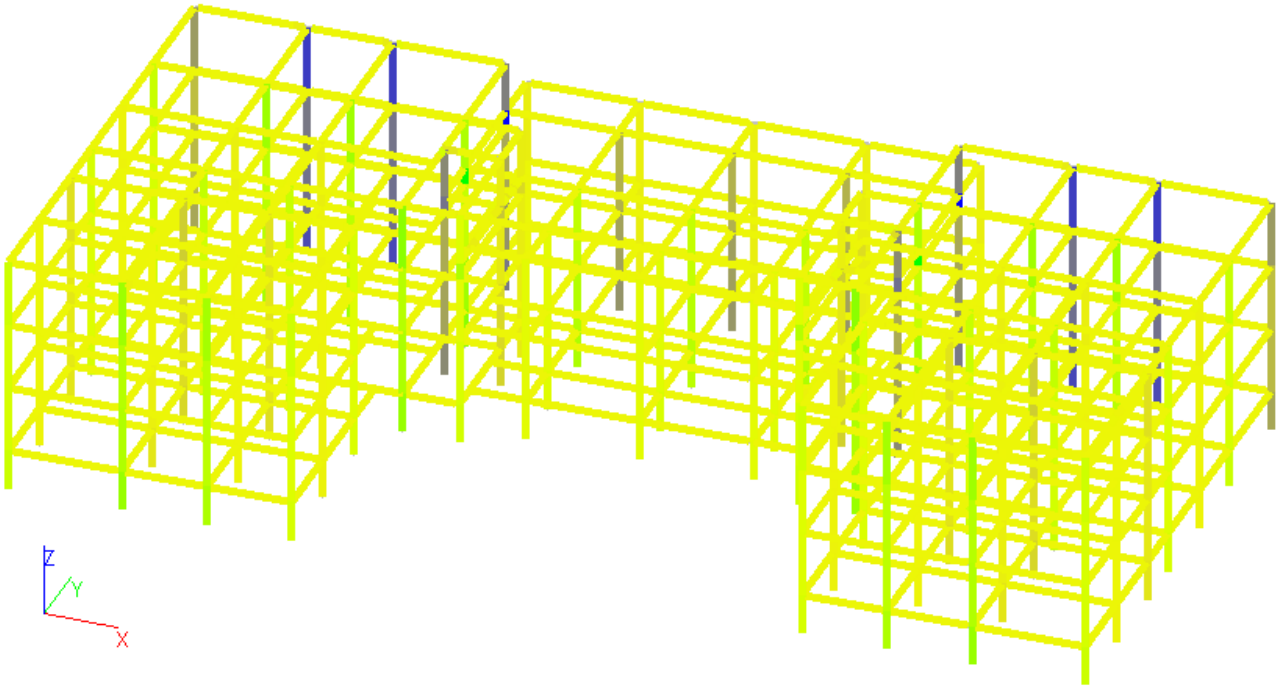
7.2.2 Усилия от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром X + пульсация)”





M_y			
Т*м	Т*м		
-15,87	-14,1	6	
-14,1	-12,33	12	
-12,33	-10,56	73	
-10,56	-8,79	150	
-8,79	-7,02	214	
-7,02	-5,25	340	
-5,25	-3,48	725	
-3,48	-1,71	1214	
-1,71	0,06	2382	
0,06	1,83	2383	
1,83	3,6	1123	
3,6	5,37	522	
5,37	7,14	353	
7,14	8,91	158	
8,91	10,68	27	
10,68	12,45	2	

Рис.27. Эпюра Му, т*м



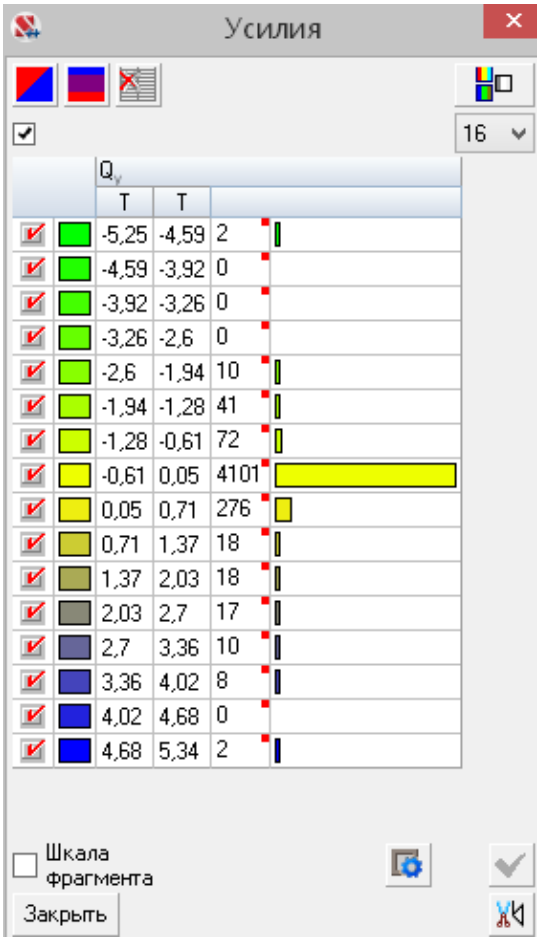
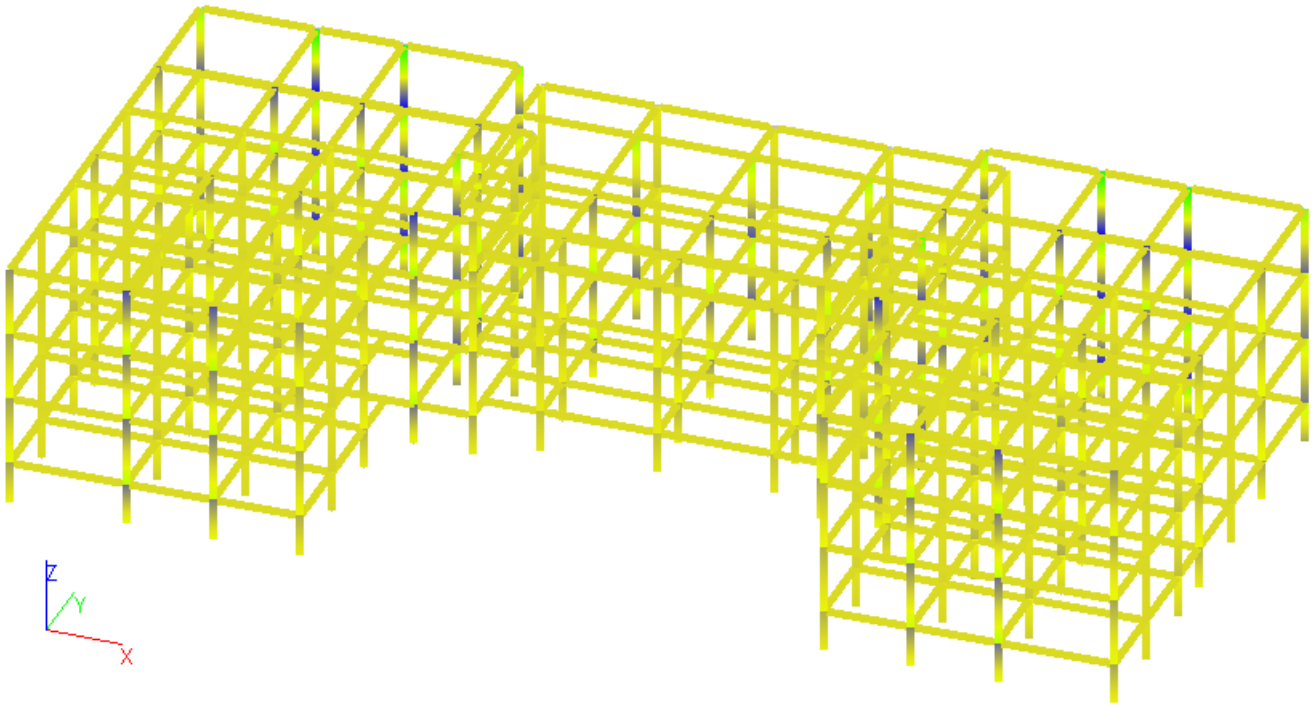


Рис.28. Эпюра Qy, т



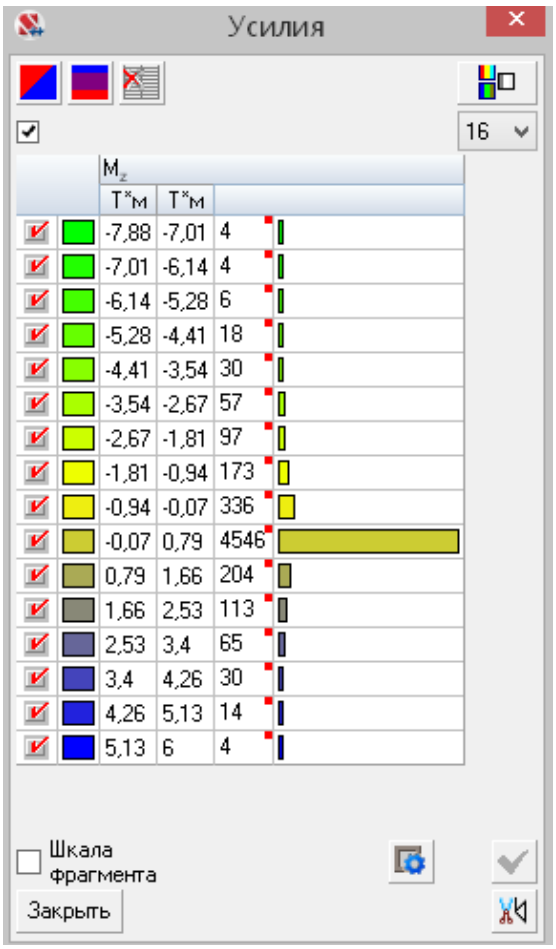
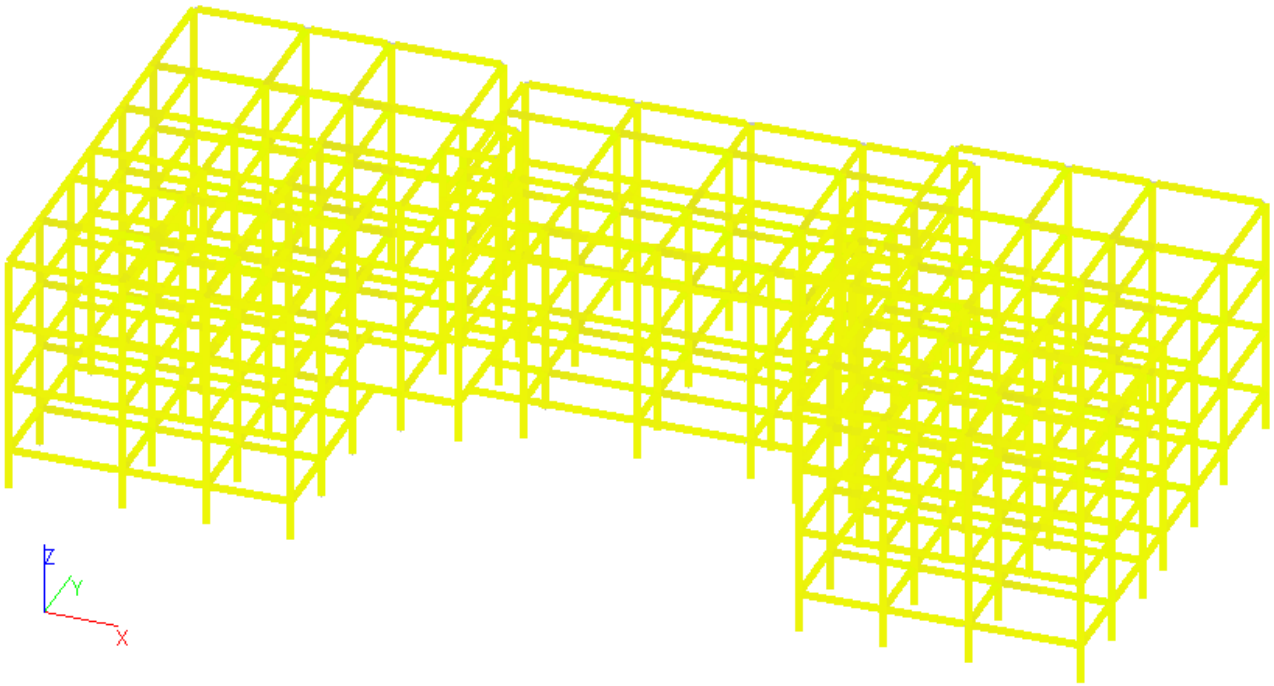


Рис.29. Эпюра Mz, т*м



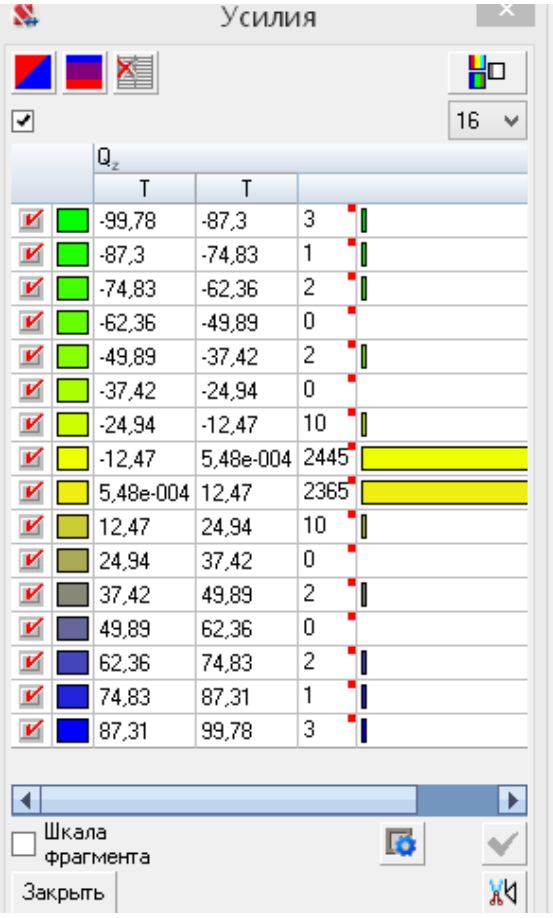
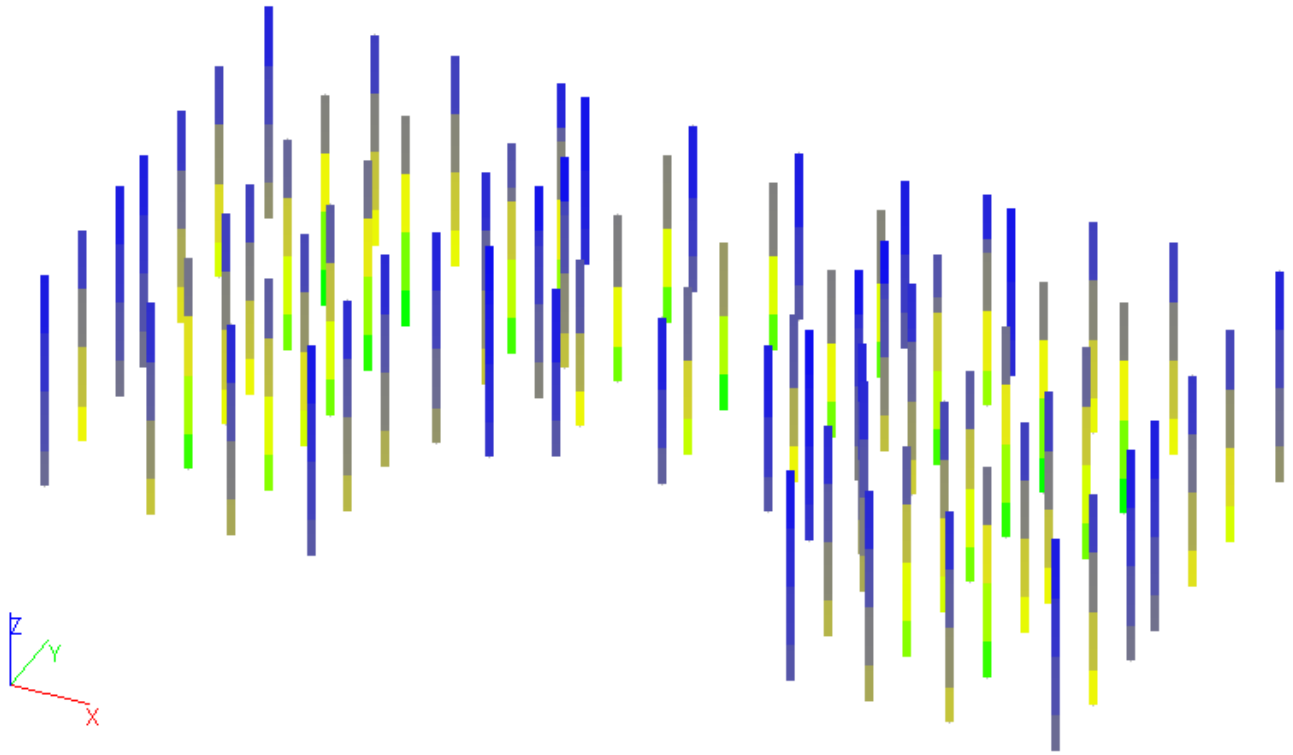
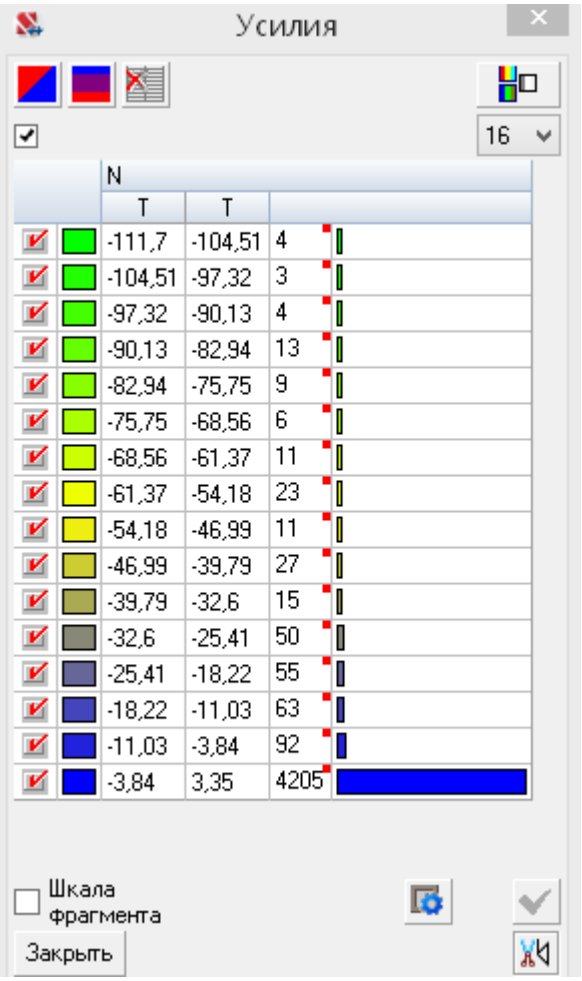


