

DOI 10.15826/rjct.2023.2.004

УДК 69.07

*А. Д. Костин*¹, *М. Ю. Ананьин*²

¹ группа компаний «Эффективное проектирование», Екатеринбург, Россия

² Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия

e-mail: ¹ Alexanderr.Kostin@yandex.ru, ² m.y.ananin@urfu.ru

ORCID: ² <https://orcid.org/0000-0002-5077-0834>

ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ГОСТИНИЦЫ В ГОРОДЕ СОЧИ С УЧЁТОМ СЕЙСМООПАСНОСТИ РАЙОНА

Аннотация: В статье проведен анализ опыта строительства действующих гостиничных комплексов, возведенных в районах с высокой сейсмической активностью. Выявлены особенности объемно–планировочных, архитектурных и конструктивных решений зданий, выбора материала конструкций, узлов их соединений. Статья содержит анализ особенностей градостроительной ситуации в городе Сочи и рельефа площадки строительства, а также принятые проектные предложения по объемно–планировочному и архитектурно–конструктивному решению здания гостиничного комплекса. Основной акцент сделан на антисейсмических решениях, применённых при проектировании гостиницы в сейсмическом активном районе в городе Сочи. В процессе разработки проекта были выполнены расчеты на прочность, надежность и долговечность конструкций здания, этапность возведения и другие, соответствующие требованиям действующих норм. Результаты выполненных расчетов показали обеспеченность надежности эксплуатации здания и его конструкций. Наглядно проиллюстрировано, за счет каких конструктивных решений достигнута обеспеченность надежности эксплуатации здания.

Ключевые слова: сейсмоопасность, сейсмическое воздействие, строительство в сейсмических районах, проект, гостиница, объемно–планировочное решение, архитектурно–конструктивное решение.

Для цитирования: *Костин А. Д., Ананьин М. Ю.* Проектное решение гостиницы в городе сочи с учётом сейсмоопасности района // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2023. – Т. 9. – Т. 2. – 0902003. – DOI 10.15826/rjct.2023.2.004.

*А. Д. Костин*¹, *М. Ю. Ананьин*²

¹ «Efficient Design» Group of Companies, Ekaterinburg, Russia

² Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: ¹ Alexanderr.Kostin@yandex.ru, ² m.y.ananin@urfu.ru

ORCID: ² <https://orcid.org/0000-0002-5077-0834>

THE DESIGN SOLUTION OF THE HOTEL IN SOCHI, TAKING INTO ACCOUNT THE SEISMIC HAZARD OF THE AREA

Abstract: The article provides an analysis of the experience of building construction in earthquake-prone areas. The analysis of analogues of hotel complexes built in areas with high seismic activity in different countries is carried out. The features of spatial planning, architectural and structural solutions of buildings, the choice of structural material, and the nodes of their connections are revealed. The article contains an analysis of the features of the urban

planning situation in the city of Sochi and the relief of the construction site, as well as accepted design proposals for the spatial planning and architectural design of the hotel complex building. A part of the antiseismic measures used in the design of a hotel in a seismic active area in the city of Sochi is presented. During the development of the project, calculations were performed for the strength, reliability and durability of the building structures, the stages of construction and others that meet the requirements of current standards. The results of the calculations performed showed the reliability of the operation of the building and its structures. The constructive decisions taken are clearly illustrated. It is shown due to which constructive measures the reliability of the building operation has been achieved.

Key words: seismic hazard, seismic impact, construction in seismic areas, project, hotel, space-planning solution, architectural and constructive solution.

For citation: Kostin A. D., Ananin M. Yu. (2023) The design solution of the hotel in Sochi, taking into account the seismic hazard of the area. *Russian Journal of Construction Science and Technology*. 9(2). 0902003. (In Russ.) DOI 10.15826/rjct.2023.2.004.

1. Введение

Сочи – самый крупный курортный город Черноморского побережья Российской Федерации. Его протяженность вдоль Черноморского побережья составляет 140 км. Город также называют «летней столицей» России. Количество туристов, посетивших курорт, увеличивается год от года. По итогам 2022 года г. Сочи посетило более 7,2 млн туристов [1].

Согласно действующей карте сейсмораионирования территории Российской Федерации ОСР-2012 район г. Сочи относится к категории районов с высоким уровнем сейсмической опасности [2]. Согласно объяснительной записке к карте ОСР-2012 такие населенные пункты района, как Сочи, расположены в зоне с уровнем возможных сотрясений 8 баллов с повторяемостью 1 раз в 500 лет (вероятность превышения в ближайшие 50 лет 10 %). С увеличением периода ожидания до 1000 лет и более уровень сотрясений повышается до 9 баллов по шкале MSK-64 (вероятность превышения в течение 50 лет 5 %).

