

УДК 696/697

UDC 696/697

**КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОБСЛЕДОВАНИЯ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ
СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ С ВЫШКАМИ
СВЯЗИ**

**COMPLEX METHOD OF INSPECTION OF
BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AT
TEAMWORK BY COMMUNICATION
TOWERS**

Коженко Наталья Владимировна
ассистент

Kozhenko Natalia Vladimirovna
assistant

Дегтярев Владимир Георгиевич
магистр техники и технологии

Degtyarev Vladimir Georgievich
master of techniques and technology

Дегтярев Георгий Владимирович
д.т.н., профессор, «Заслуженный строитель
Кубани»

Degtyarev Georgiy Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor, Deserved builder of Kuban

Табаев Иван Алексеевич
студент
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Tabaev Ivan Alekseevich
student
*Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia*

В статье предлагается разработанный и
усовершенствованный алгоритм для
комплексного обследования зданий и сооружений
при совместной работе с вышками связи.
Представлено обследование здания,
осуществленное по описанному алгоритму

In this article we developed and improved the
algorithm for complex inspection of buildings and
constructions at teamwork with communication
towers. The inspection of a building which was made
using the described algorithm is presented

Ключевые слова: АЛГОРИТМ,
ОБСЛЕДОВАНИЕ, ЗДАНИЕ, СООРУЖЕНИЕ,
ВЫШКА СВЯЗИ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ, МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ

Keywords: ALGORITHM, INSPECTION,
BUILDING, CONSTRUCTION,
COMMUNICATION TOWER, MATHEMATICAL
MODEL, METHODS OF NONDESTRUCTIVE
CONTROL

В настоящее время ряд жилых зданий и производственных сооружений используют как основу – фундамент под вышки сотовой связи. Большая часть таких сооружений имеет значительный физический износ и различные повреждения основных конструктивных элементов, который чаще всего не берут во внимание при проектировании вышек. Именно из-за ряда не учтенных факторов по конструктиву, служащему основанием вышек, в последствие возникает множество неблагоприятных факторов, как для владельцев здания или сооружения, так и для владельцев вышек.

По решению данного вопроса практически отсутствуют теоретические работы, охватывающие комплекс, связанный с обследованием, как отдельных конструкций, так и зданий в целом,

служащих своего рода фундаментом под другие сооружения. Информация в различных источниках по современным методам обследования зданий крайне ограничена, а описанные в ней алгоритмы, если рассматривать их по отдельности, противоречивы, что соответственно может приводить к ошибкам.

В результате проведенного анализа существующих методик [1;2] был разработан алгоритм комплексного обследования зданий, представленный на рисунке 1 и включающий необходимые стадии. Алгоритм применим для решения поставленного вопроса. Комплексное обследование несущих конструкций и всего здания или сооружения в целом имеет главную цель — определить действительное техническое состояние конструкций, их способность воспринимать действующие в данный период расчетные нагрузки и обеспечивать нормальную эксплуатацию здания. Также необходимо осуществить прогнозирование дальнейшего поведения конструктива здания или сооружения по средствам построения математической модели, основанной на результатах комплексного обследования (с применением приборов неразрушающего контроля) и методе конечных элементов.

Для установки дополнительного оборудования в виде вышки сотовой связи на здание из, представленного на рисунке 1, алгоритма исключены две стадии – «Работы индивидуального характера» и «Параметры энергоэффективности», так как в данном случае в них нет необходимости. Данный алгоритм представлен на рисунке 2.

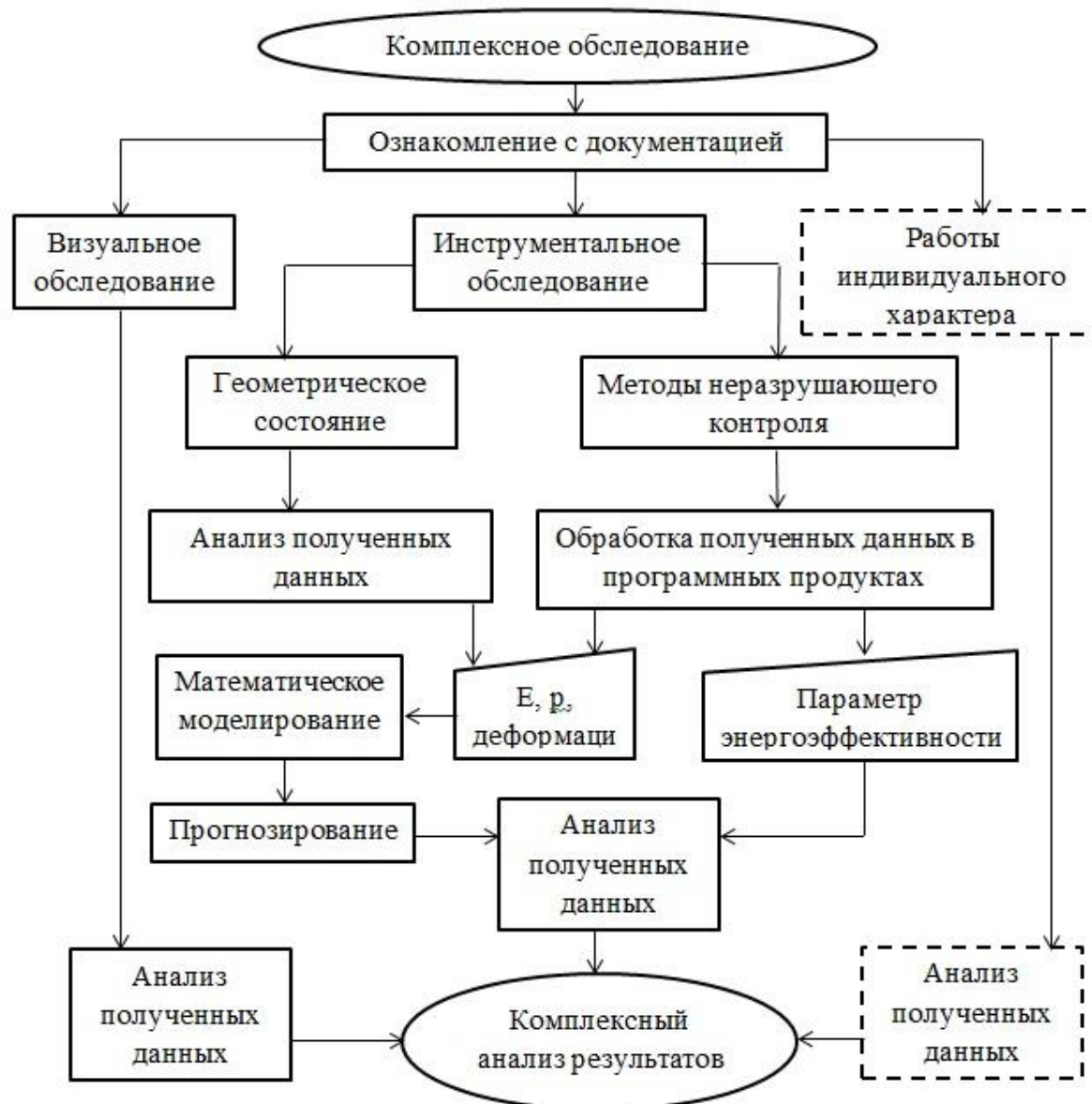


Рисунок 1 - Алгоритм комплексного обследования зданий и сооружений

По данному алгоритму было произведено обследование (основные положения по которому приведены ниже) на базе которого и были созданы проекты вышек сотовой связи, на ряде зданий реализованные в натуре.

Обследование здания

Первичным является изучение исходной документации, в качестве примера, по зданию, принадлежащему ГСК (гаражно-строительному

кооперативу), а также климатических характеристик района, в котором расположен объект [3].