Рис.30. Эпюра Qz, т

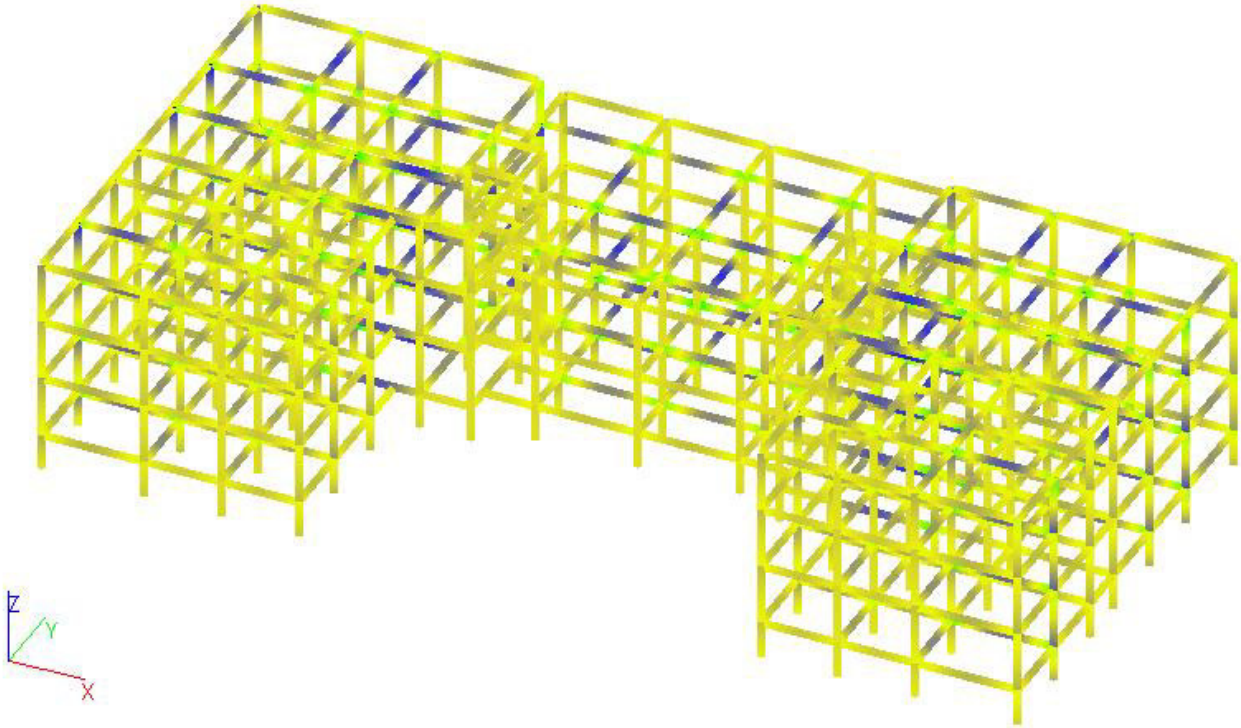


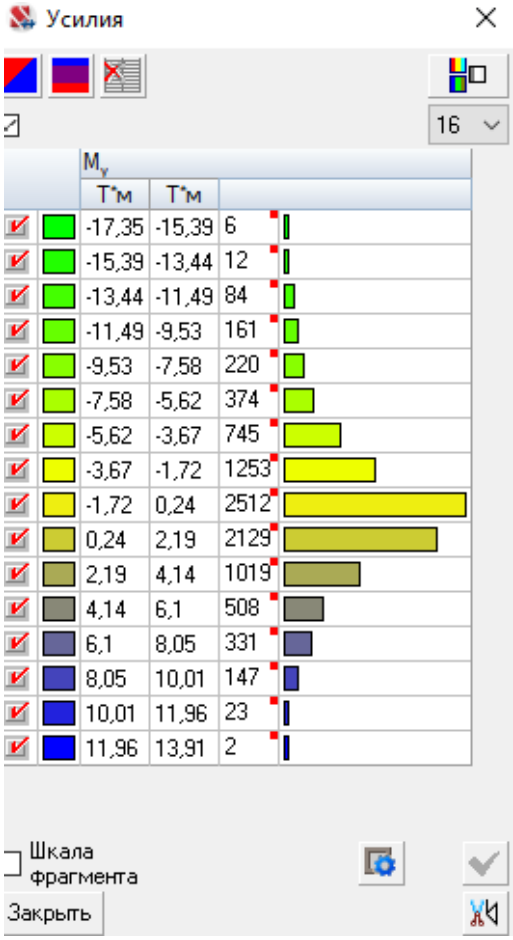


N		
T	T	
-111,7	-104,51	4
-104,51	-97,32	3
-97,32	-90,13	4
-90,13	-82,94	13
-82,94	-75,75	9
-75,75	-68,56	6
-68,56	-61,37	11
-61,37	-54,18	23
-54,18	-46,99	11
-46,99	-39,79	27
-39,79	-32,6	15
-32,6	-25,41	50
-25,41	-18,22	55
-18,22	-11,03	63
-11,03	-3,84	92
-3,84	3,35	4205

Рис.31. Эпюра N в колоннах, т

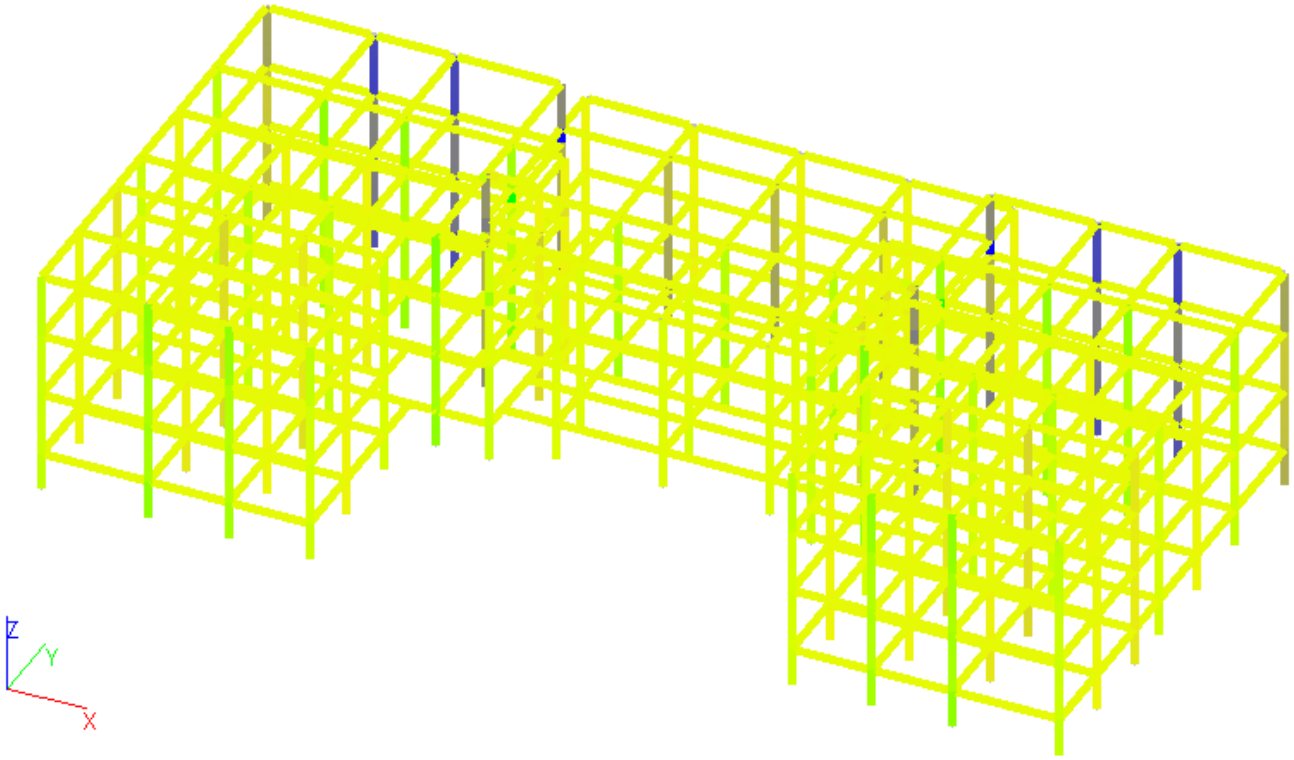
7.2.3 Усилия от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром У + пульсация)”





M_y			
Т*м	Т*м		
-17,35	-15,39	6	
-15,39	-13,44	12	
-13,44	-11,49	84	
-11,49	-9,53	161	
-9,53	-7,58	220	
-7,58	-5,62	374	
-5,62	-3,67	745	
-3,67	-1,72	1253	
-1,72	0,24	2512	
0,24	2,19	2129	
2,19	4,14	1019	
4,14	6,1	508	
6,1	8,05	331	
8,05	10,01	147	
10,01	11,96	23	
11,96	13,91	2	

Рис.32. Эпюра Му, т*м



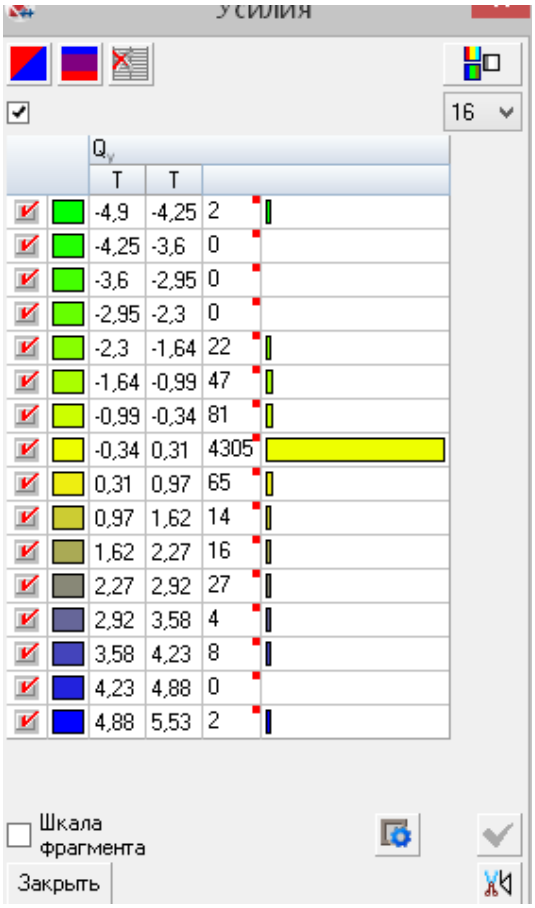
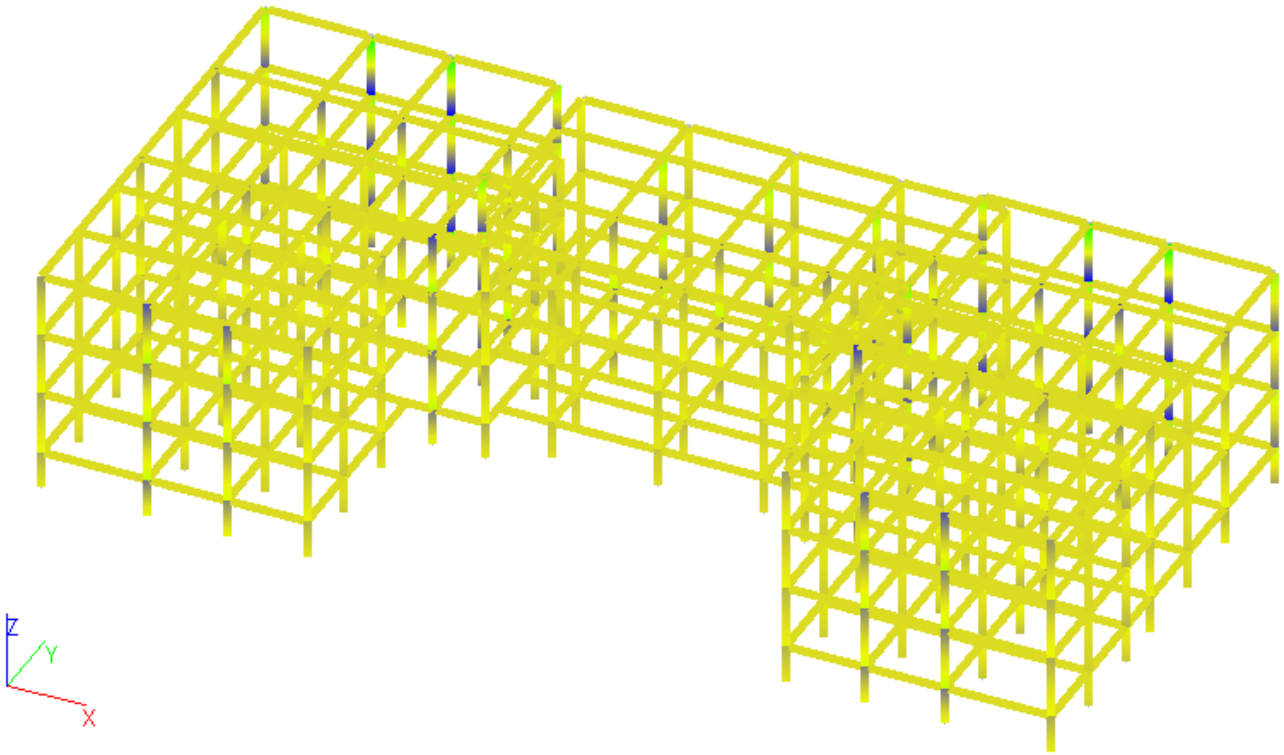


Рис.33. Эпюра Qy, т



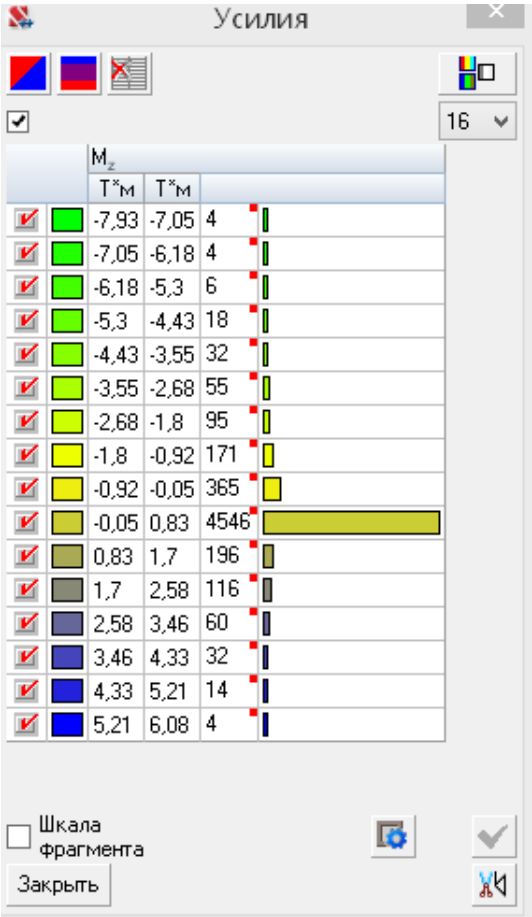


Рис.34. Эпюра Mz, т*м

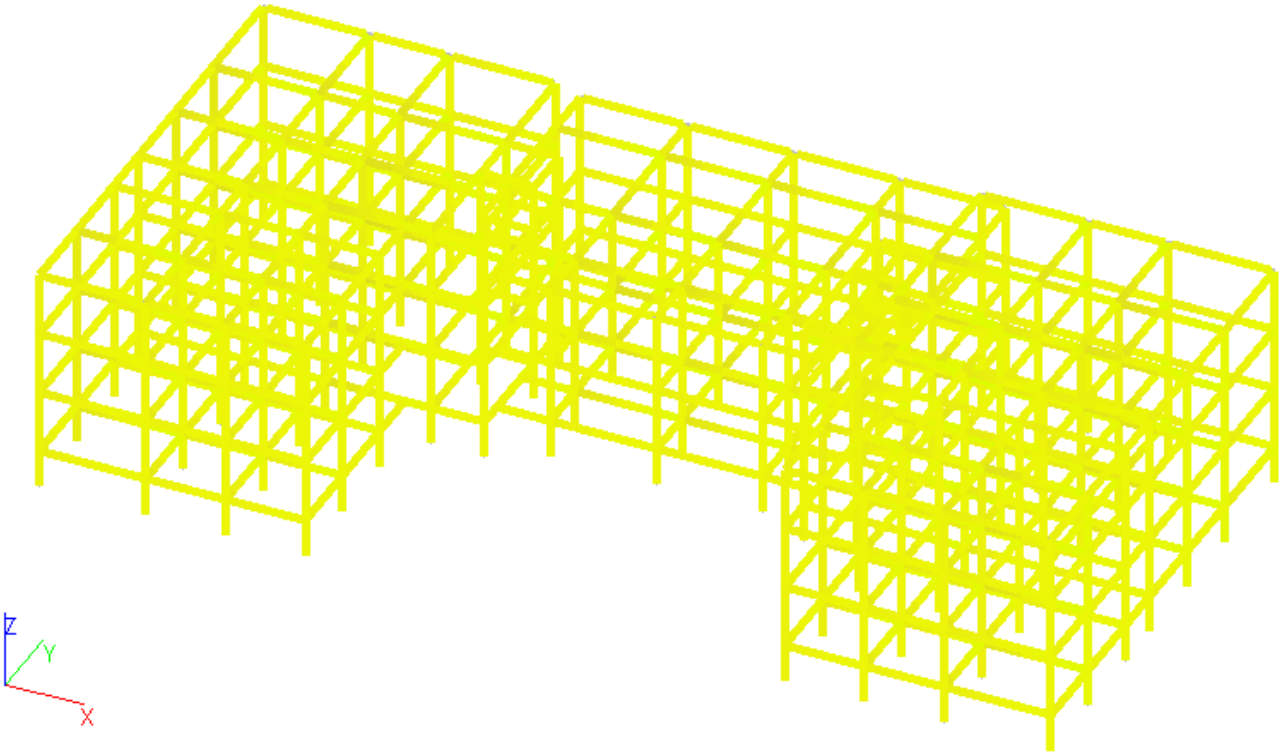
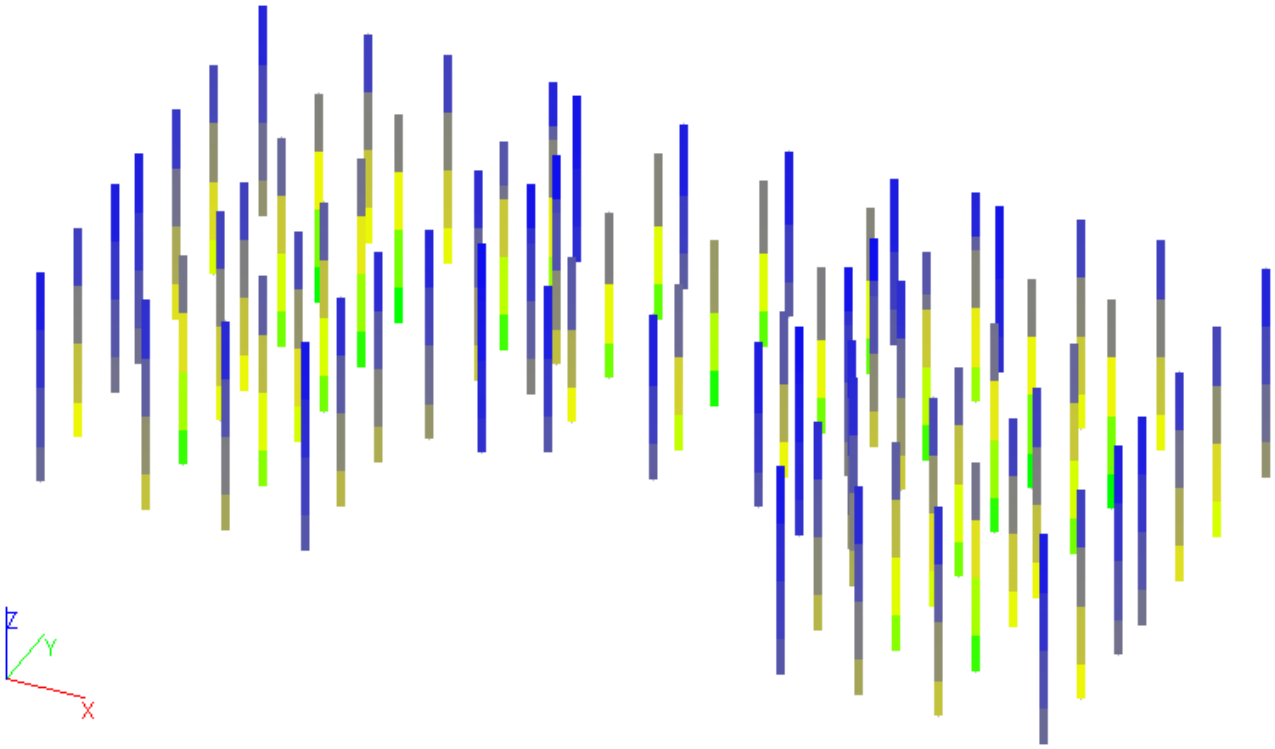
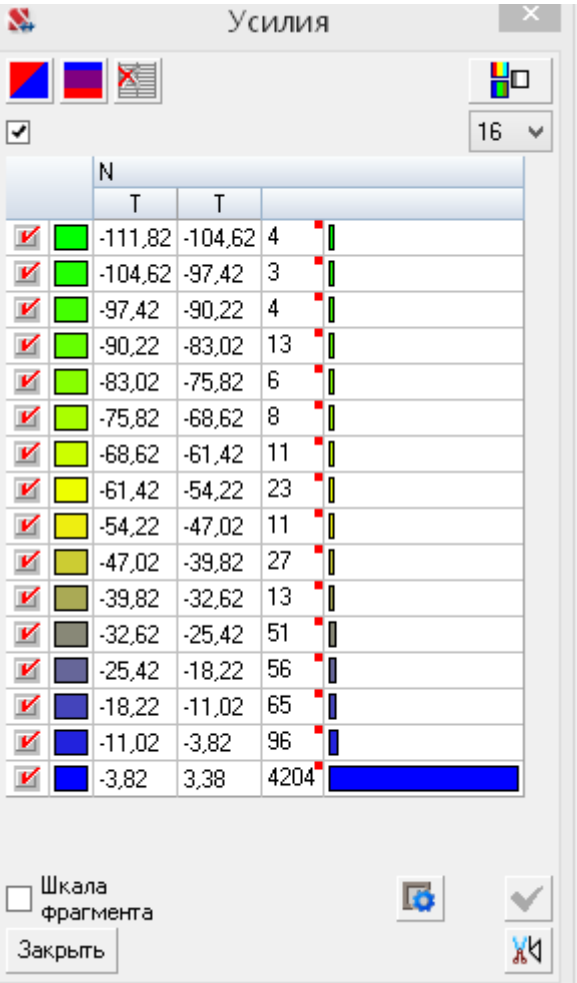


Рис.35. Эпюра Qz, т



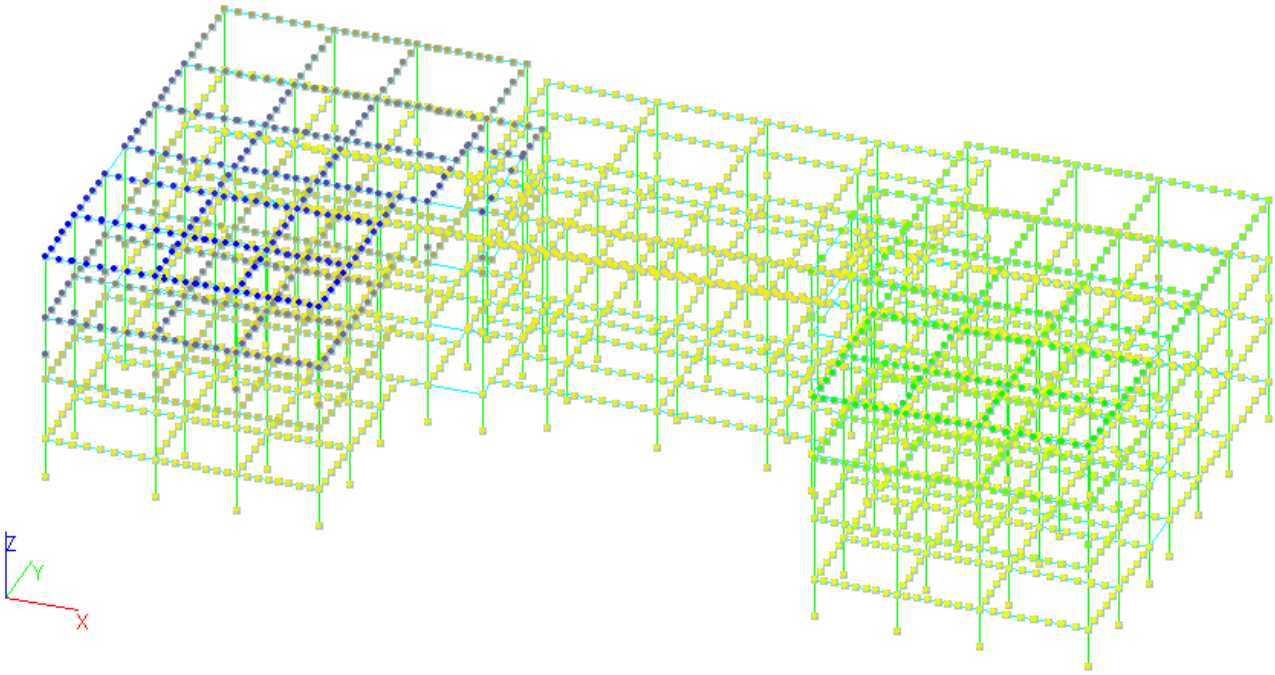


N		
T	T	
-111,82	-104,62	4
-104,62	-97,42	3
-97,42	-90,22	4
-90,22	-83,02	13
-83,02	-75,82	6
-75,82	-68,62	8
-68,62	-61,42	11
-61,42	-54,22	23
-54,22	-47,02	11
-47,02	-39,82	27
-39,82	-32,62	13
-32,62	-25,42	51
-25,42	-18,22	56
-18,22	-11,02	65
-11,02	-3,82	96
-3,82	3,38	4204

Рис.36. Эпюра N, т

7.2.4 Перемещения от комбинации загружений “постоянные + временные (без ветра)”

Для определения перемещений необходимо в расчетной схеме увеличить жесткость плит до фактической толщины.



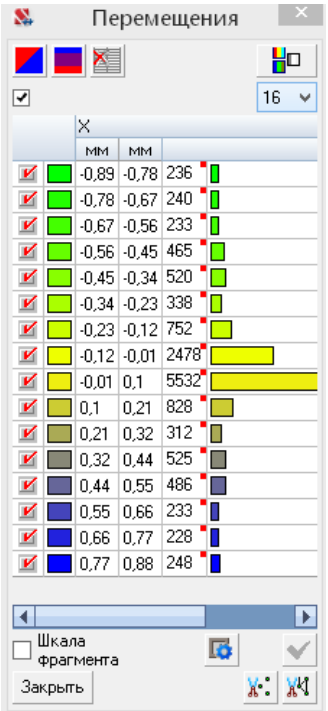
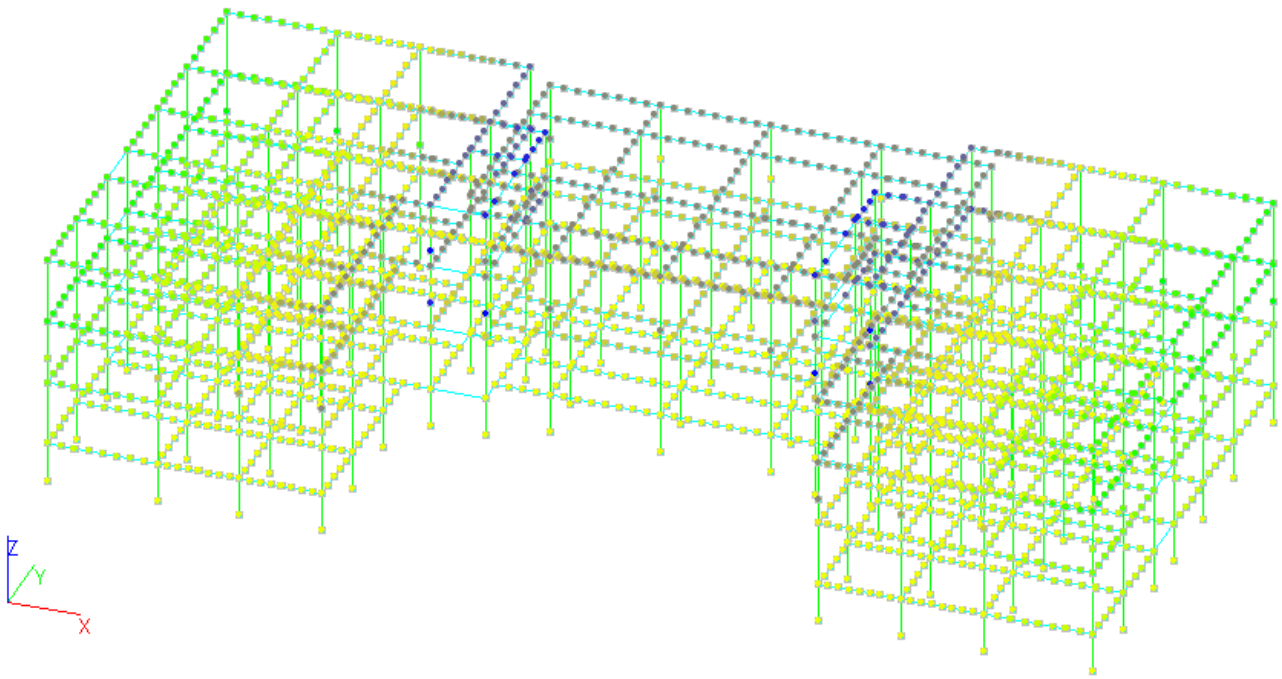


Рис.37. Перемещения по X, мм



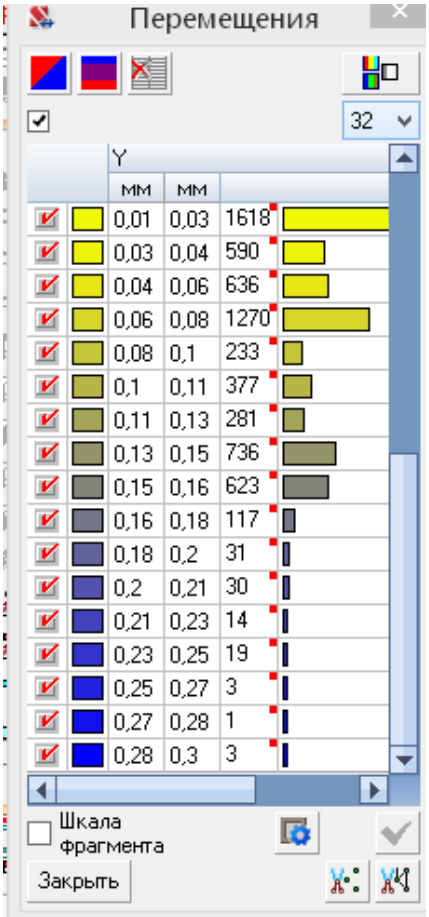
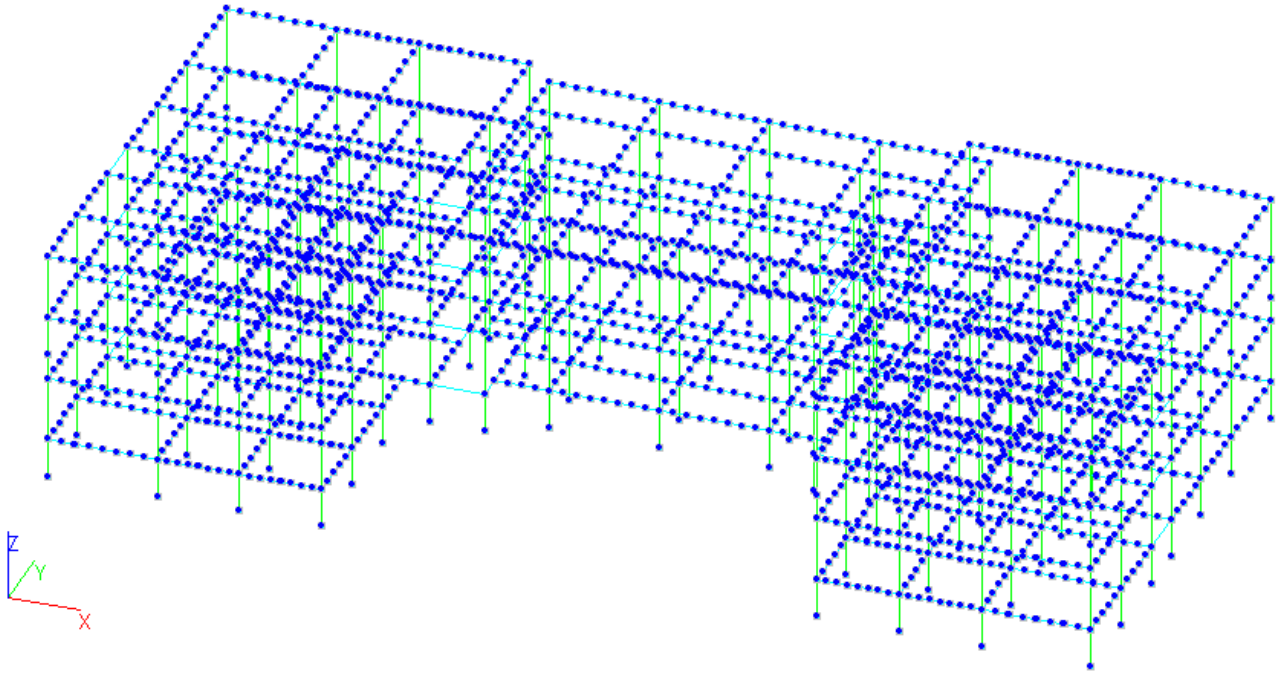
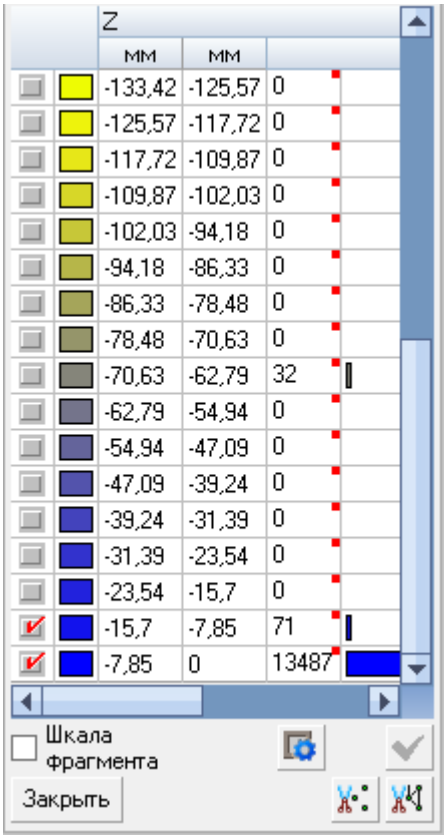