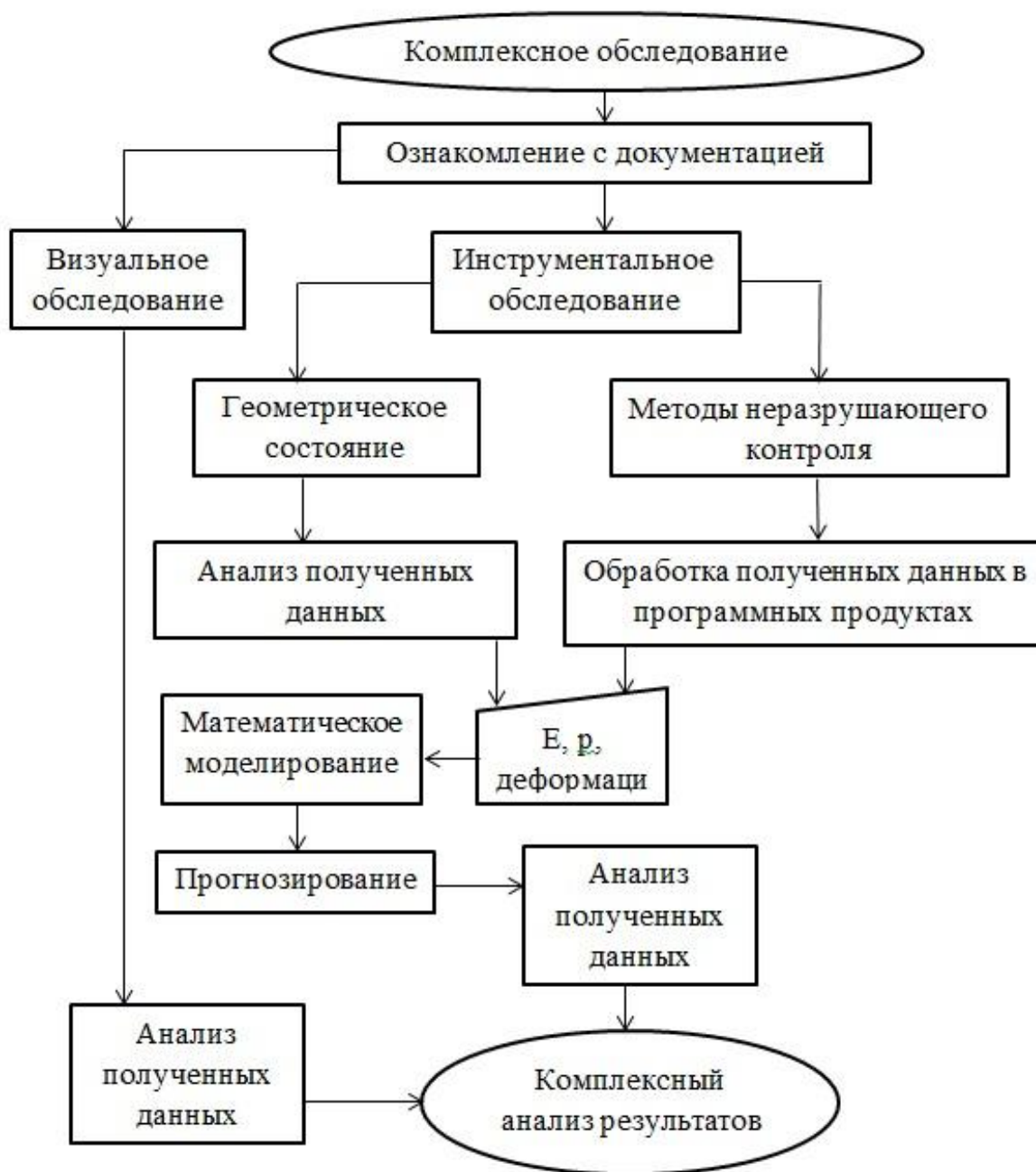


Рисунок 2 - Алгоритм комплексного обследования здания при его использовании как основания под вышки сотовой связи

Визуальное обследование

В результате установлено, что обследуемое здание ГСК – четырехэтажное, кровля плоская, конструктивное решение здания – каркасного типа.

Здание ГСК в плане имеет прямоугольную форму с высотой этажей:

- 1 этаж – 2,75 м;
- 2 этаж – 2,45 м;
- 3 этаж – 2,45 м;
- 4 этаж – 2,75 м.

Согласно визуальному обследованию ограждающие стены здания представлены в виде кирпичной кладки.

Междуэтажные перекрытия в здании ГСК – железобетонные сборные. Крыша здания плоская. Вертикальную связь в здании обеспечивают сборные колонны.

Анализ полученных данных по первой стадии алгоритма

В результате проведенного визуального обследования здания ГСК предварительно установлено, что здание находится в работоспособном состоянии.

Инструментальное обследование

Геометрическое состояние объекта

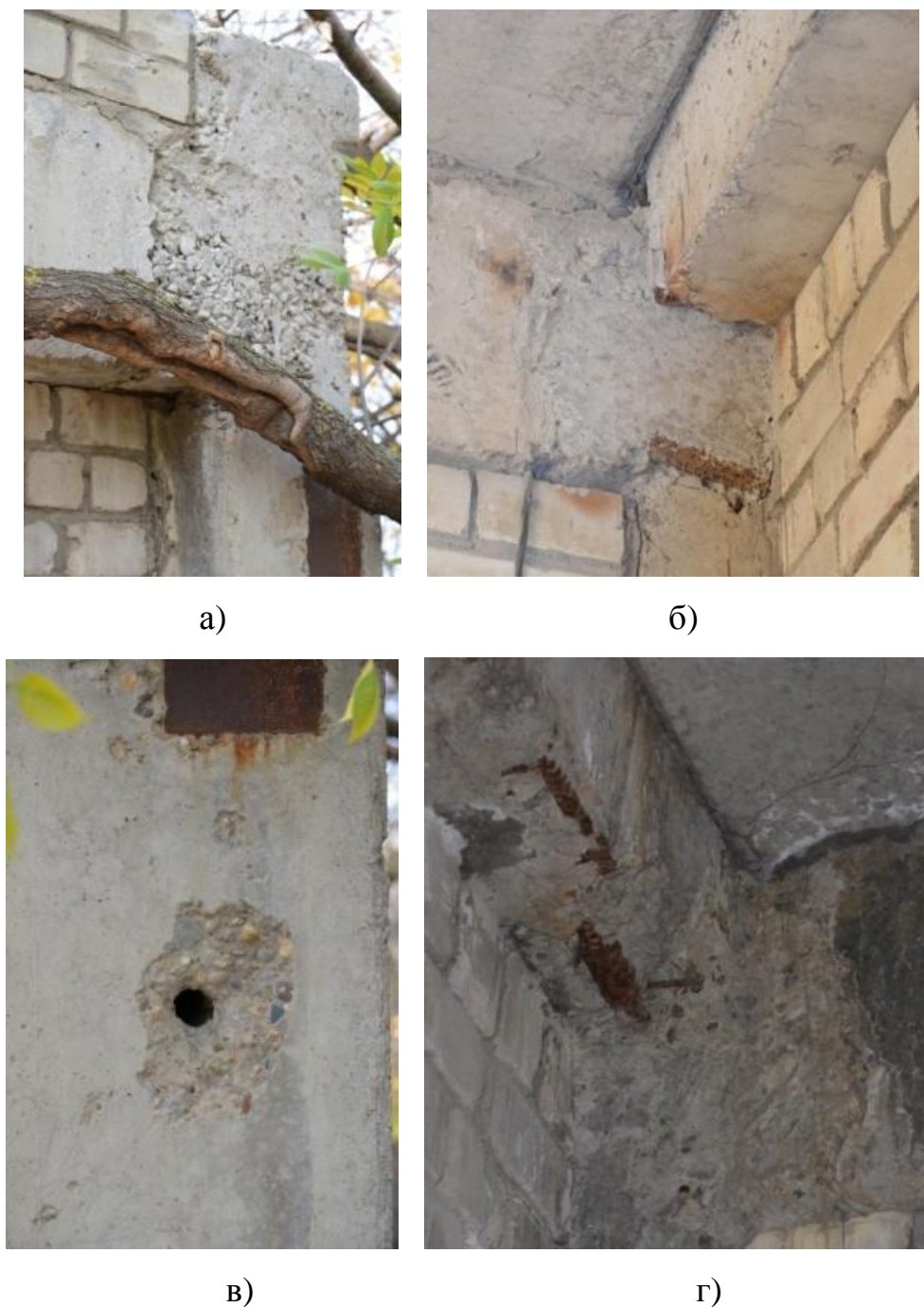
При реализации второй стадии алгоритма – инструментального обследования (раздел - геометрическое состояние) – были использованы приборы: зеркальная фотокамера «Nikon D5100», электронный дальномер Spectra Precision НД 50, измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.01; .

По результатам проведенной стадии геометрического состояния объекта, с целью выявления возможности установки нового оборудования, прежде всего, необходимо констатировать, что здание в настоящее время находится в работоспособном состоянии. Но также необходимо отметить наличие нижеследующих выявленных дефектов (см. рисунок 3):

- неуплотненная бетонная смесь в ряде колонн;
- наличие отверстия в колонне не соответствующего СНиП 2.03.01-84 [4]. Данные дефекты увеличивают неравномерные напряжения в теле колонн и способствуют, изначально, развитию волосяных трещин, а в дальнейшем могут привести и к разрушению тела колонн;
- наличие дефекта стыка конструкций – монолитные вставки из бетона пониженной прочности, а именно В15, что установлено на основании инструментального обследования прибором ИПС-МГ4.01;
- отсутствие защитного слоя бетона и наличие корродированной арматуры.

Анализ полученных данных по стадии геометрического состояния объекта

В результате проведенных работ по разделу инструментального обследования здания ГСК установлено, что здание находится в работоспособном состоянии. Также следует отметить дефекты в виде монолитных вставок из неуплотненной бетонной смеси и пробитые с нарушением СНиП 2.03.01-84 [4] отверстия. Именно на данной стадии обследования при помощи прибора ИПС-МГ4.01 получены параметры модулей упругости тела бетона, конструктивных элементов здания, которые в дальнейшем используются в математической модели здания, при следующей стадии обследования, осуществляя реальную связь фактического состояния конструктивных элементов здания с его проектными возможностями.