Рис.38. Перемещения по У, мм





Z	мм	мм	
	-133,42	-125,57	0
	-125,57	-117,72	0
	-117,72	-109,87	0
	-109,87	-102,03	0
	-102,03	-94,18	0
	-94,18	-86,33	0
	-86,33	-78,48	0
	-78,48	-70,63	0
	-70,63	-62,79	32
	-62,79	-54,94	0
	-54,94	-47,09	0
	-47,09	-39,24	0
	-39,24	-31,39	0
	-31,39	-23,54	0
	-23,54	-15,7	0
	-15,7	-7,85	71
	-7,85	0	13487

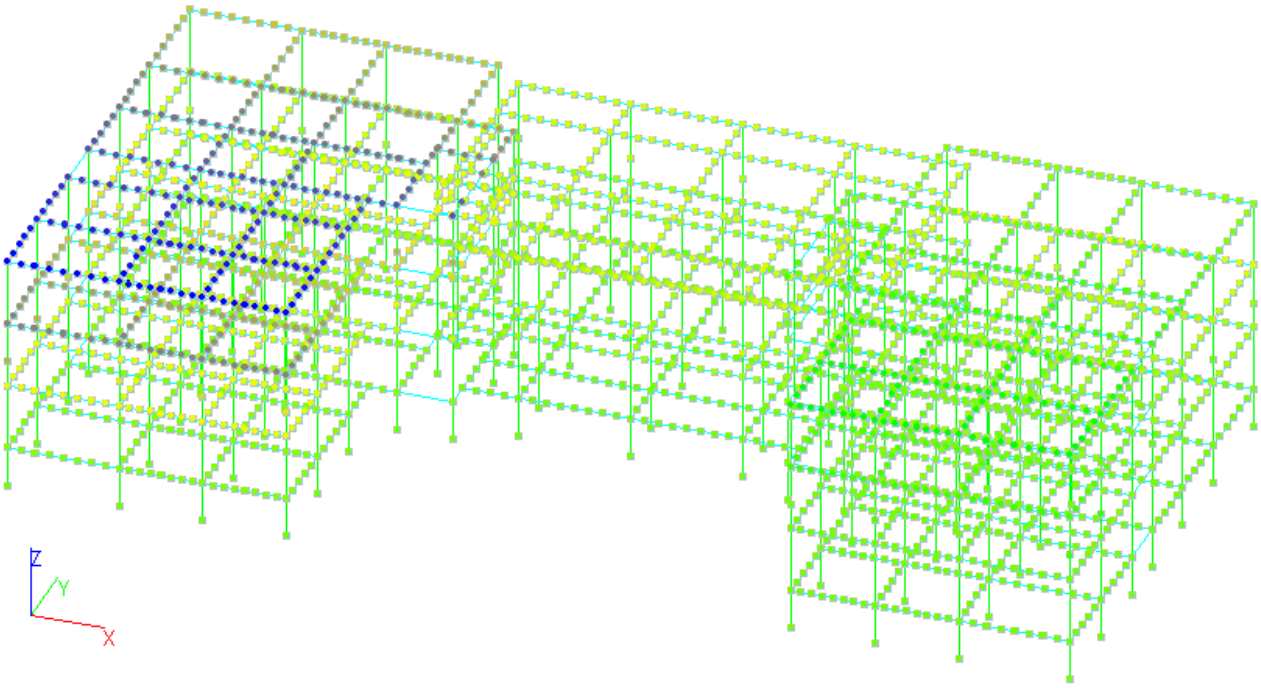
Шкала фрагмента

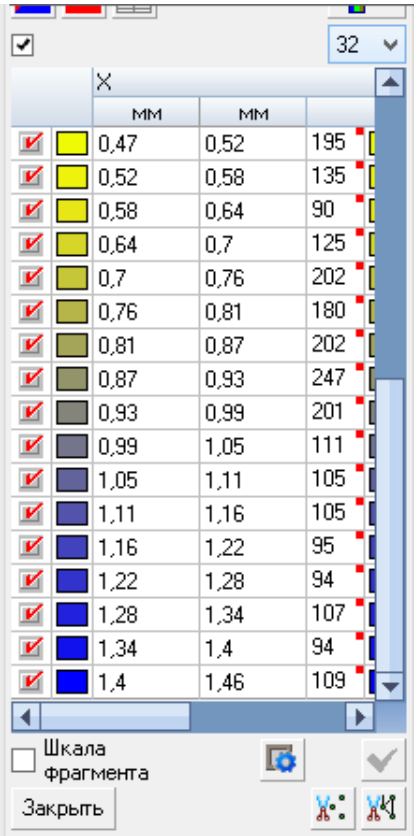
Закрыть

Рис.39. Перемещения по Z, мм

Значения перемещений более 15мм относятся к стержневым элементам малой жесткости в расчетной схеме.

7.2.5 Перемещения от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром X + пульсация)”





32

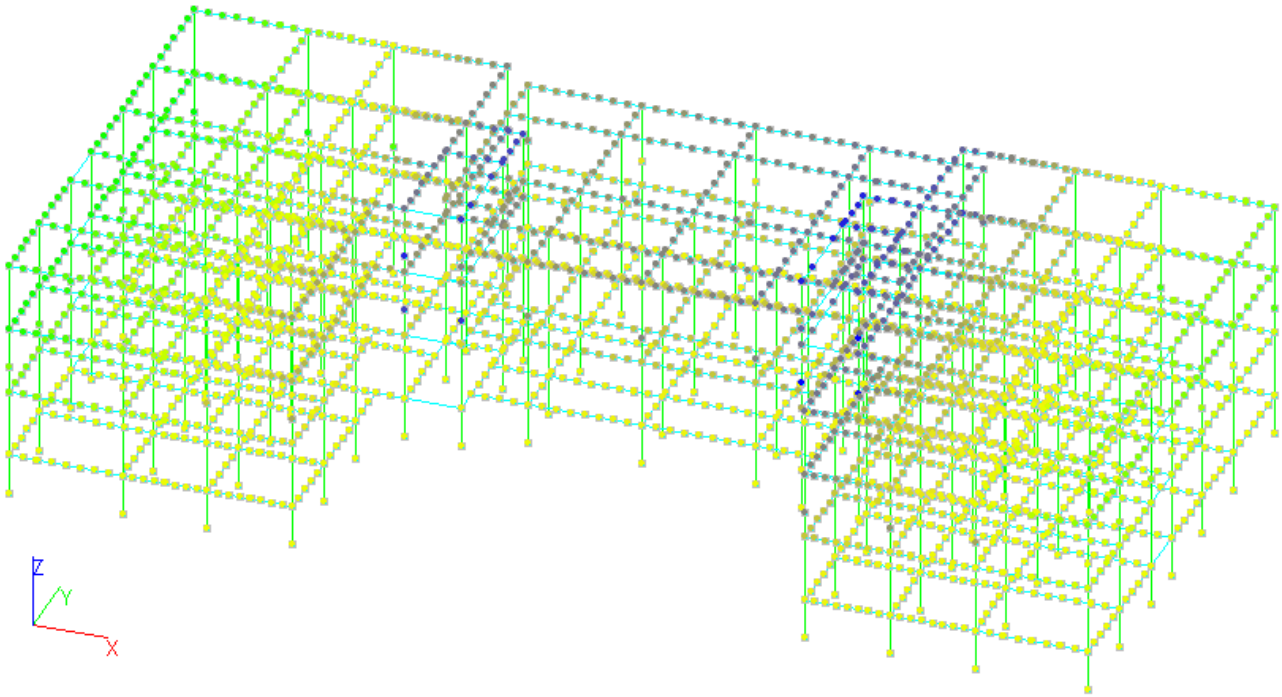
X

	мм	мм	
	0,47	0,52	195
	0,52	0,58	135
	0,58	0,64	90
	0,64	0,7	125
	0,7	0,76	202
	0,76	0,81	180
	0,81	0,87	202
	0,87	0,93	247
	0,93	0,99	201
	0,99	1,05	111
	1,05	1,11	105
	1,11	1,16	105
	1,16	1,22	95
	1,22	1,28	94
	1,28	1,34	107
	1,34	1,4	94
	1,4	1,46	109

Шкала фрагмента

Закрыть

Рис.40. Перемещения по X, мм



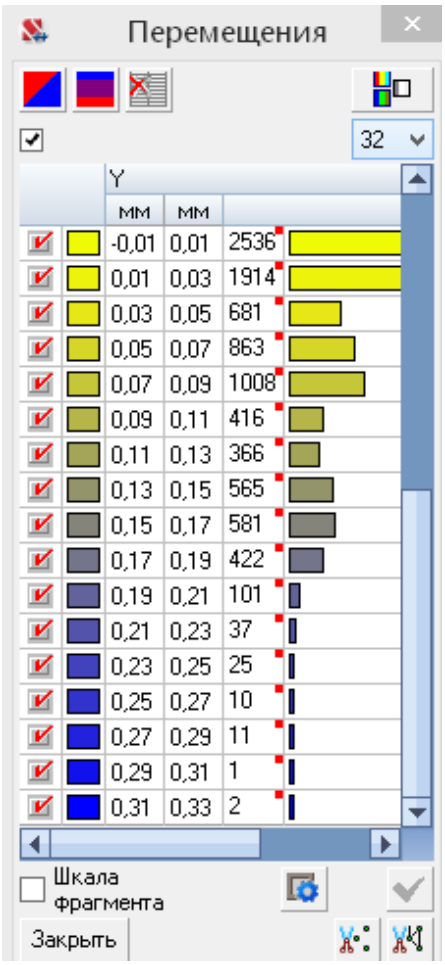
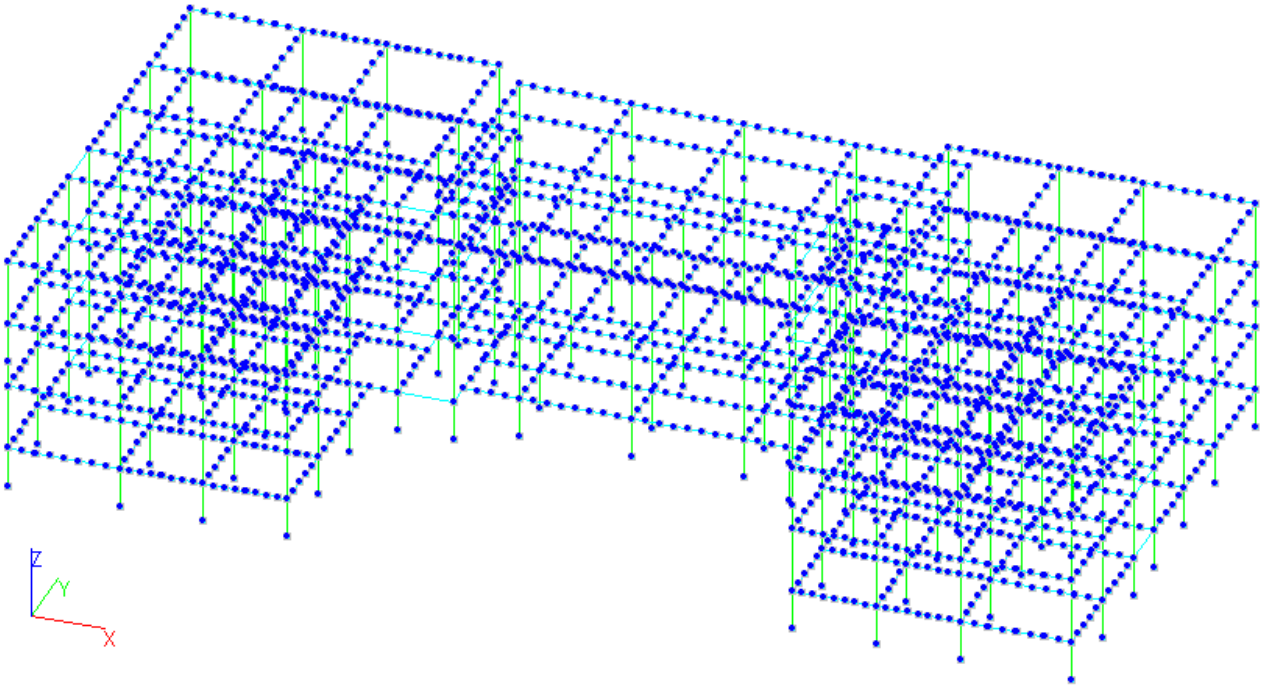
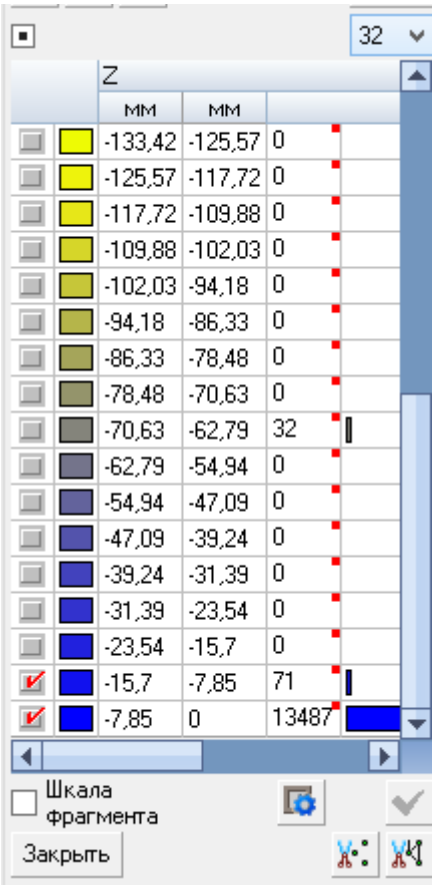


Рис.41. Перемещения по У, мм





32

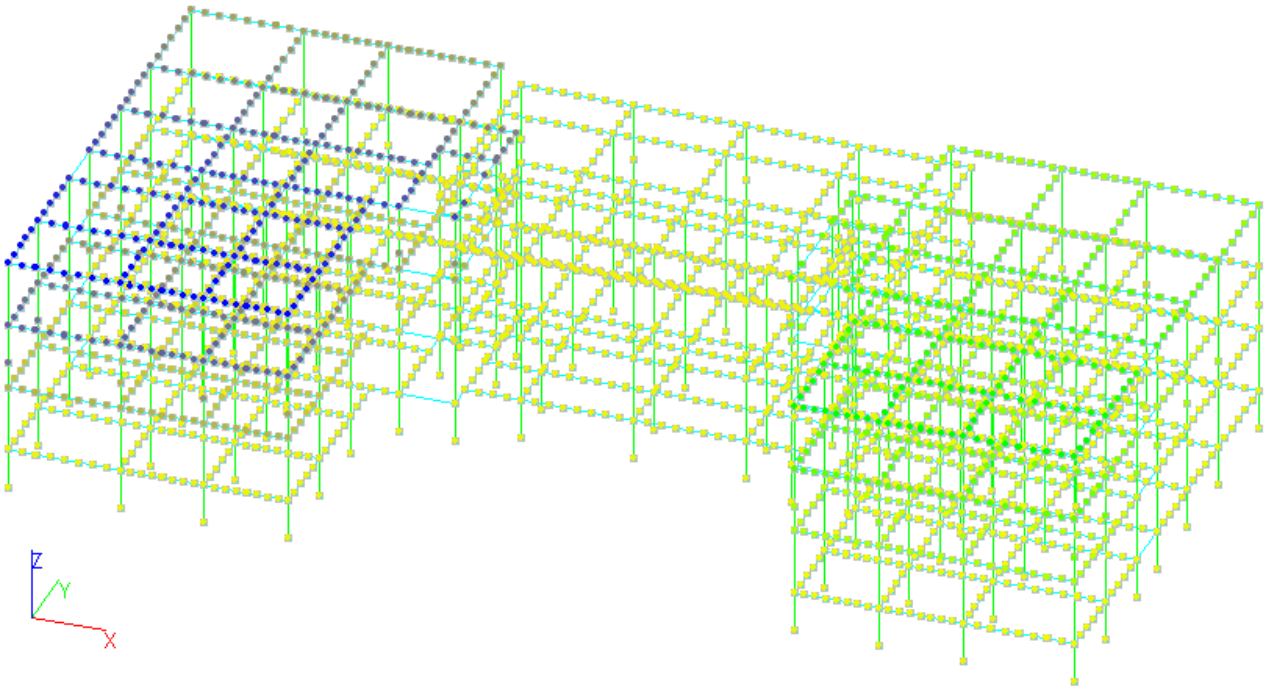
	Z мм	мм	
	-133,42	-125,57	0
	-125,57	-117,72	0
	-117,72	-109,88	0
	-109,88	-102,03	0
	-102,03	-94,18	0
	-94,18	-86,33	0
	-86,33	-78,48	0
	-78,48	-70,63	0
	-70,63	-62,79	32
	-62,79	-54,94	0
	-54,94	-47,09	0
	-47,09	-39,24	0
	-39,24	-31,39	0
	-31,39	-23,54	0
	-23,54	-15,7	0
	-15,7	-7,85	71
	-7,85	0	13487

Шкала фрагмента

Закрыть

Рис.42. Перемещения по Z, мм

7.2.6 Перемещения от комбинации загружений постоянные + временные (с ветром У + пульсация)”



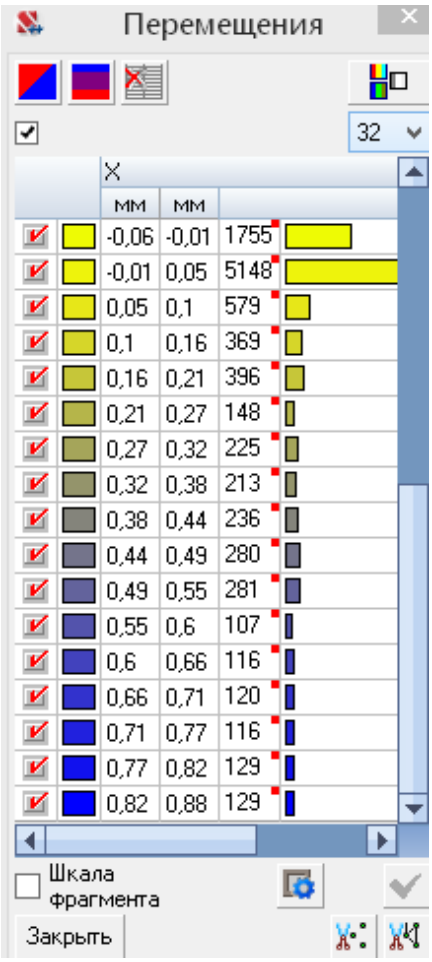
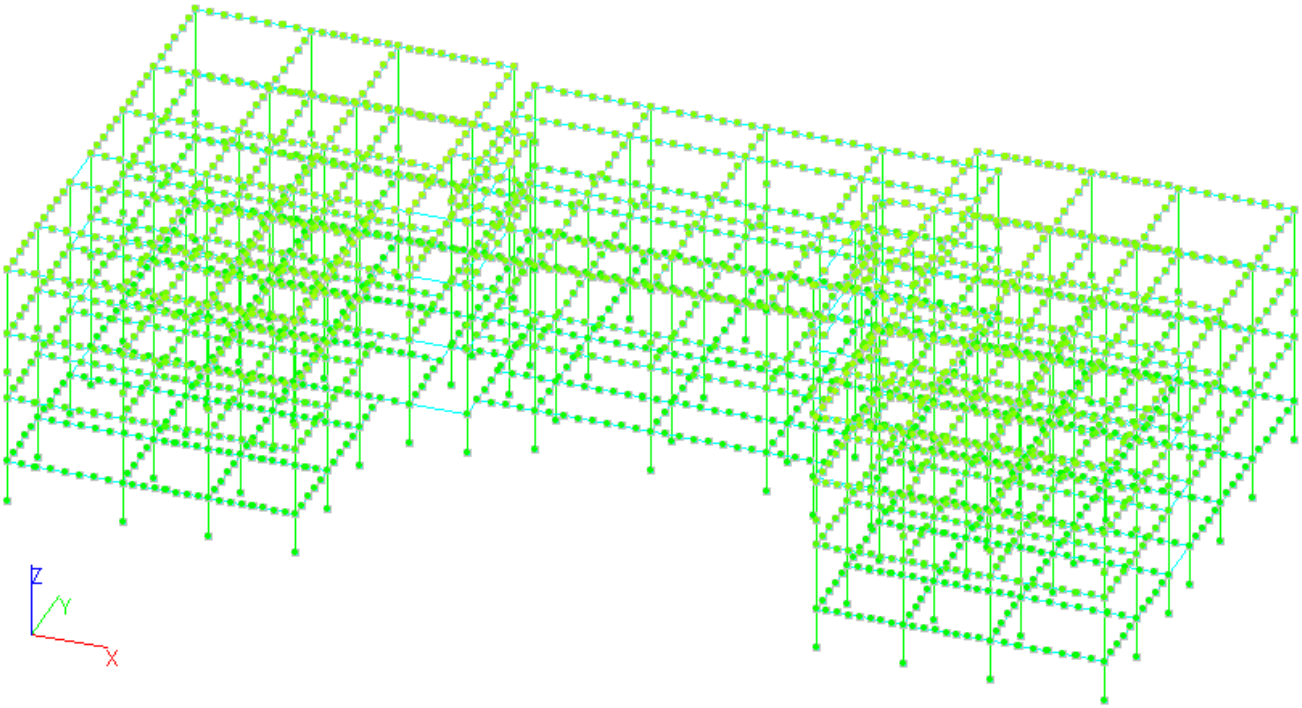


Рис.43. Перемещения по X, мм



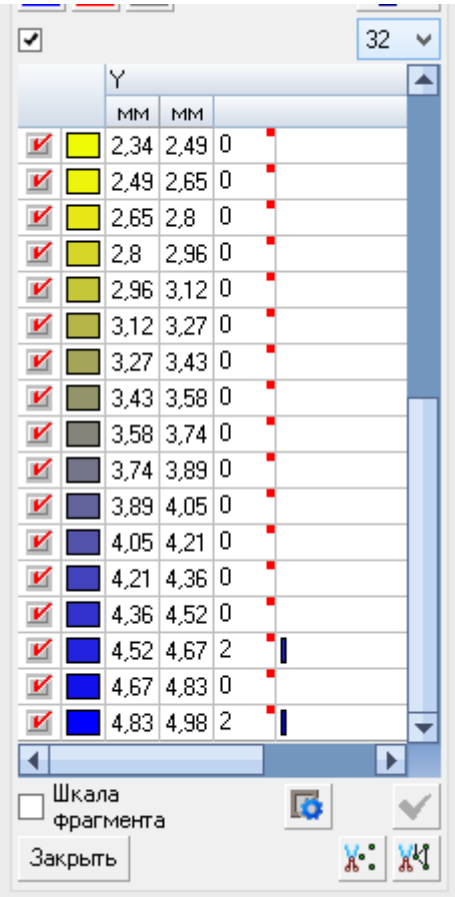
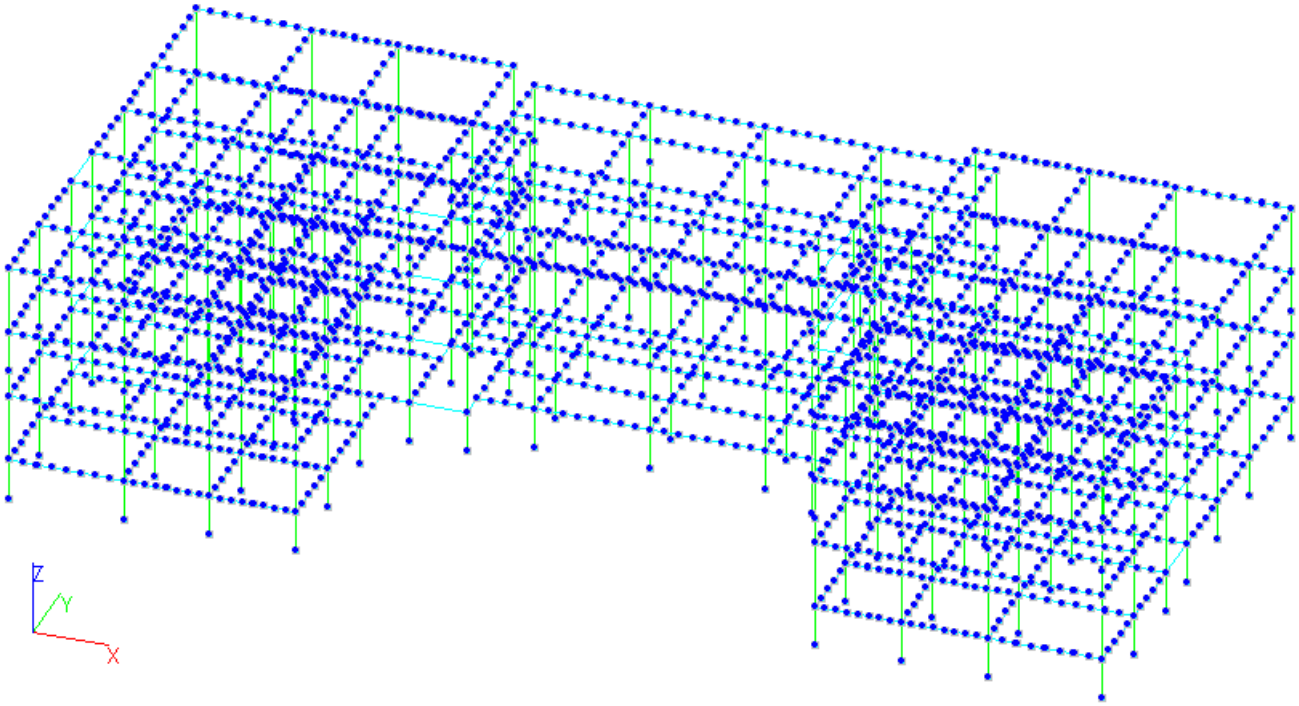


Рис.44. Перемещения по У, мм



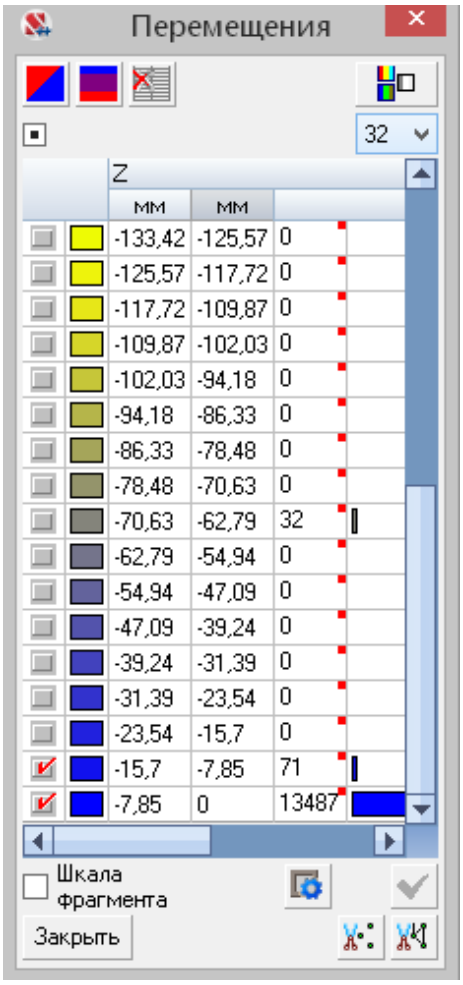


Рис.45. Перемещения по Z, мм

7.3 Подбор сечений элементов

Подбор сечений элементов осуществляется при помощи встроенного постпроцессора программы SCAD. Марки сталей приняты в соответствии с **СП 16.13330.2011**

- балки – вторая группа конструкций, сталь С245;
- колонны – третья группа конструкций, сталь С245.

7.3.1 Параметры подбора сечений колонн

В зависимости от положения колонны в каркасе (крайняя или средняя) будет меняться ее расчетная длина. Для каждого этажа создаем группы конструкций (крайние колонны и средние). На рис 47. приведён пример задания характеристик для расчета группы колонн первого этажа. Для всех остальных колонн параметры заданы аналогичным образом.

Расчетные длины крайних колонн определяются как для однопролетной многоэтажной рамы, расчетные длины средних колонн как для многопролётной многоэтажной рамы.

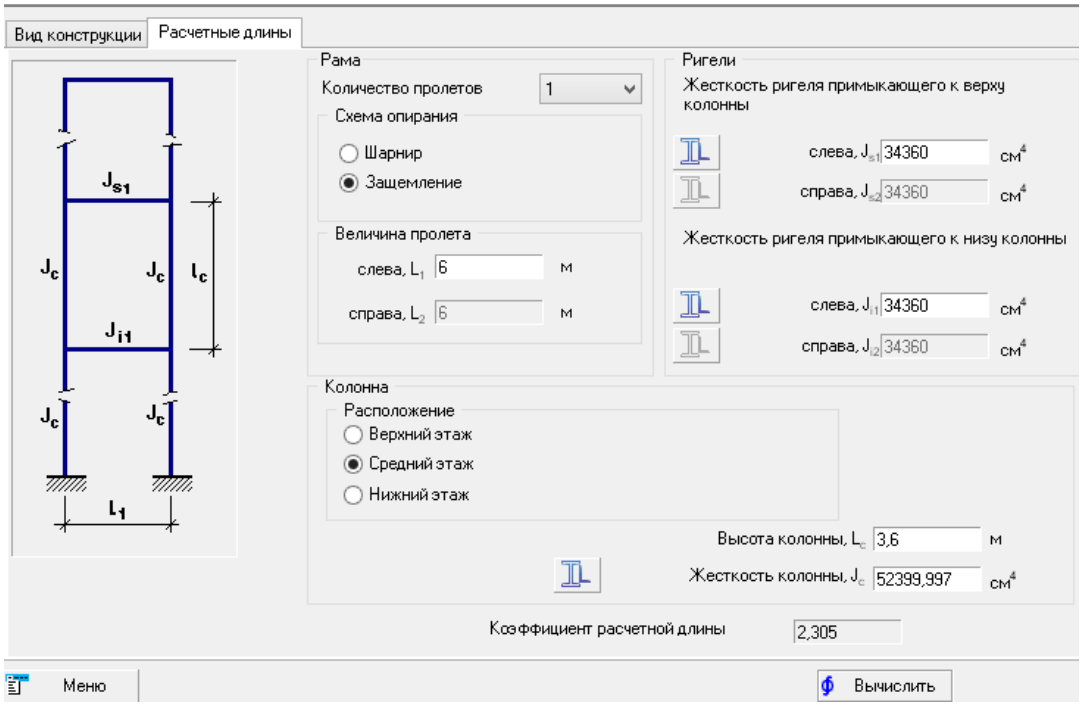
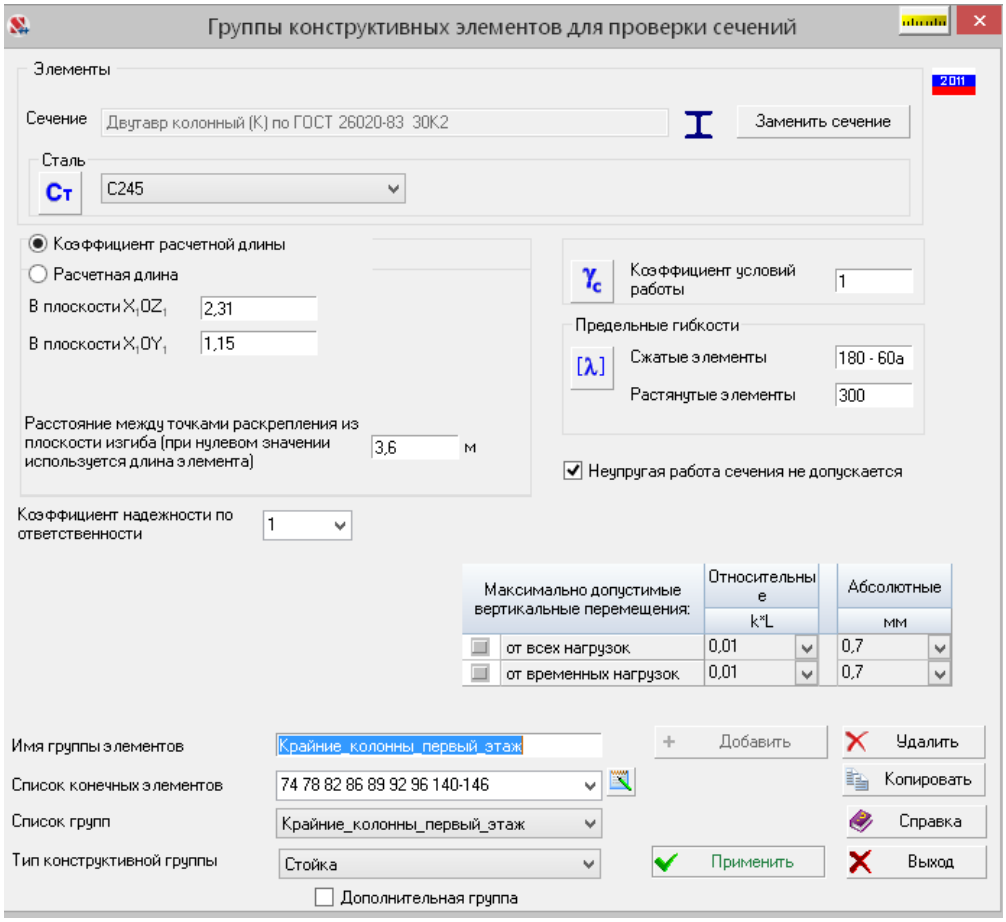


Рис.46. Определение расчетных длин колонн крайнего ряда



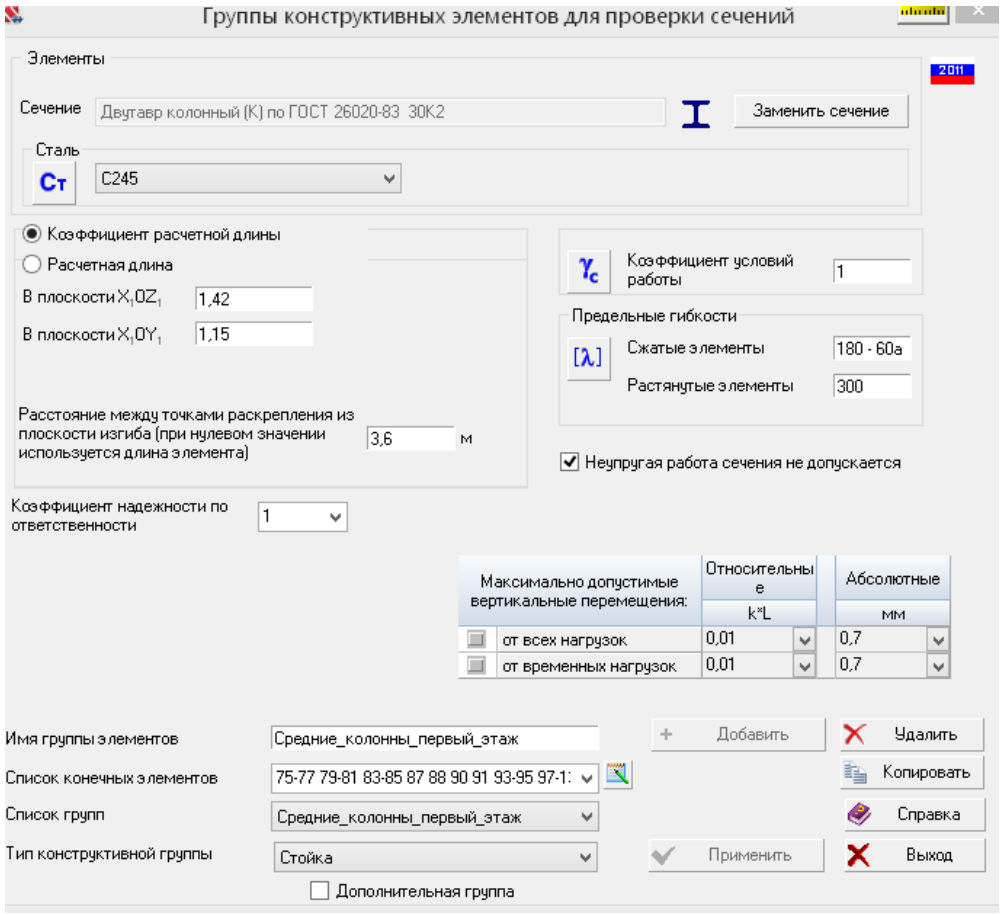
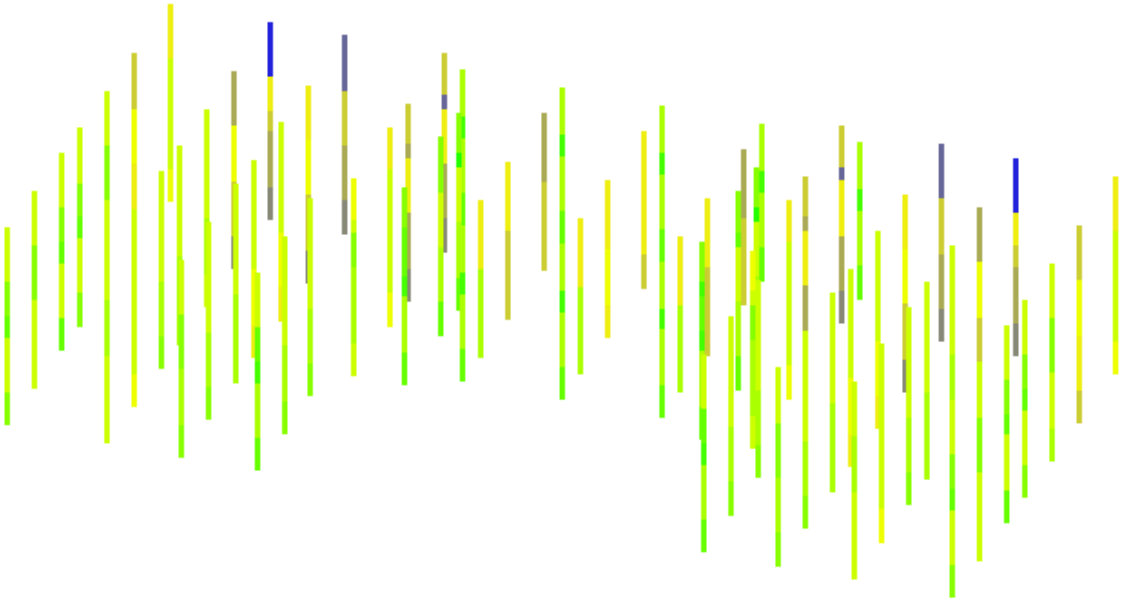


Рис.47. Задание характеристик для конструирования колонн первого этажа

По результатам расчета для колонн подобрано сечение из прокатного двутавра 30К2.