а)

б)

в)

г)

а – неуплотненный бетон;

б – монолитные вставки бетона пониженной прочности;

в – отверстие в колонне не соответствует СНиП 2.03.01-84;

г – отсутствие защитного слоя бетона и корродированность арматуры;

Рисунок 3 - Дефекты в здании ГСК

Методы неразрушающего контроля

При проведении подраздела второй стадии инструментального обследования – методы неразрушающего контроля - были использованы приборы: электронный тахеометр Focus 4(SP), дефектоскоп ультразвуковой А1220 Монолит, измеритель защитного слоя бетона ИПА-МГ 4.01.

В результате обработки полученных данных в соответствующих программных продуктах нами были получены необходимые фактические параметры (деформации различного рода и прочностные характеристики бетона) для ввода в математическую модель.

Математическое моделирование

1 Определение ветровых нагрузок

Расчетная схема здания с монтируемой на нем вышкой сотовой связи приведена на рисунке 4.

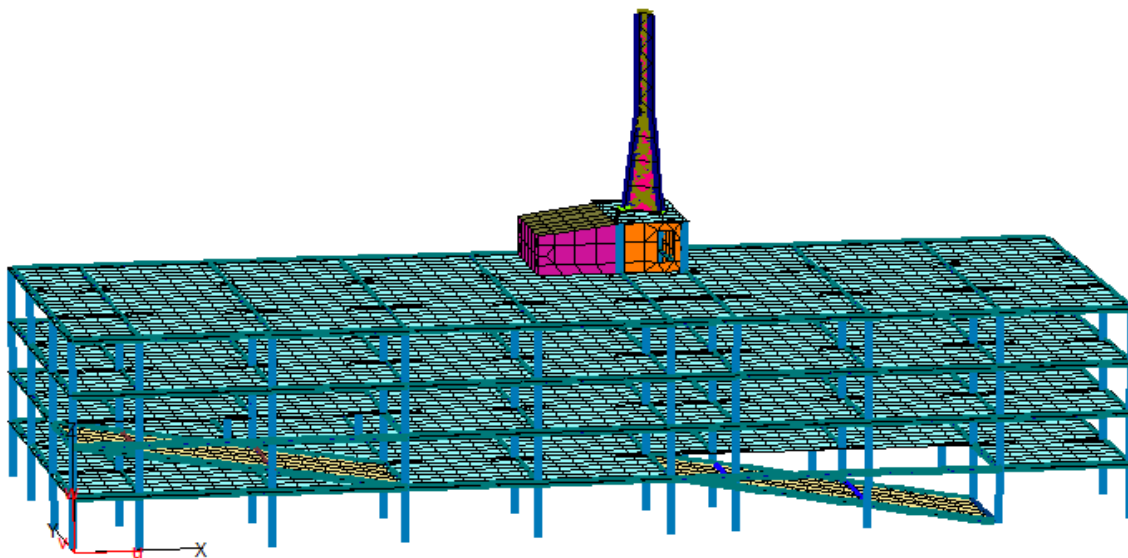


Рисунок 4 - Расчетная схема монтируемой вышки сотовой связи и здания

Произведем расчет по определению нормативного значения ветрового давления. Результаты расчета по определению компонентов ветровой нагрузки представлены на рисунке 5.

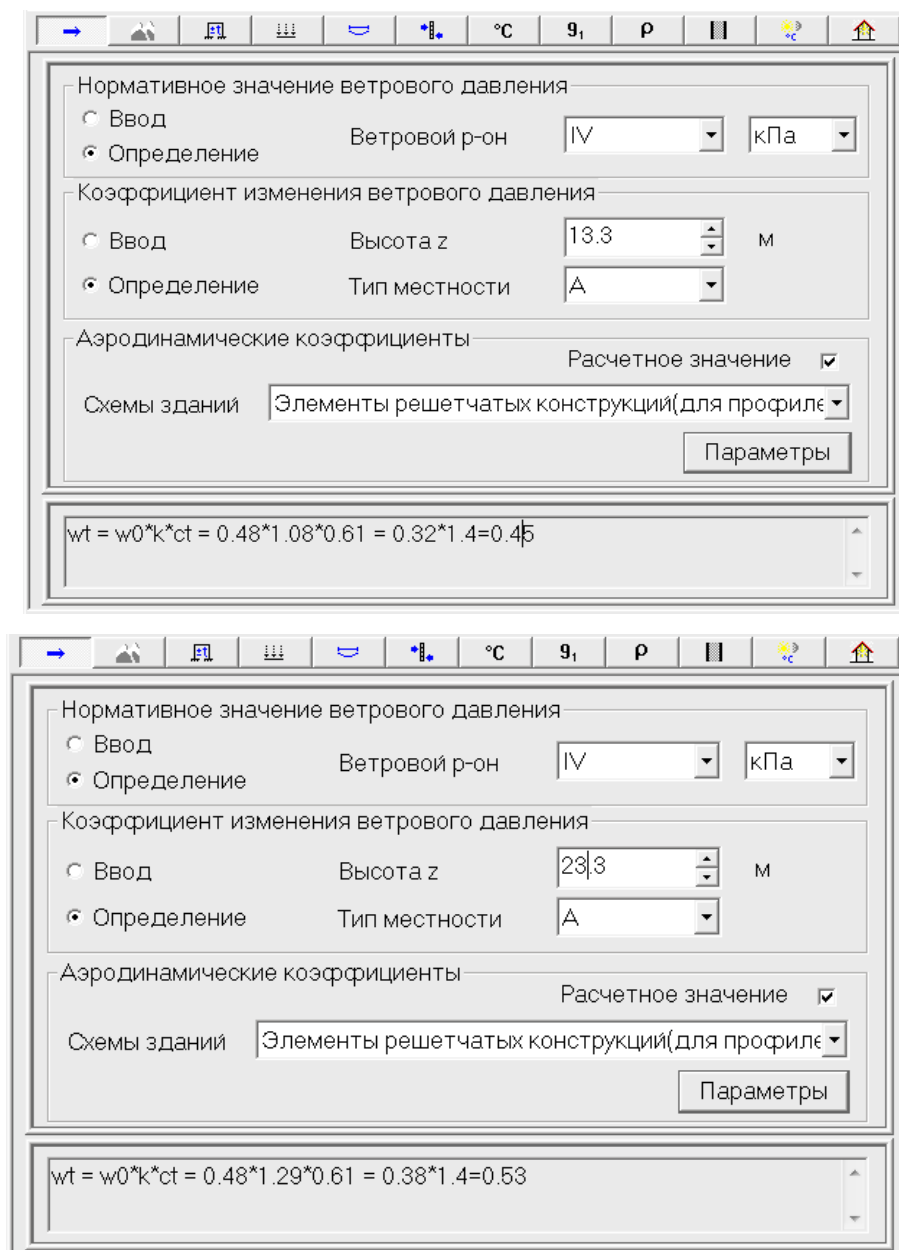


Рисунок 5 - Результаты расчета по определению компонентов ветровой нагрузки

Произведем расчет деформированных колебаний и определим значения частот колебаний, полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 Собственные частоты

Комбинации	Формы	W, рад/с	f, Гц	T, с
1	1	15.74	2.50	0.40
	2	20.27	3.23	0.31
	3	24.00	3.82	0.26
	4	39.47	6.28	0.16
	5	42.99	6.84	0.15
	6	46.50	7.40	0.14

Произведем расчет по определению пульсационной нагрузки по «Х» направлению. Данные для расчета представлены на рисунке 6.