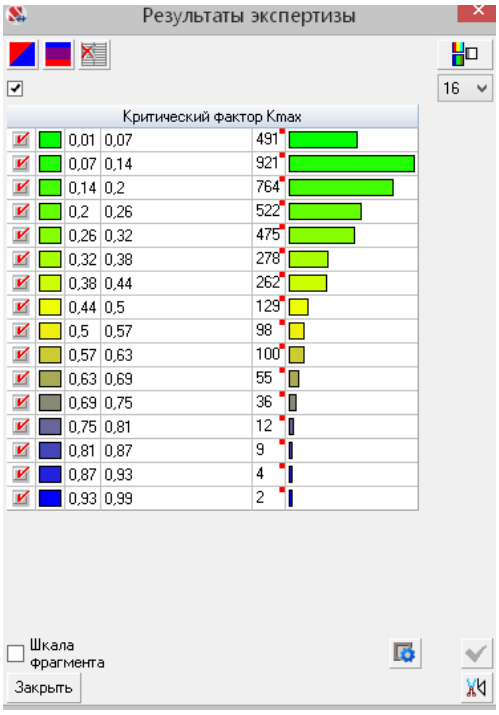


Рис.48. Результат подбора сечений колонн

Запасы прочности по сечению колонн приняты из условия конструирования рамного узла сопряжения ригеля со стенкой колонны и из условия унификации отправочных марок на строительной площадке.

7.3.2 Параметры подбора сечений балок

Таблица 9 «Предельные прогибы для балок»

2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов): а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете , м: 1 3 6 24 (12) 36 (24)	Эстетико-психологические	$l/120$ $l/150$ $l/200$ $l/250$ $l/300$	Постоянные и длительные
б) покрытий и перекрытий при наличии перегородок под ними	Конструктивные	Принимаются в соответствии с приложением Е.1	Приводящие к уменьшению зазора между несущими элементами конструкций и перегородками, расположенными под элементами
в) покрытий и перекрытий при наличии на них элементов, подверженных растрескиванию (стяжек, полов, перегородок)	То же	$l/150$	Действующие после выполнения перегородок, полов, стяжек
г) покрытий и перекрытий при наличии тельферов (талей), подвесных кранов, управляемых: с пола	Технологические	$l/300$ или $a/150$ (меньшее из двух)	Временные с учетом нагрузки от одного крана или тельфера (тали) на одном пути

из кабины	Физиологические	$l/400$ или $a/200$ (меньшее из двух)	От одного крана или тельфера (тали) на одном пути
д) перекрытий, подверженных действию: перемещаемых грузов, материалов, узлов и элементов оборудования и других подвижных нагрузок (в том числе при безрельсовом напольном транспорте) нагрузок от рельсового транспорта:	Физиологические и технологические	$l/350$	0,7 полных нормативных значений временных нагрузок или нагрузки от одного погрузчика (более неблагоприятное из двух)
узкоколейного		$l/400$	От одного состава вагонов (или одной напольной машины) на одном пути
ширококолейного		$l/500$	То же

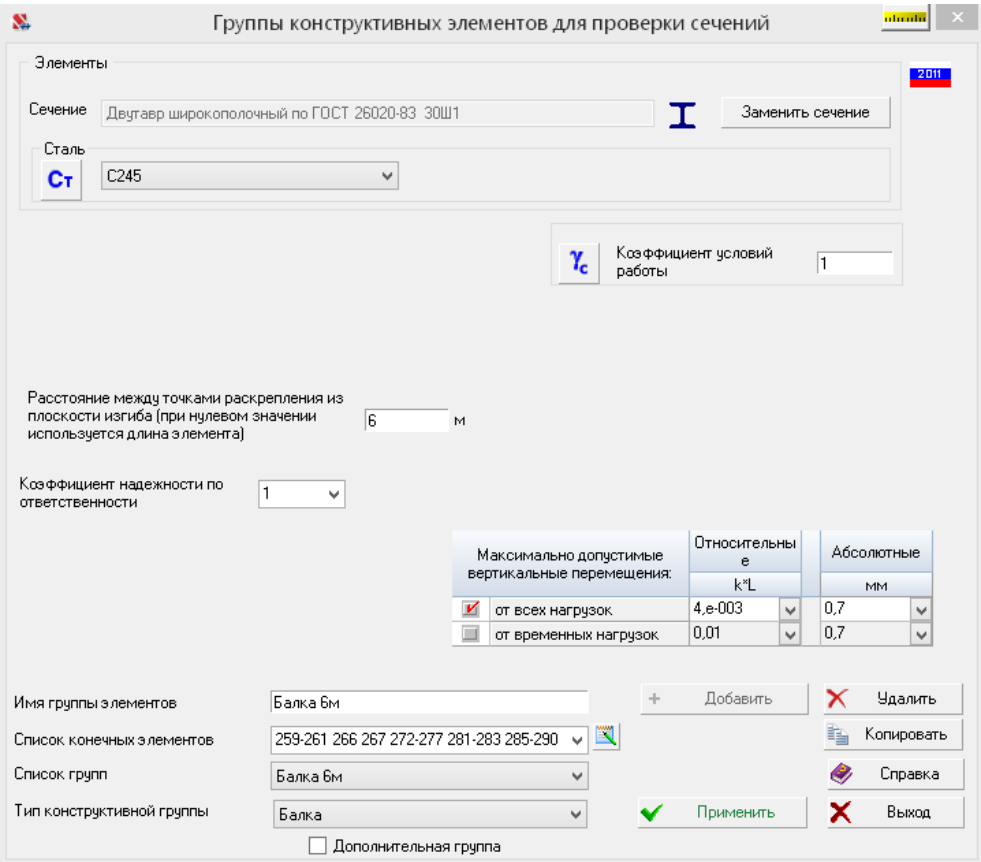


Рис.49. Параметры конструирования балок длиной 6м

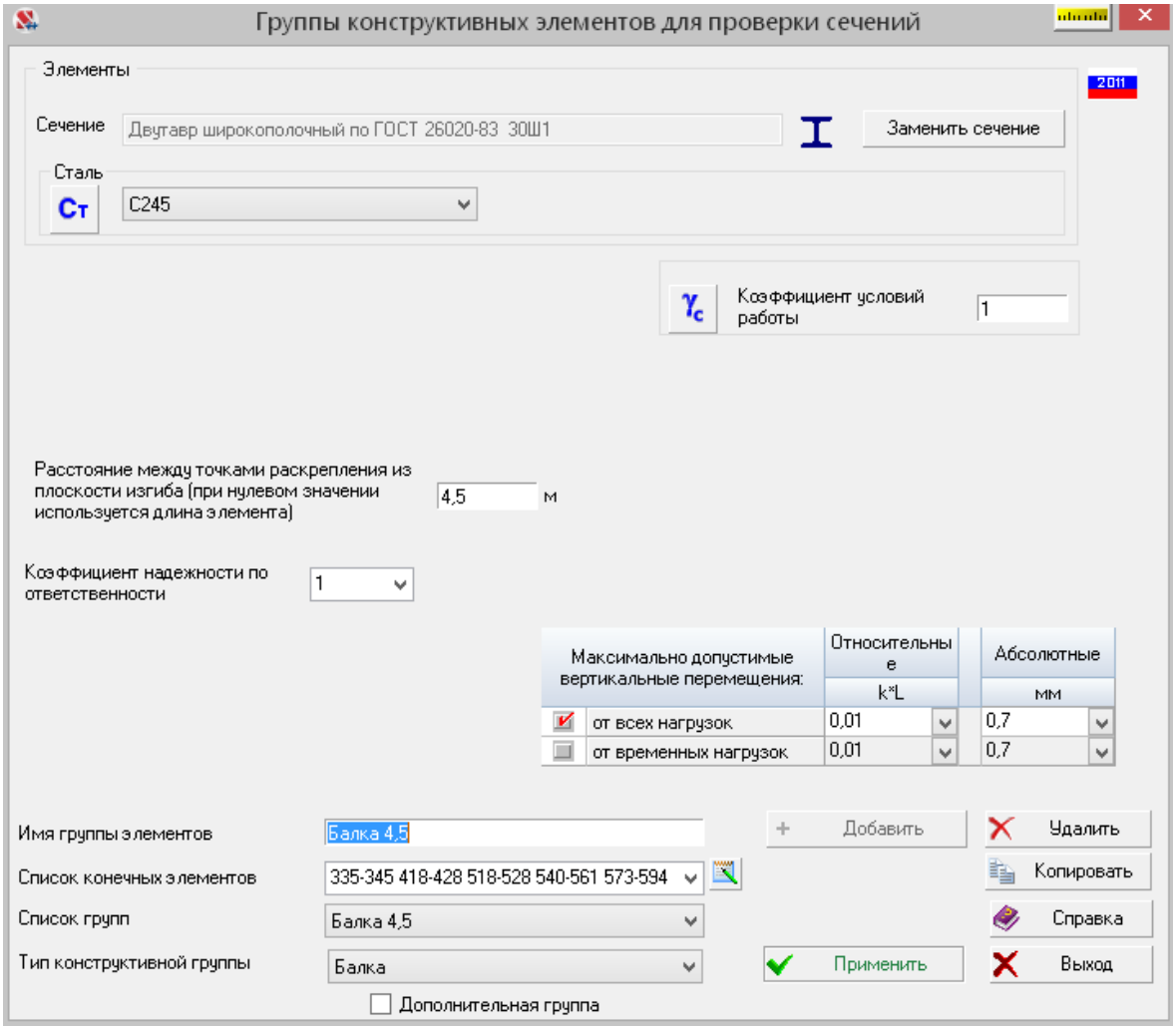


Рис.50. Параметры конструирования балок длиной 4,5м

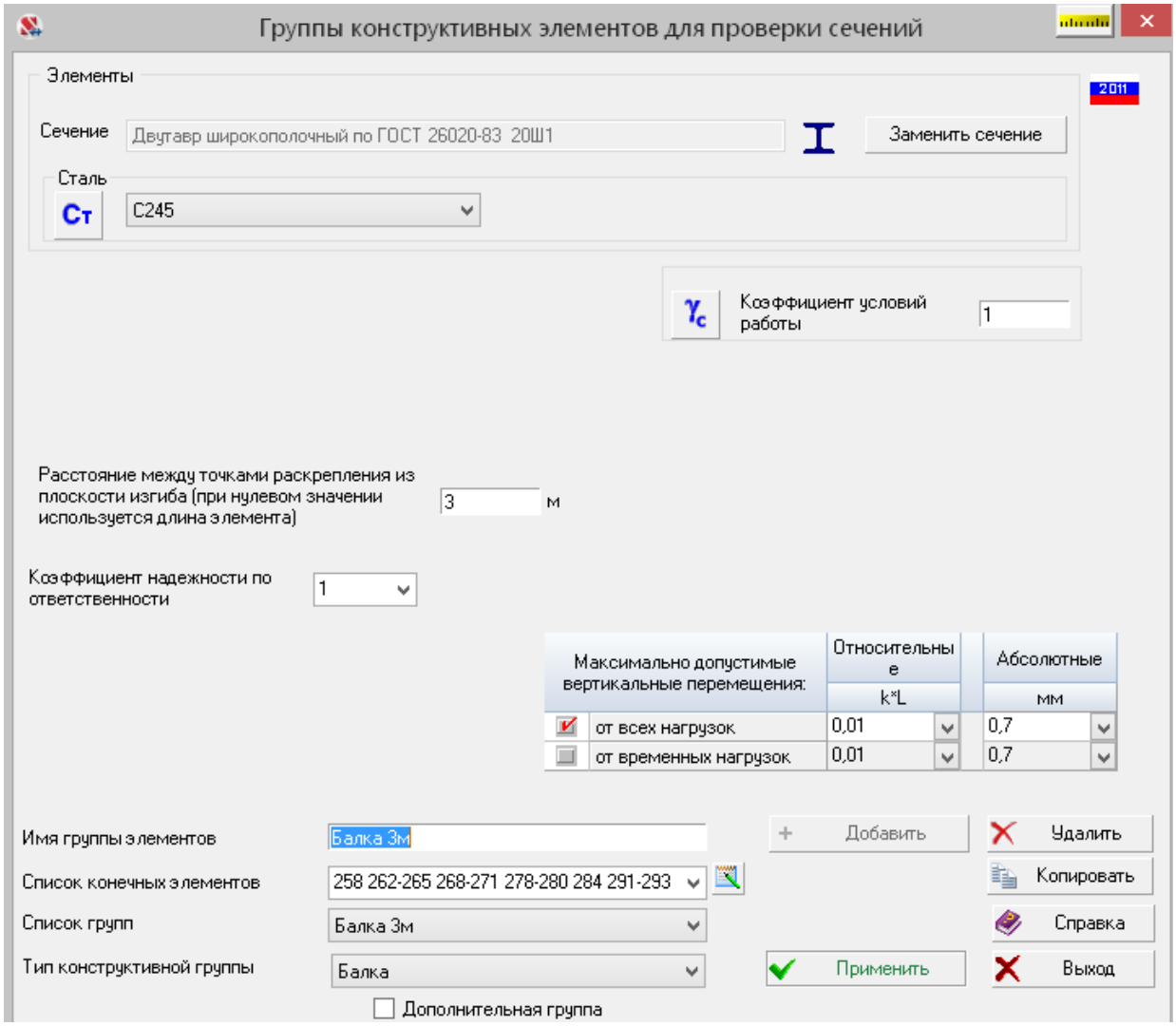
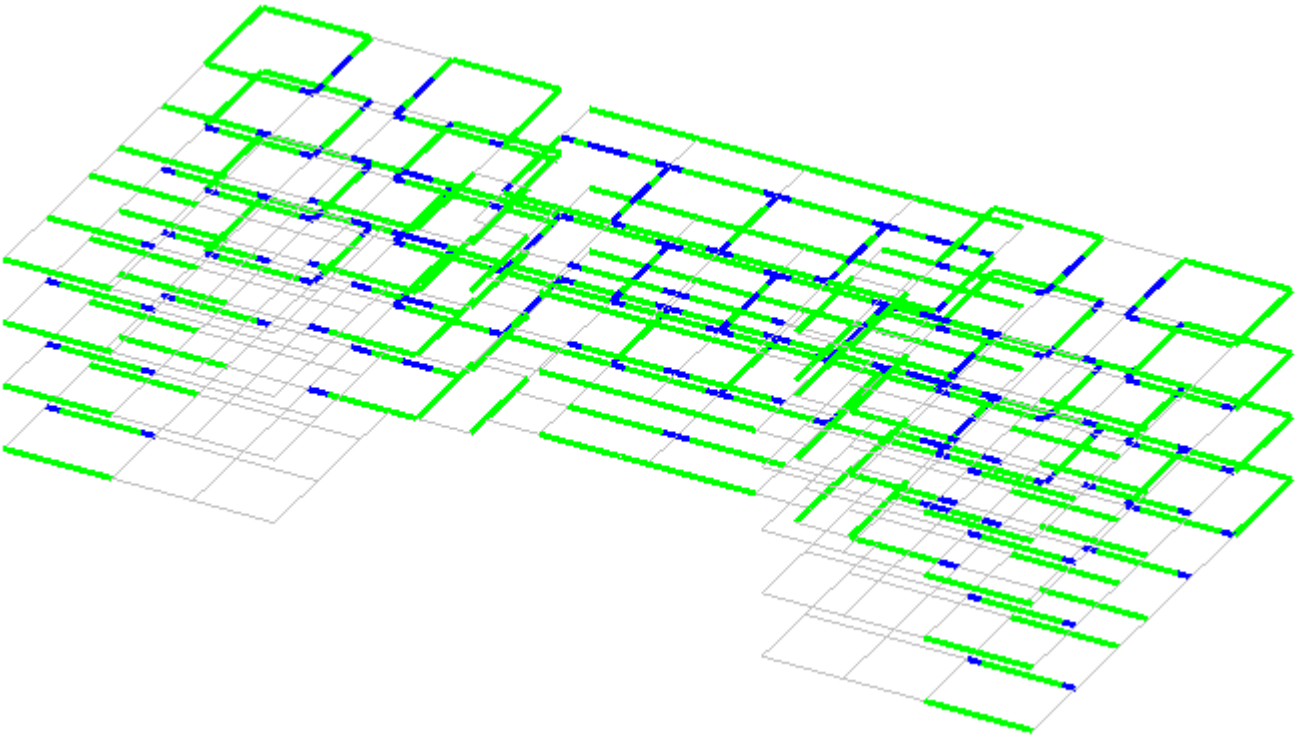


Рис.51. Параметры конструирования балок длиной 3м



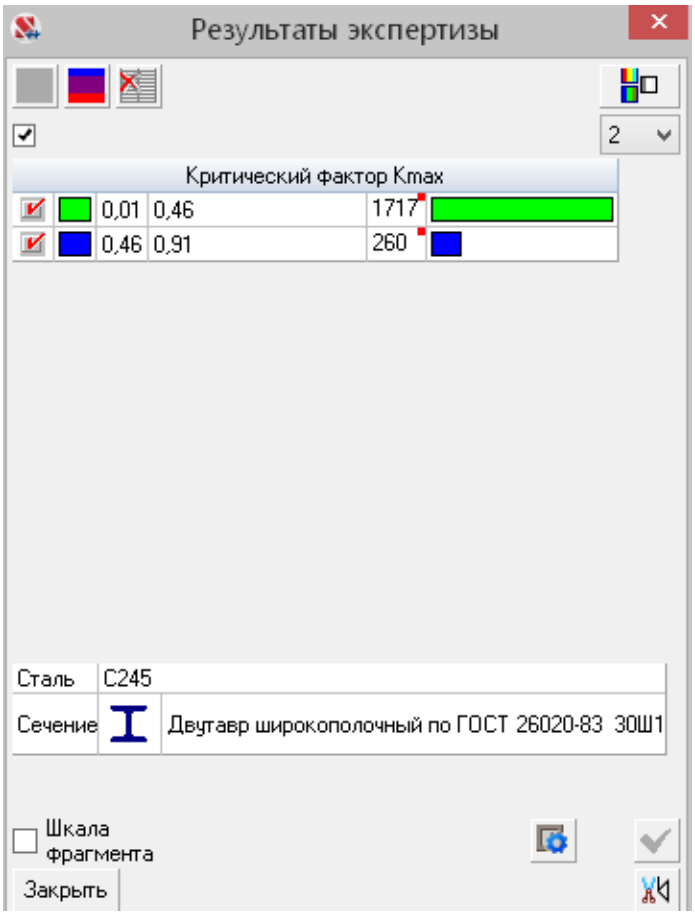
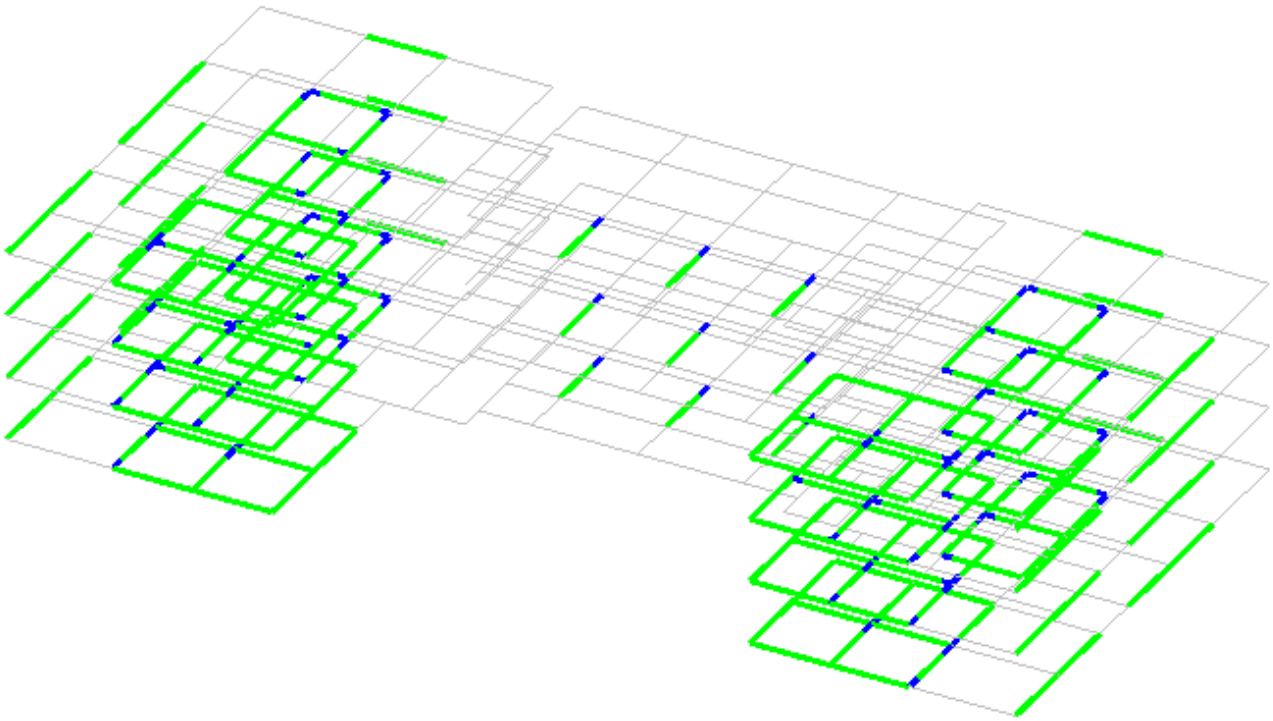


Рис.52. Результат подбора сечения балок длиной 6м



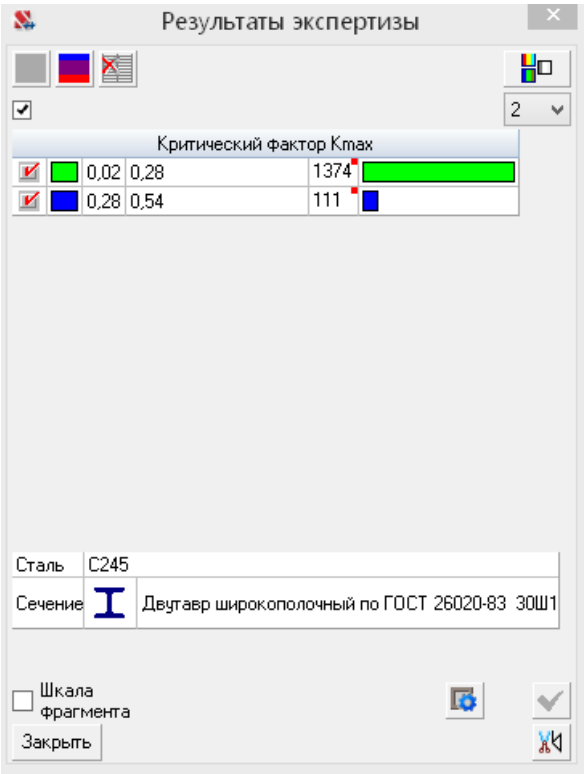
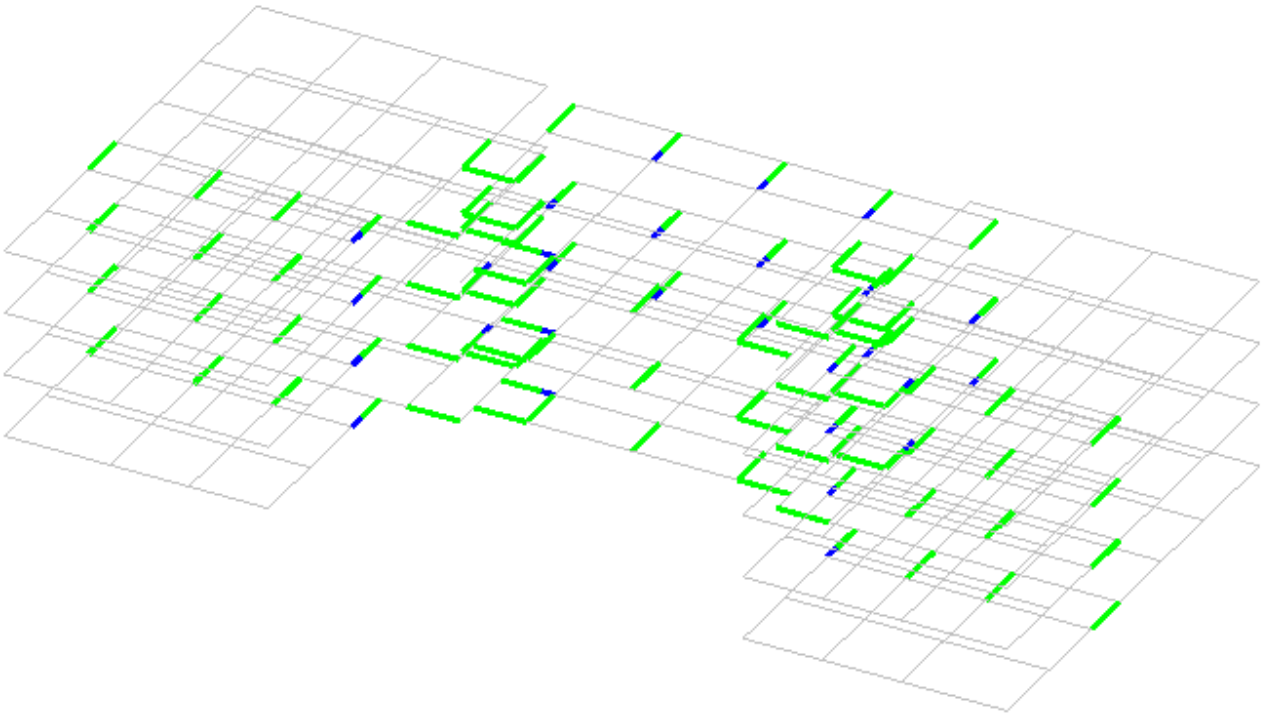


Рис.53. Результат подбора сечения балок длиной 4,5м



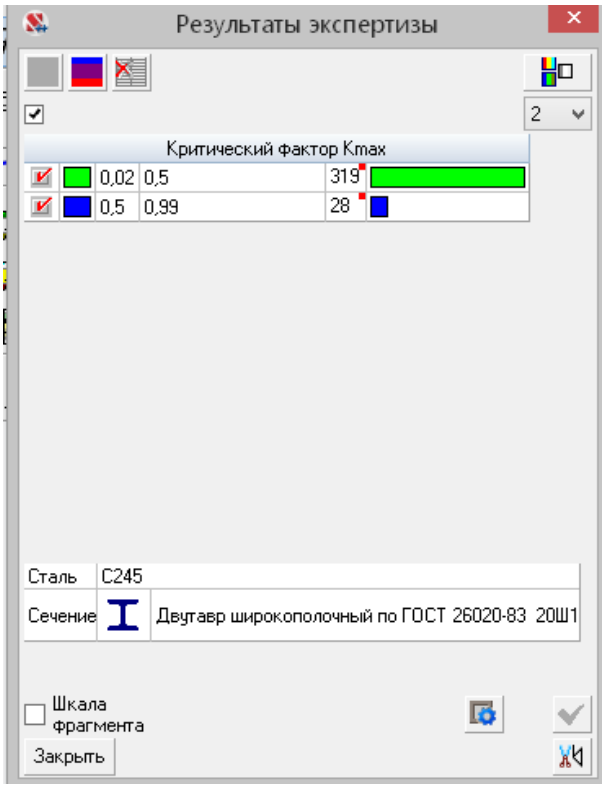


Рис.54. Результат подбора сечения балок длиной 3м

Запасы прочности по сечениям приняты исходя из конструирования рамного узла примыкания балок к колоннам с четырех сторон и обеспечения опирания плит перекрытия на балку на 100мм.

8. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

8.1 Узел сопряжения колонны с фундаментом

Для расчета базы колонны необходимо определить следующие расчетные сочетания:

$+M_{max}$, $N_{соответствующее}$; $-M_{max}$, $N_{соот}$; N_{max}, $+M_{соот}$; N_{max}, $-M_{соот}$.

По результатам статического расчета принимаем следующее сочетание:

N=-111,73 т., My=1,88 т*м, Mz=-1,25 т*м, Qz=-2,49т, Qy=-1,66т.

Марка стали назначается по приложению В СП16.133302011 таблица В.1. Сталь опорный плиты принимаем С255

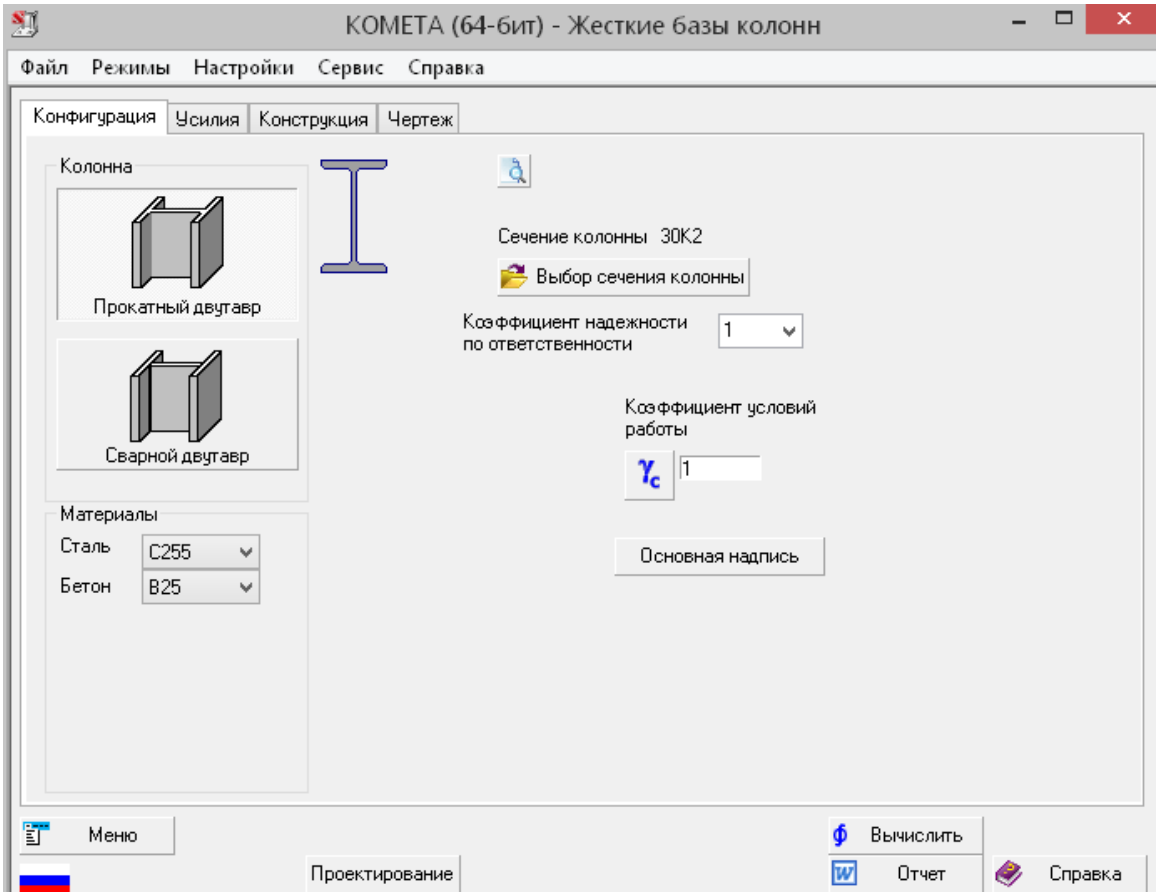
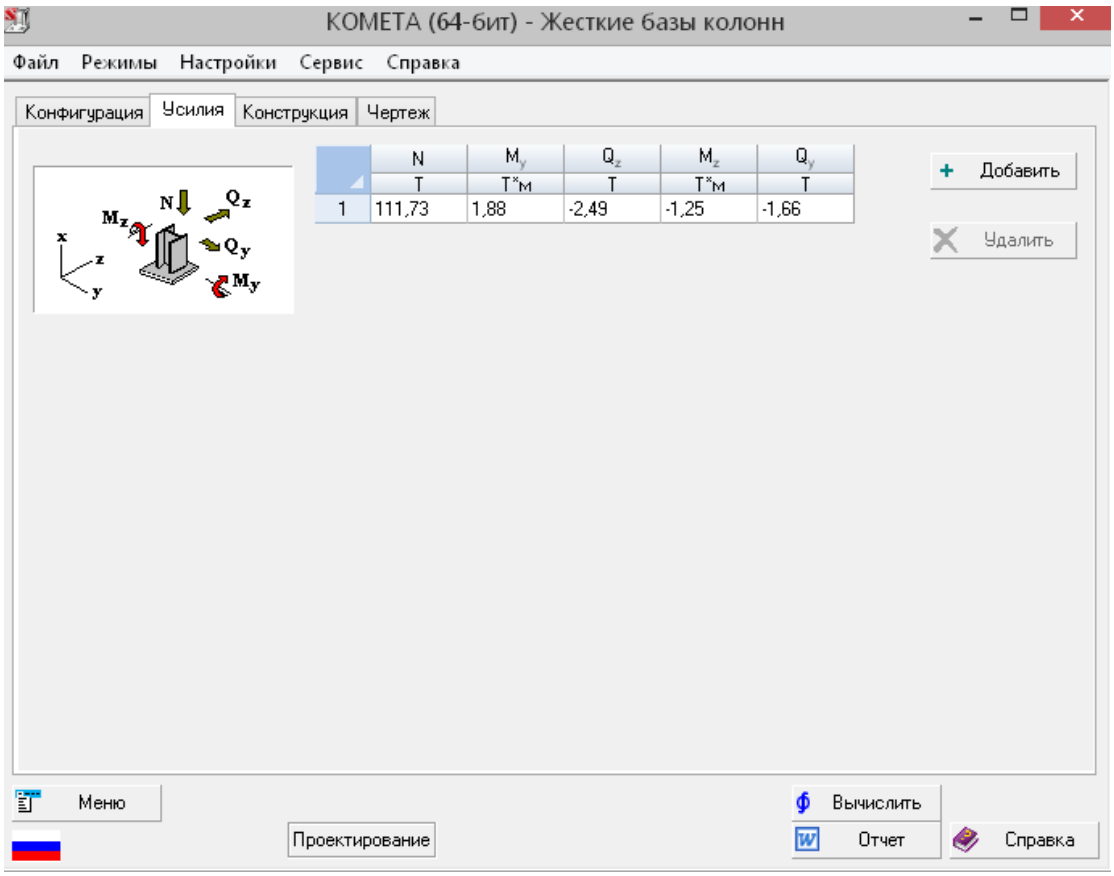