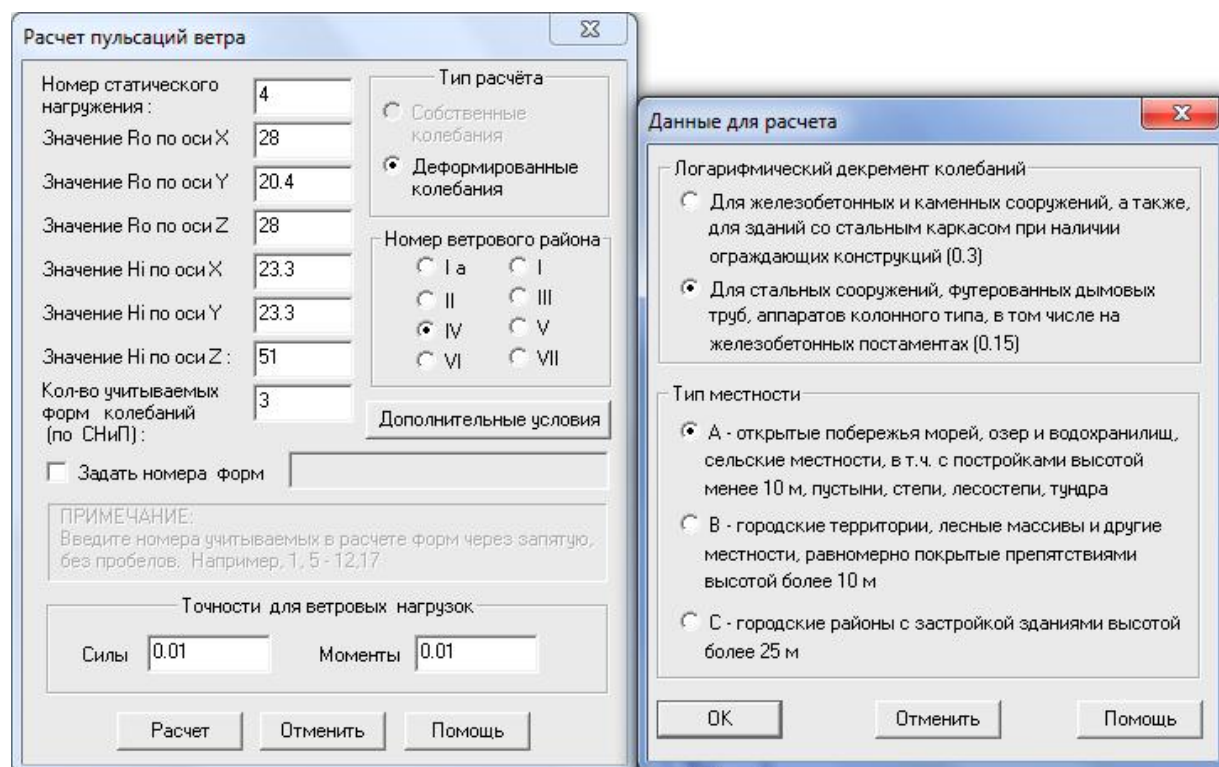


Рисунок 6 - Данные для расчета по определению пульсационной нагрузки по "Х"

Произведем расчет деформированных колебаний и определим значения частот колебаний с учетом ветровых воздействий по «У» направлению, полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 Собственные частоты

Комбинации	Формы	W, рад/с	f, Гц	T, с
1	1	15.74	2.50	0.40
	2	20.27	3.23	0.31
	3	24.00	3.82	0.26
	4	39,47	6,28	0,16
	5	42,99	6,84	0,15
	6	46,50	7,40	0,14

Произведем расчет по определению пульсационной нагрузки по «У» направлению. Данные для расчета представлены на рисунке 7.

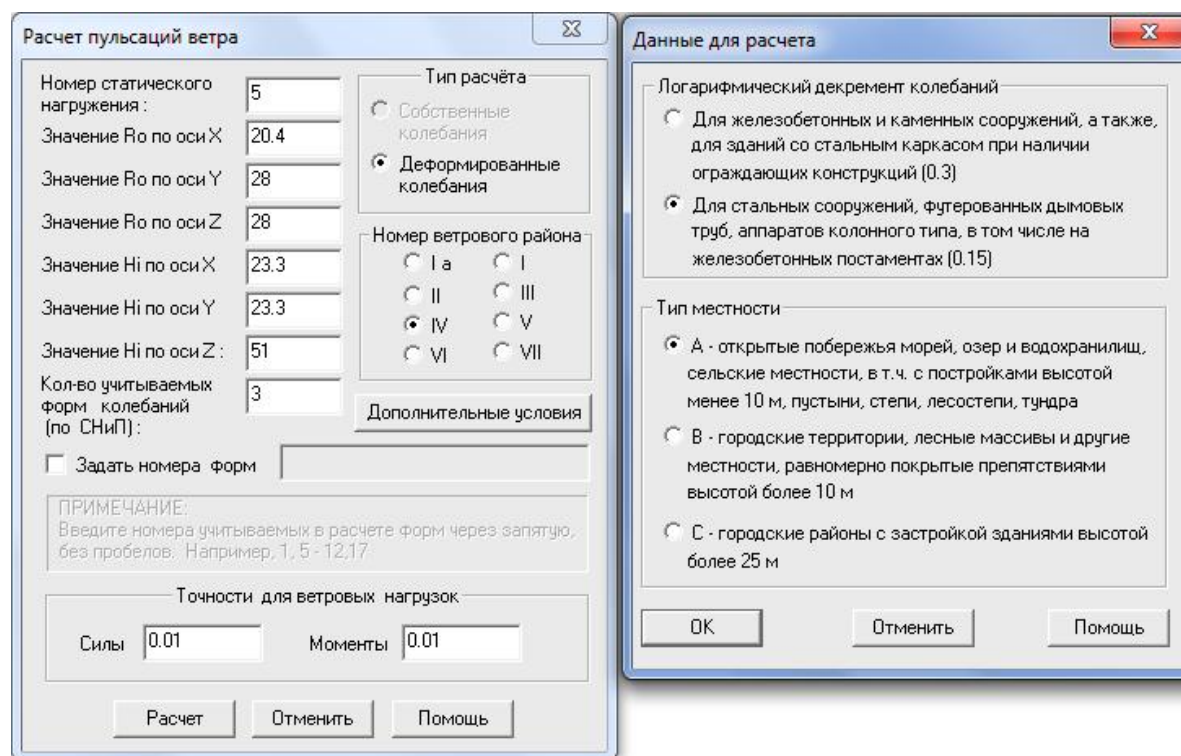


Рисунок 7 - Данные для расчета по определению пульсационной нагрузки по "У"

Вывод: в результате проведенных расчетов определены ветровые нагрузки с пульсационной составляющей.

2 Определение сейсмических нагрузок

Произведем расчет по определению форм и частот деформированных колебаний полученные результаты представлены в таблице 3.

Произведем расчет по определению наиболее опасного сейсмического воздействия. Произведем расчет по генерации сейсмических нагрузок от первого направления соответствующего низшему тону колебаний, данные для расчета приведены на рисунке 8.

Таблица 3 Собственные частоты

Комбинации	Формы	W, рад/с	f, Гц	T, с
1	1	15.74	2.50	0.40
	2	20.27	3.23	0.31
	3	24.00	3.82	0.26
	4	39,47	6,28	0,16
	5	42,99	6,84	0,15
	6	46,50	7,40	0,14
	7	46,77	7,44	0,13
	8	48,29	7,69	0,13
	9	48,61	7,74	0,13
	10	48,90	7,78	0,13
	11	49,23	7,84	0,13
	12	49,50	7,88	0,13

Произведем расчет по генерации сейсмических нагрузок от второго направления, данные для расчета приведены на рисунке 9.

Произведем расчет по генерации сейсмических нагрузок от наихудшего направления, данные для расчета приведены на рисунке 10.

Вывод: в результате проведенных расчетов определены

псевдостатические нагрузки.

3 Определение деформированного состояния плит покрытий лестничной группы

Для анализа возможности установки вышки сотовой связи на плиту покрытия лестничной группы необходимо произвести расчет по определению прогиба данного конструктива. Исследуемый фрагмент здания приведен на рисунке 11.