Рис.55. Параметры подбора базы колонны



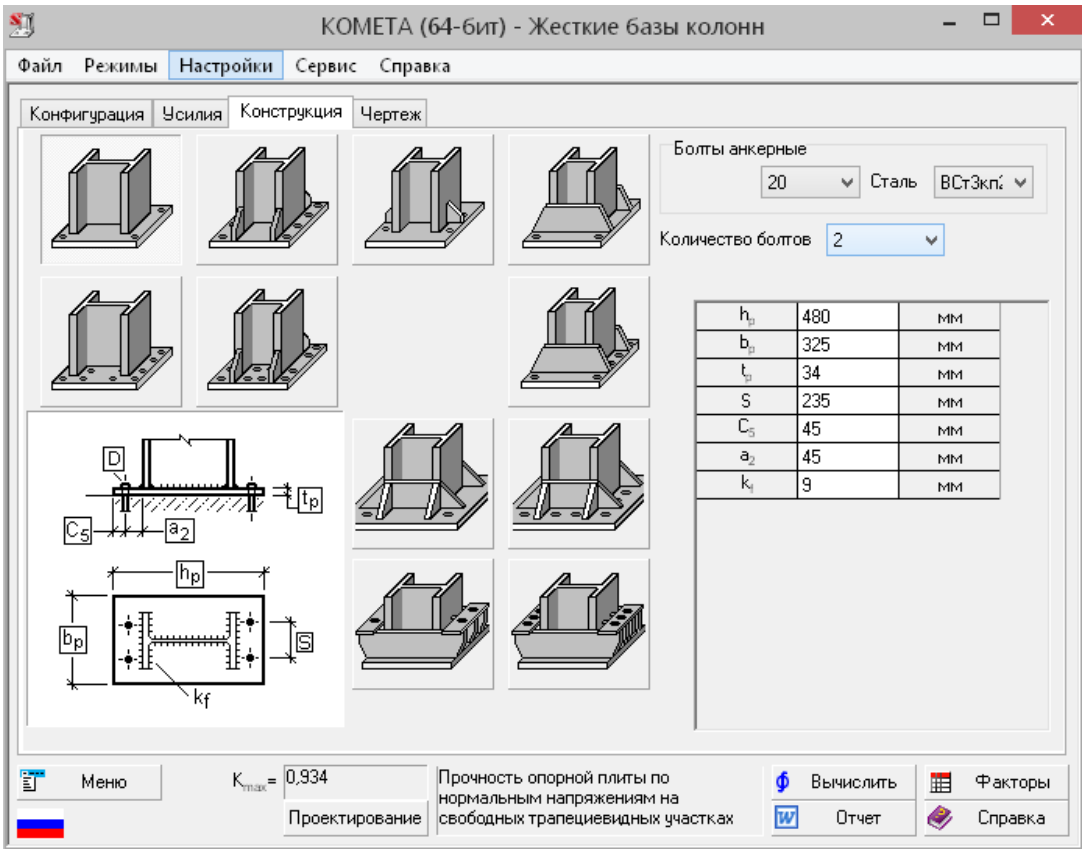


Рис.56. Параметры подбора базы колонны

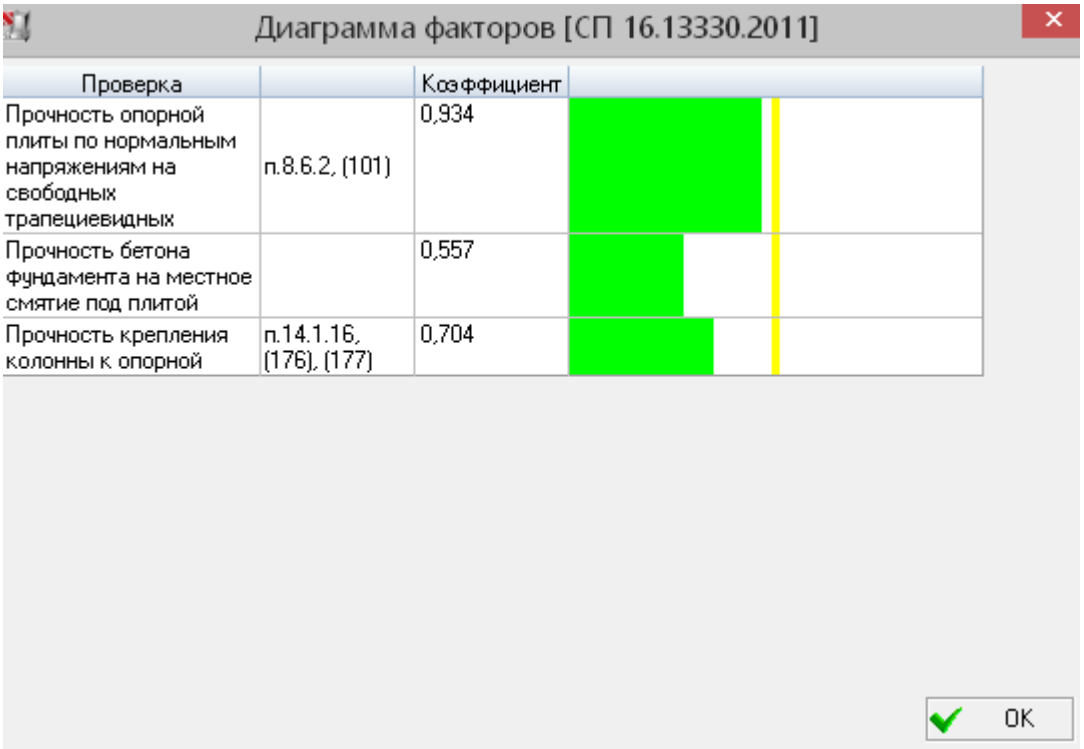


Рис.57. Результат подбора опорной плиты

В качестве опорной плиты принимаем лист t=36 мм 520x345, катеты сварных швов назначаем по таблице 38 СП16.133302011 но не более 1,2*t_{min}, K_f=10.

8.2 Рамный узел сопряжения балок с колоннами

Рамный узел рассчитывается на восприятие поперечной силы и изгибающего момента в сечении. Расчет узла ведется по рис. 58.

В данном проекте изгибающие моменты передаются через горизонтальные накладки («рыбки»), привариваемые на монтаже стыковыми швами к колоннам и фланговыми швами к полкам балок. Опорные реакции балок передаются на колонну через вертикальные накладки, приваренные к полке колонны и стенке балки соответственно заводскими и монтажными сварными швами.

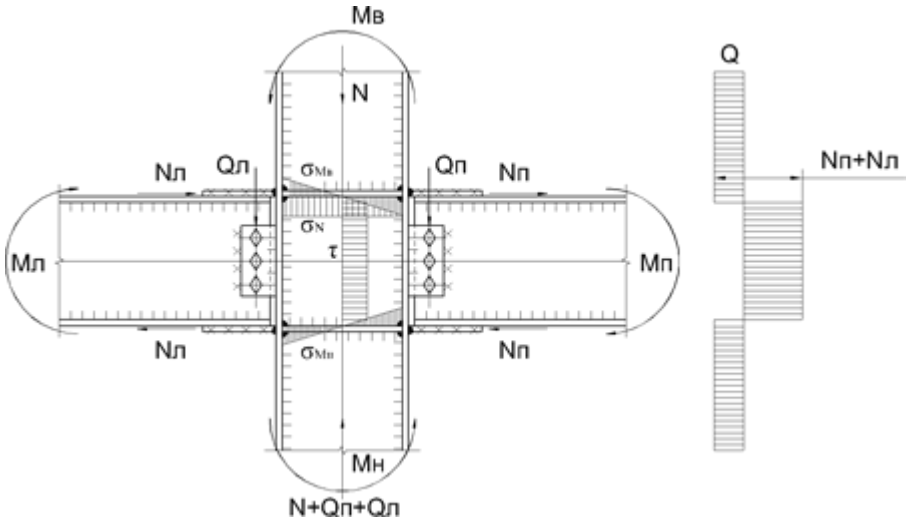


Рис.58. Схема работы рамного узла

В запас прочности допускаем, что ригель примыкает к колонне с одной стороны (не учитываем разгружающей момент от второго ригеля).

Усилия в максимально нагруженном узле:

M= -17,25 т*м;

N= -0,41т;

Q= 10,98т.

Катеты сварных швов назначаем по таблице 38 СП16.133302011, K_f=8.

Марка стали назначается по приложению В СП16.133302011 таблица В.1. Принимаем сталь марки С245.

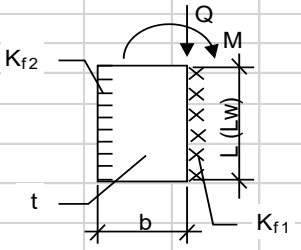
Верхняя и нижняя накладка: лист t=12мм

Боковая накладка лист t=12мм.

Расчет произведен на основании рекомендаций типовых серий. Расчет узла оформлен в табличной форме EXCEL.

РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАКЛАДОК

Проверка сечения накладок



Q =	10,98	т	τ_{xy} = 1,5*Q / (t*L) < R_s*y_c					
M =	1,43	т*м	б = 6*M / (t*L^2) < R_y*y_c					
t =	1,2	см	$б_{ef}$ = КОРЕНЬ ($б^2$+3*τ^2) < 1,15*R_y*y_c					
b =	13,0	см						
L =	23,0	см	τ_{xy} =	597	кг/см^2	<	1400 кг/см^2	Условие выполнено
n =	1		б =	1352	кг/см^2	<	2450 кг/см^2	Условие выполнено
			$б_{ef}$ =	1702	кг/см^2	<	2818 кг/см^2	Условие выполнено

Проходит 1 накладка -12x230

Проверка сварных швов на чистый срез

k_{f1} =	0,8	см	τ_{wf} = Q / (n*B_f*k_f*L_w) < R_{wf}*y_{wf}*y_c					При выполнении условия (1)
L_w =	22,0	см						расчет выполняется только
n =	2							по металлу шва
Чистый срез --->			τ_{wf} =	467	кг/см^2	<	2050 кг/см^2	Условие выполнено

Проходят 2 шва 8x220 на чистый срез

Проверка сварных швов на срез с изгибом

k_{f2} =	0,8	см	τ_{wQ} = Q / (n*B_f*k_f*L_w) < R_{wf}*y_{wf}*y_c					При выполнении условия (1)
L_w =	22,0	см	τ_{wM} = 6*M / (n*B_f*k_f*L_w^2) < R_{wf}*y_{wf}*y_c					расчет выполняется только
n =	2		τ_{wMQ} = КОРЕНЬ (τ_Q^2+τ_M^2) < R_{wf}*y_{wf}*y_c					по металлу шва
			τ_{wQ} =	467	кг/см^2	<	2050 кг/см^2	Условие выполнено
			τ_{wM} =	1737	кг/см^2	<	2050 кг/см^2	Условие выполнено
			τ_{wMQ} =	1799	кг/см^2	<	2050 кг/см^2	Условие выполнено

Проходят 2 шва 8x220 на срез с изгибом

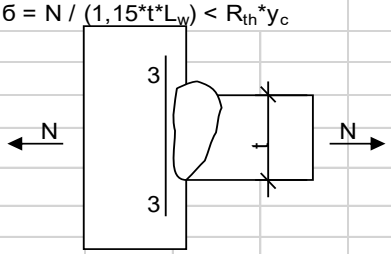
k_f (min)=	0,6	см	k_f (max)=	0,96	см	85* Bf * kf =	47,6	см

РАСЧЕТ ТАВРОВОГО СОЕДИНЕНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПОПЕРЕК ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

Расчет производится по сечению 3-3

1) б = N / (1,15*t*L_w) < R_{th}*y_c

N =	50,27	т	
t =	1,2	см	
L_w =	26,0	см	
k_f =	0,8	см	<-- только для случая 2)

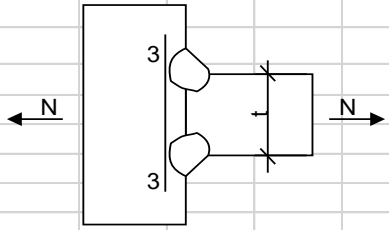


Расчет выполнен для случая 1

2) б = N / (2,8*B_f*k_f*L_w) < R_{th}*y_c

б = 1401 кг/см^2 < 1850 кг/см^2

Условие выполнено



9. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Степень огнестойкости здания - I по СП 2.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», п. 6.7.15.

Класс конструктивной пожарной опасности – С 0 по табл. 6.13 СП 2.13130.2009.

Огнестойкость и устойчивость здания при пожаре обеспечивается пределами огнестойкости конструкций и узлов их сопряжения, принятыми по табл. 21 приложения к Федеральному закону №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также мероприятиями по предотвращению распространения пожара.

Огнестойкость стальных конструкций обеспечена устройством конструктивной огнезащиты в соответствии с сертифицированными решениями ROCKWOOL на основе плит из каменной ваты CONLIT SL150 и жаростойкого клея CONLIT Glue. Типовой узел устройства огнезащиты путем оклейки стальных конструкций плитами из каменной ваты см.рис.59. Степень огнестойкости несущих и основных элементов каркаса (колонны, балки, связи) принимается R 120. Расчет требуемой толщины минераловатной плиты выполнен в сертифицированной программе производителя.

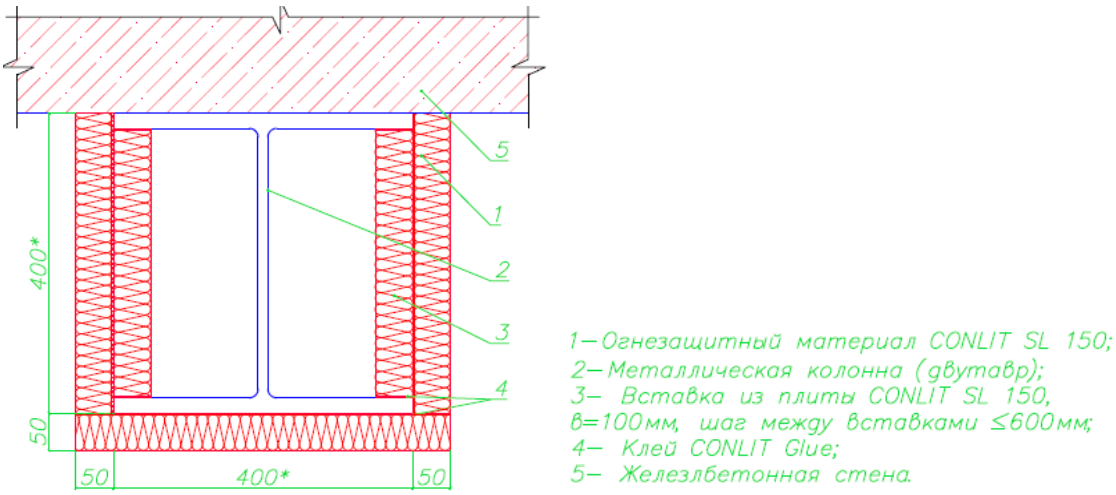


Рис.59. Устройство конструктивной огнезащиты

Расчет требуемой толщины огнестойких минераловатных плит

Балки

Б1

Параметр	Значение	Ед. изм.
Тип	Двутавр	
Наименование	Б1	
Стандарт	Балка Ш ГОСТ 26020-83	
Огнезащита	3 стороны	
Тип обогрева	короб	
Высота, h	291	мм
Ширина, h	291	мм
Толщина стенки, s	8	мм
Толщина полок, t	11	мм
Площадь сечения	68,31	см²
Масса 1 м.п.	53,6	кг
Периметр обогрева	782	мм
Приведенная толщина металла	8,74	мм

Параметр	Значение	Ед. изм.
Предел огнестойкости	120	мин
Толщина CONLIT SL 150	25	мм
Масса изделий	321,6	кг
Длина изделия	6	м
Объём изоляции	0,12	м³
Объем вставок	0,02	м³
Площадь огнезащитного покрытия	4,69	м²
Масса клея CONLIT Glue	7,04	кг

Колонны

К1

Параметр	Значение	Ед. изм.
Тип	Двутавр	
Наименование	К1	
Стандарт	Балка К ГОСТ 26020-83	
Огнезащита	4 стороны	
Тип обогрева	короб	
Высота, h	300	мм
Ширина, h	300	мм
Толщина стенки, s	10	мм
Толщина полок, t	15,5	мм
Площадь сечения	122,7	см²
Масса 1 м.п.	96,3	кг
Периметр обогрева	1200	мм
Приведенная толщина металла	10,23	мм

Параметр	Значение	Ед. изм.
Предел огнестойкости	120	мин
Толщина CONLIT SL 150	25	мм
Масса изделий	346,68	кг
Длина изделия	3,6	м
Объём изоляции	0,11	м³
Объем вставок	0,01	м³
Площадь огнезащитного покрытия	4,32	м²
Масса клея CONLIT Glue	6,48	кг

Связи

Св1

Параметр	Значение	Ед. изм.
Тип	Угол равнополочный	
Наименование	Св1	
Стандарт	Уголок равнопол ГОСТ 8509-93	
Огнезащита	4 стороны	
Тип обогрева	короб	
Высота, h	90	мм
Ширина, b	90	мм
Толщина полок, t	6	мм
Площадь сечения	10,6	см²
Масса 1 м.п.	8,33	кг
Периметр обогрева	360	мм
Приведенная толщина металла	2,94	мм

Параметр	Значение	Ед. изм.
Предел огнестойкости	120	мин
Толщина CONLIT SL 150	70	мм
Масса изделий	26,66	кг
Длина изделия	3,2	м
Объём изоляции	0,08	м³
Площадь огнезащитного покрытия	1,15	м²
Масса клея CONLIT Glue	1,73	кг

10. ПОДБОР МНОГОПУСТОНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ.

Подбор плит перекрытия выполняется по несущей способности плиты.

Согласно серии, расчетная несущая способность плиты, без учета собственного веса 800 кг/м^2. В проекте максимальная нагрузка на плиту (за вычетом собственного веса плиты), с учетом полезной нагрузки составляет 750 кг/м^2.

Несущая способность плиты выше максимальной нагрузки, приходящей на плиты перекрытия. В проекте приняты стандартные плиты перекрытия по ГОСТ 9561-2016