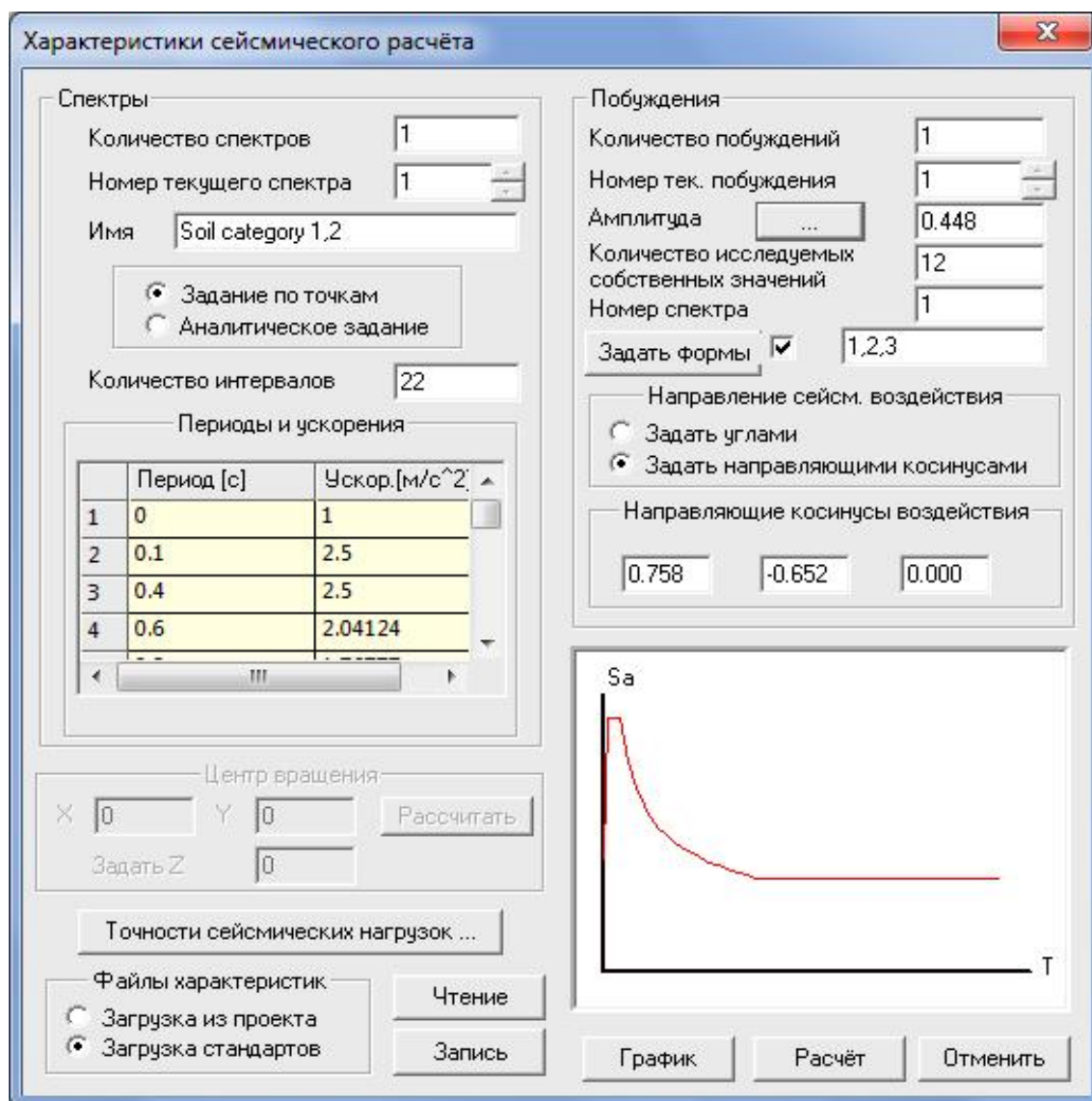


Рисунок 8 - Данные для генерации псевдостатических (сейсмических) нагрузок

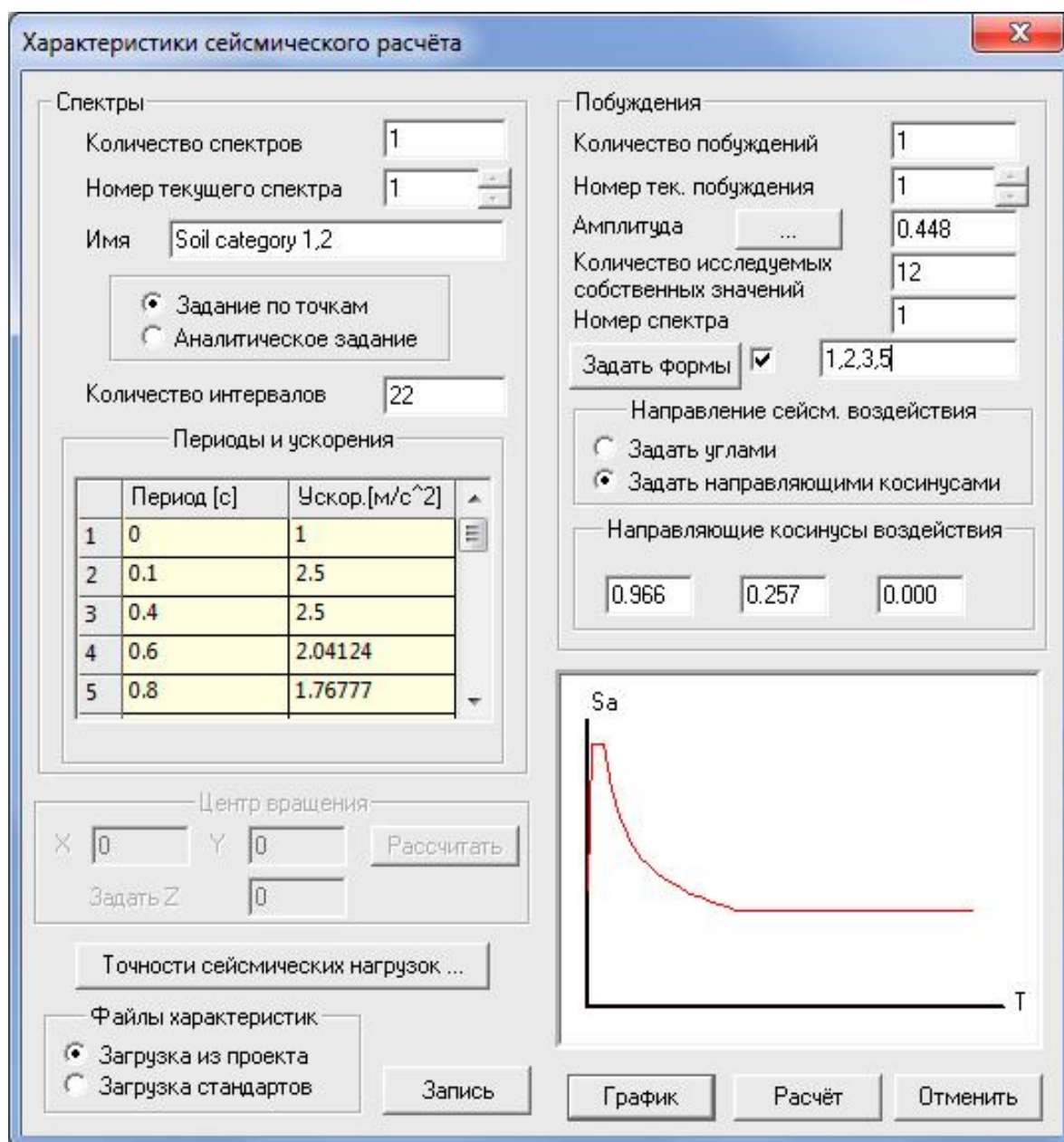


Рисунок 9 - Данные для генерации псевдостатических (сейсмических) нагрузок

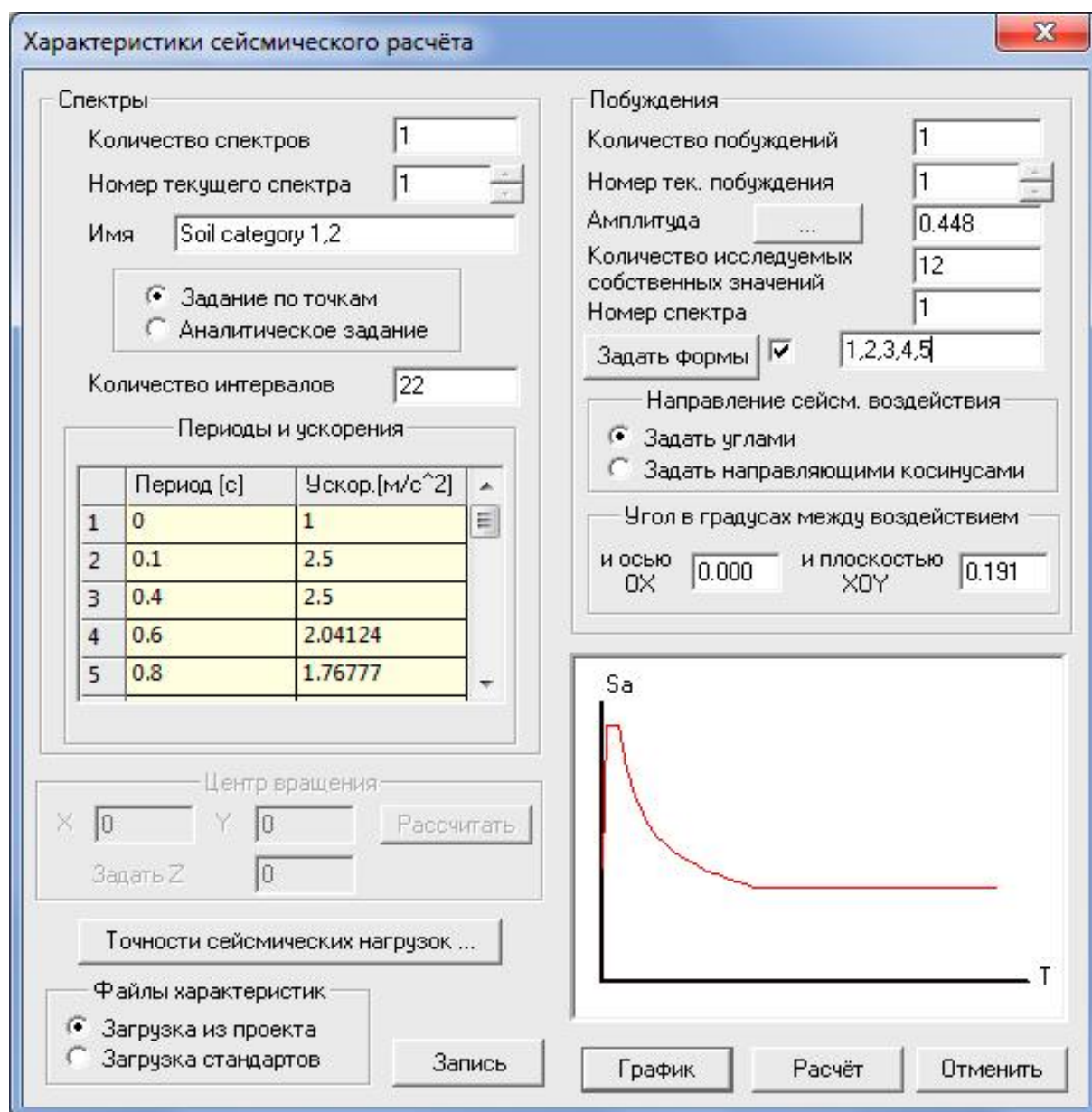


Рисунок 10 - Данные для генерации псевдостатических (сейсмических) нагрузок

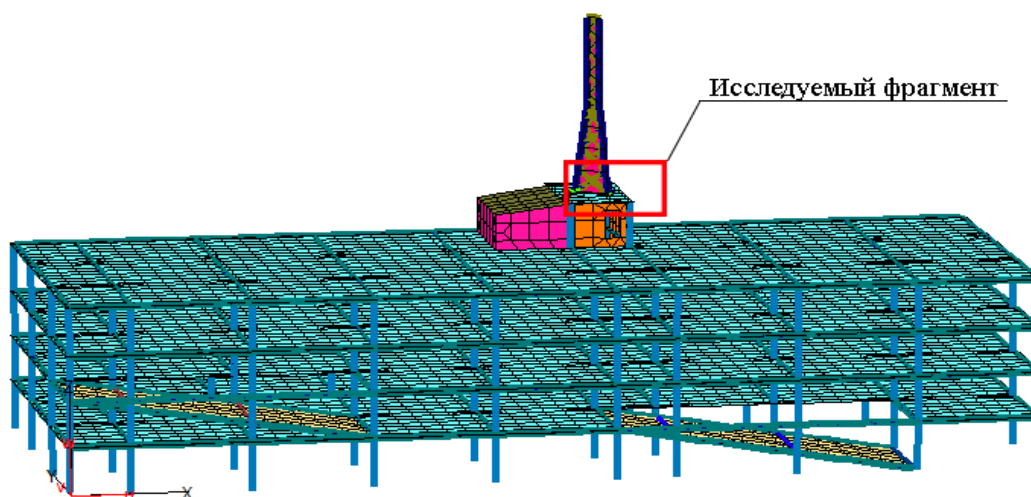


Рисунок 11 - Исследуемый фрагмент здания

На рисунке 12 представлен расчет по определению максимальных значений прогибов плит покрытий лестничной группы.

Для анализа максимальных прогибов составлены следующие комбинации нагрузжений, приведенные в таблицах 4 и 5, где тип MIN/MAX наложения нет.

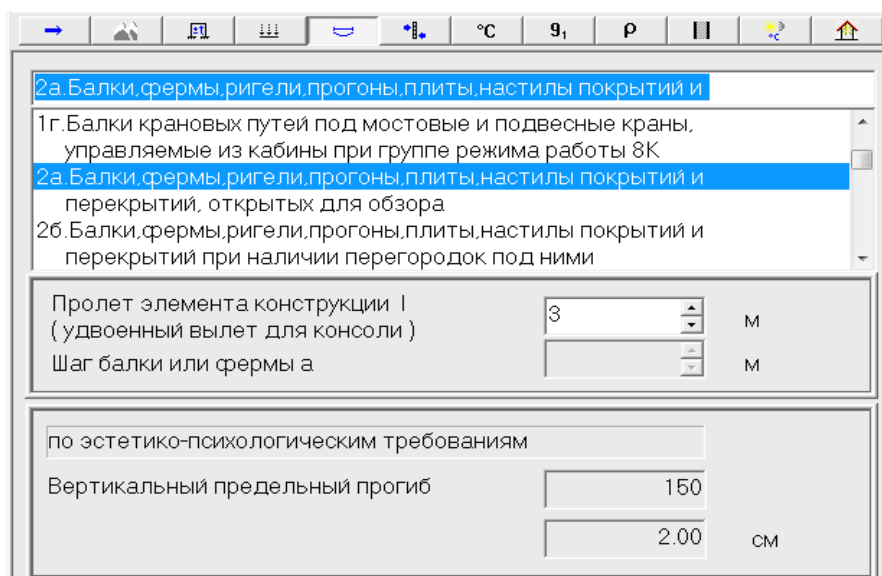


Рисунок 12- Расчет по определению максимальных значений прогибов плит покрытий

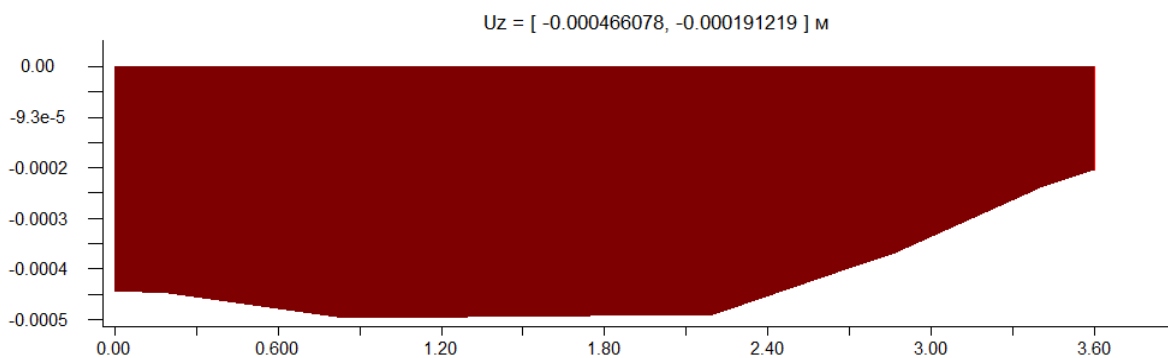
Таблица 4 Комбинации нагрузений 1-9

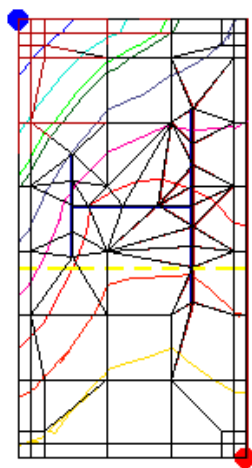
Номер	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5	НГ-6	НГ-7	НГ-8	НГ-9
К-1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
К-2	1	1	1	1	0	0	0	0	1
К-3	1	1	1	0	1	1	1	1	0
К-4	1	1	1	0	1	0	0	0	1
К-5	1	1	1	0	1	0	0	0	0

Таблица 5 Комбинации нагрузений 10-17

Номер	НГ-10	НГ-11	НГ-12	НГ-13	НГ-14	НГ-15	НГ-16	НГ-17
К-1	0	0	0	0	0	0	0	0
К-2	1	1	1	0	0	0	0	0
К-3	0	0	0	1	1	1	1	1
К-4	1	1	1	0	0	0	0	0
К-5	0	0	0	1	1	1	1	1

Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы по первой комбинации приведены на рисунке 13.





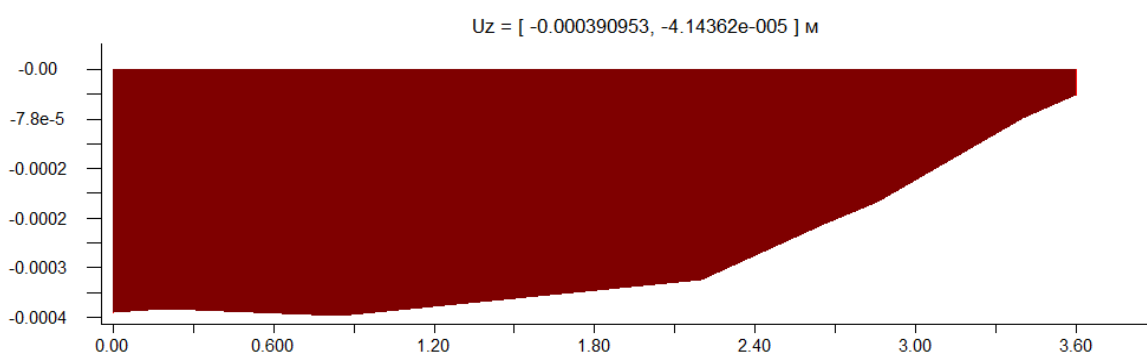
$K = 1$

Мах: Узел 6700, $U_z=0.311$ мм; Min: Узел 6741, $U_z=-0.704$ мм

Комбинация 1

Рисунок 13 - Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы

Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы по второй комбинации приведены на рисунке 14.





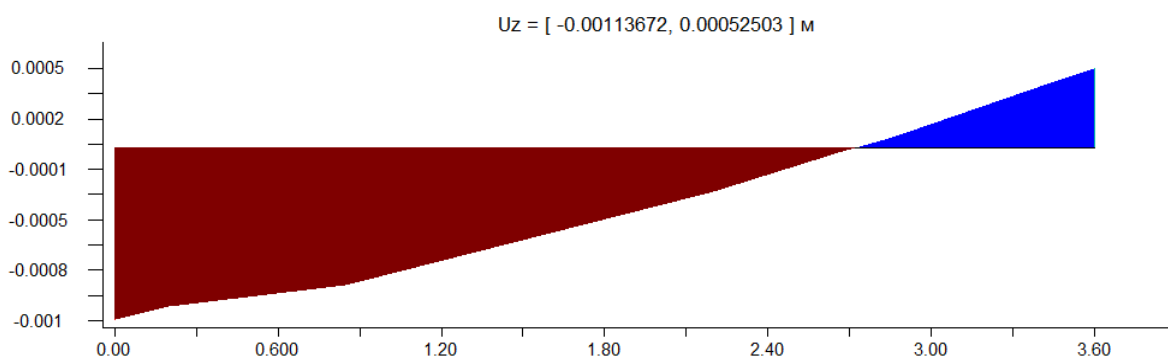
$K = 1$

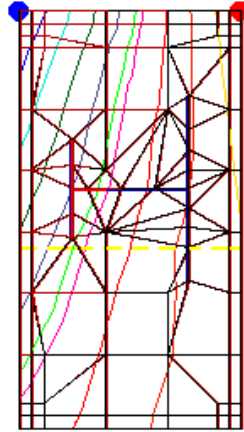
Мах: Узел 6700, $U_z=0.129$ мм; Min: Узел 6759, $U_z=-0.522$ мм

Комбинация 2

Рисунок 14- Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы

Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы по третьей комбинации приведены на рисунке 15.





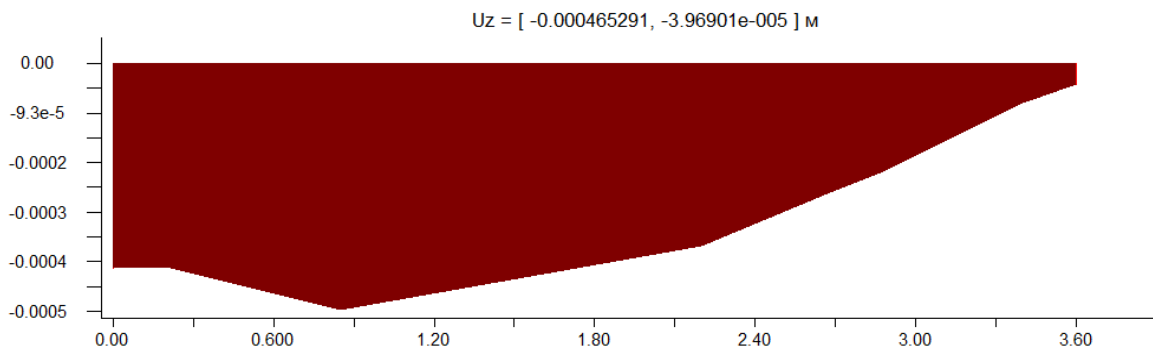
$K = 1$

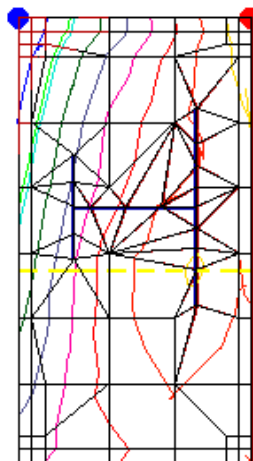
Мах: Узел 6700, $U_z=1.653$ мм; Min: Узел 6759, $U_z=-1.517$ мм

Комбинация 3

Рисунок 15- Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы

Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы по четвертой комбинации приведены на рисунке 16.





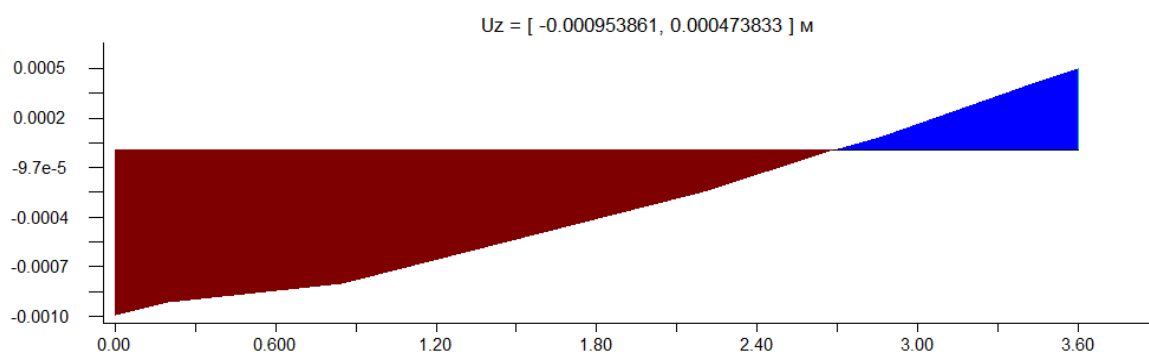
$K = 1$

Мах: Узел 6700, $U_z=0.133$ мм; Min: Узел 6759, $U_z=-0.523$ мм

Комбинация 4

Рисунок 16- Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы

Результаты расчета по определению прогиба плиты покрытия лестничной группы по пятой комбинации приведены на рисунке 17.





$$K = 1$$

Max: Узел 6700, $U_z=1.218$ мм; Min: Узел 6759, $U_z=-1.473$ мм

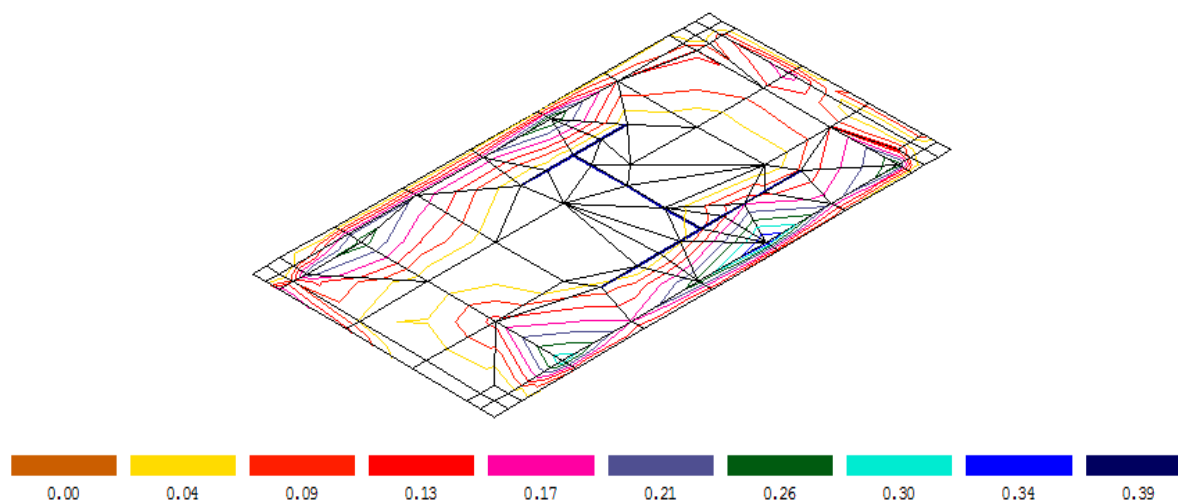
Комбинация 5

Рисунок 17- Результаты расчета по определению прогиба плиты
покрытия лестничной группы

В результате проведенных расчетов констатируем, что прогибы плиты покрытия лестничной группы не превышают предельно допустимых значений (см. рисунок 12).

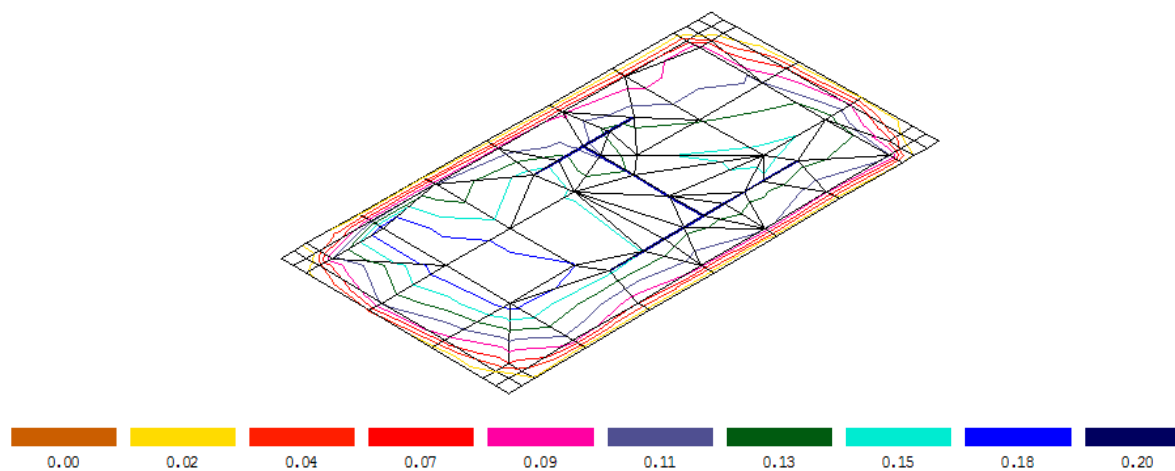
Произведем расчет по определению суммарной площади поперечного сечения арматуры, имеющейся в сборной плите покрытия.

Результаты расчета верхней арматуры по двум взаимно перпендикулярным направлениям приведены на рисунках 18-19.



Min $A_{sro} = 0 \text{ см}^2/\text{м}$, Max $A_{sro} = 0.386751 \text{ см}^2/\text{м}$

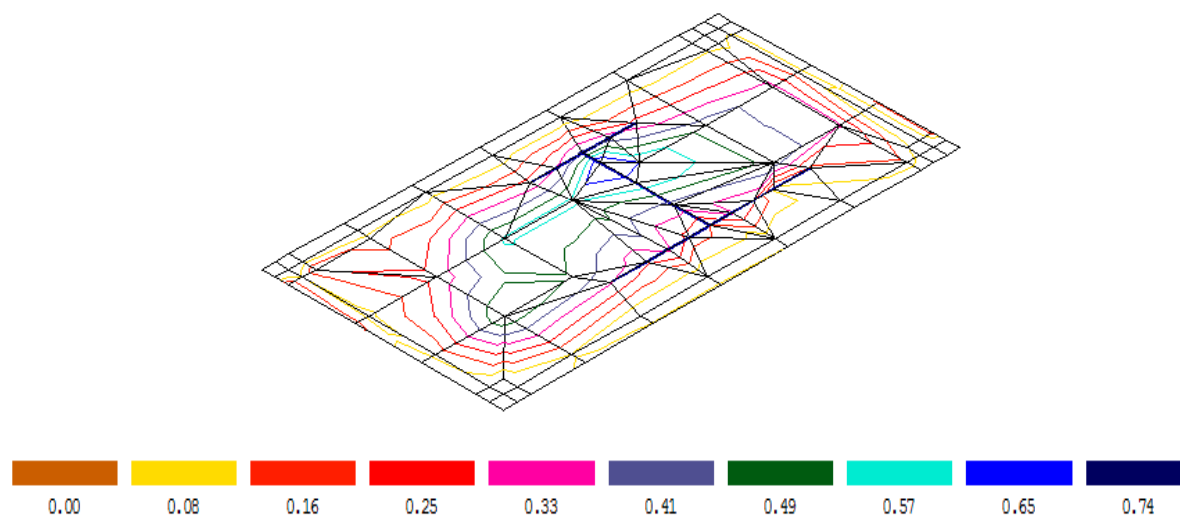
Рисунок 18- Результаты расчета верхней арматуры вдоль оси «r»



Min $A_{sso} = 0 \text{ см}^2/\text{м}$, Max $A_{sso} = 0.196961 \text{ см}^2/\text{м}$

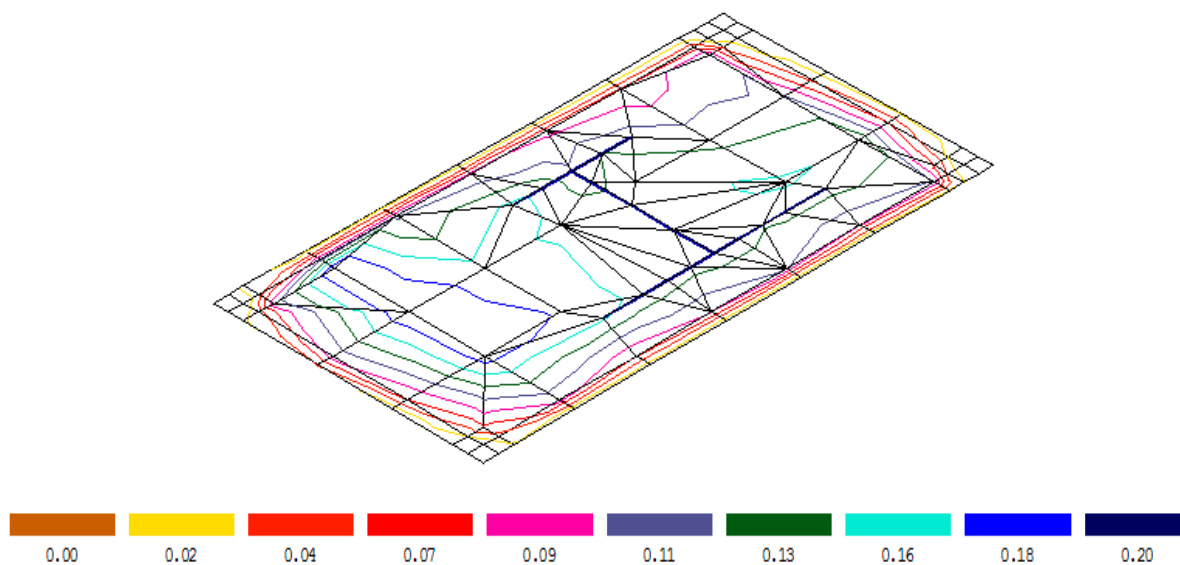
Рисунок 19- Результаты расчета верхней арматуры вдоль оси «s»

Результаты расчета нижней арматуры по двум взаимно перпендикулярным направлениям приведены на рисунках 20-21.



Min $A_{sru} = 0 \text{ см}^2/\text{м}$, Max $A_{sru} = 0.735064 \text{ см}^2/\text{м}$

Рисунок 20- Результаты расчета нижней арматуры вдоль оси «г»



Min $A_{ssu} = 0 \text{ см}^2/\text{м}$, Max $A_{ssu} = 0.200756 \text{ см}^2/\text{м}$

Рисунок 21- Результаты расчета нижней арматуры вдоль оси «s»

Анализ полученных данных

По результатам проведенных расчетов констатируем, что числовые значения площади поперечного сечения арматуры, полученные в результате расчета, не превосходят числовых значений площади поперечного сечения арматуры имеющейся в плите. Также были рассчитаны характеристики системы, опасное направление сейсмического воздействия для поступательного воздействия, направляющие косинусы (ориентация) форм.

В конечном итоге все результаты полученные нами по приведенным стадиям «Анализ полученных данных» комплексно рассматриваются в следующем шаге «Комплексный анализ результатов», в котором прослеживается влияние друг на друга полученных результатов, состояние конструктива объекта, как по отдельности, так и в целом, а также даются рекомендации по усилению, сносу, реконструкции, капитальному ремонту объекта или возможности установки на него дополнительного оборудования, например в виде вышки сотовой связи.

Комплексный анализ результатов

В результате проведенного обследования здания ГСК установлено, что здание находится в работоспособном состоянии. Также следует отметить дефекты в виде монолитных вставок из неуплотненной бетонной смеси и пробитые с нарушением СНиП 2.03.01-84 [4] отверстия. Именно на стадии инструментального обследования при помощи прибора ИПС-МГ4.01 получены параметры модулей упругости тела бетона, конструктивных элементов здания, которые в дальнейшем используются в математической модели здания, при следующей стадии обследования, осуществляя реальную связь фактического состояния конструктивных элементов здания с его проектными возможностями.

На основании реализованного алгоритма обследования, проведенных математических расчетов с учетом пульсационных составляющих

ветровой и сейсмической нагрузок, выявлена возможность установки на плитах покрытия лестничной группы вышки сотовой связи высотой 10м и общим весом конструкции не превосходящим 850кг.

Исходя из вышеизложенного, делаем вывод о возможности установки дополнительного оборудования при условии мониторинга дефектов выявленных при визуальном обследовании.

Разработанный алгоритм позволяет получить наиболее полную и точную информацию о фактическом состоянии обследуемого объекта по сравнению с традиционными методами обследования. Также преимущество данного алгоритма заключается в том, что он позволяет прогнозировать дальнейшее поведение конструктива здания на основе математического моделирования и методов неразрушающего контроля, как до его реконструкции, так и после, даже с учетом установки на него дополнительного оборудования.

Список литературы

- 1 Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. - М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 1997. - 179с.
- 2 Гроздов В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб, - М.: Издательский Дом KN+, 2001. - 140 с.
- 3 ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. правила обследования и мониторинга технического состояния. - Введ.01.01.2011. - М.: Изд-во стандартов, 2011. – 100 с.
- 4 СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: ЦПП, 2004. – 24 с.

References

- 1 Posobie po obsledovaniju stroitel'nyh konstrukcij zdaniy. - M.: AO «CNIIPROMZDANIJ», 1997. - 179s.
- 2 Grozdov V. T. Tehnicheskoe obsledovanie stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij. SPb, - M.: Izdatel'skij Dom KN+, 2001. - 140 s.
- 3 GOST R 53778-2010. Zdaniya i sooruzhenija. pravila obsledovanija i monitoringa tehničeskogo sostojanija. - Vved.01.01.2011. - M.: Izd-vo standartov, 2011. – 100 s.
- 4 SNiP 52-01-2003. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija. – M.: CPP, 2004. – 24 s.