Целью исследования является повышение уровня безопасности отдыхающих в курортной зоне с учётом критериев устойчивого развития архитектурно-строительными методами.

В задачи исследования входят:

- 1) анализ российского и зарубежного опыта разработки объёмно-планировочных и конструктивных решений зданий, возводимых в сейсмически опасных районах;
- 2) анализ градостроительной ситуации площадки строительства;
- 3) разработка проектного предложения гостиницы в г. Сочи с учётом сейсмоопасности района.

2. Исследование

Чтобы выбрать верное объёмно-планировочное и конструктивное решение здания необходимо ознакомиться с действующими эффективными проектами в этой сфере, это позволит сформировать общую картину и верно сделать первый шаг.

2.1. Анализ аналогов

2.1.1. Первый аналог – гостиничный комплекс ‘Le Belaroïa’. Из зарубежного опыта проектирования в сейсмически активном районе следует отметить проект гостиничного комплекса ‘Le Belaroïa’, реализованного в 2019 г. архитектором Мануэлем Готраном и расположенного в сейсмически активном районе Монпелье, Франция, с сейсмической активностью 8 баллов по шкале EMS.

Комплекс ‘Le Belaroïa’ (рис. 1) возведен на сложном треугольном участке

рядом с вокзалом Сен-Рош и эстакадой. Чтобы разместить там 10 000 м² гостиничных номеров, конференц-залов и прочих гостиничных помещений, архитекторы разрабатывали проект как пространственную головоломку. При этом главную роль там играли не объёмы, а пустоты, точнее, центральная ниша [3].

С точки зрения конструкций здание разделено на три конструктивные обособленные части. Два блока, выделенные на рисунке 2 голубым и синим цветом, выполнены из монолитного железобетона. Третий блок, выделенный оранжевым цветом, выполнен с помощью сталежелезобетона. Соединение железобетонных блоков со стальным выполнено с помощью массивных закладных деталей, которые образуют трёхмерную ферму.

Конструкция третьего сталежелезобетонного блока не позволила использовать классические стальные фермы, которые не выдерживают деформации кручения от сейсмических нагрузок. Поэтому была разработана пространственная система конструкций из 72 взаимосвязанных балок, 15 из которых пересекают апартаменты насквозь и именуется диагональными фермами Уорена.

Узлы соединения третьего блока с первым и вторым сконструированы следующим образом:

- на северо-восточной стене балки соединены шарнирно к закладной детали в уровне плиты перекрытия блока;
- на юго-западной стене нижние балки входят в углубления вертикальных несущих конструкций на 720 мм с возможностью перемещения до 100 мм в случае сейсмических воздействий.

Узел блокирует перемещения в горизонтальной плоскости (жесткий), однако позволяет расширяться и двигаться фермам в вертикальной плоскости (шарнир). Также для обеспечения

устойчивости конструкции в уровне покрытия установлена монолитная железобетонная плита, выступающая в роли горизонтальной диафрагмы жесткости.

С визуализацией данного решения можно ознакомиться на рис. 3.

Данные решения отвечают сейсмическим нормам европейского союза и Франции, в частности [4]. Однако стоимость этой гостиницы превышает 19 млн. евро, что эквивалентно 1,65 млрд. рублей, что является значительным минусом для применения данных конструктивных и объёмно-планировочных решений. Также сложностью такого решения является сборка 80-тонной стальной конструкции на высоте 21 м над землёй. Конструкция имеет следующие габариты: длина 25 м, ширина 16,3 м и высота 9 м [5].

2.1.2. Следующий аналог – гостиница «Казахстан» в Алматы (рис. 4 и 5). Здание гостиницы – по-своему уникальное строение. Это первое в Советском Союзе здание свыше 102 м высотой, возведённое в районе, где сейсмоактивность достигает 9 баллов, с применением инновационного для того времени и тех мест материала – монолитного железобетона.

Здание имеет коридорно-кольцевую систему, с архитектурной точки зрения её выбор обусловлен расположением гостиницы. Окна ориентированы на восточную и западную сторону с которых открывается панорамный вид на горы и город.

Главную роль в выборе коридорно-кольцевой системы здания сыграл именно фактор сейсмоактивности района. В 70-х годах прошлого века ещё не существовало четкой нормативной документации для постройки многоэтажных домов в столь сейсмически опасном районе, землетрясения в котором за последние 50 лет заставляли восстанавливать город из руин.



Рис. 1. Гостиничный комплекс Le Belaroya. Фото выполнил © Luc Boegly
Источник: <https://archi.ru/world/85077/dolg-gorodu>

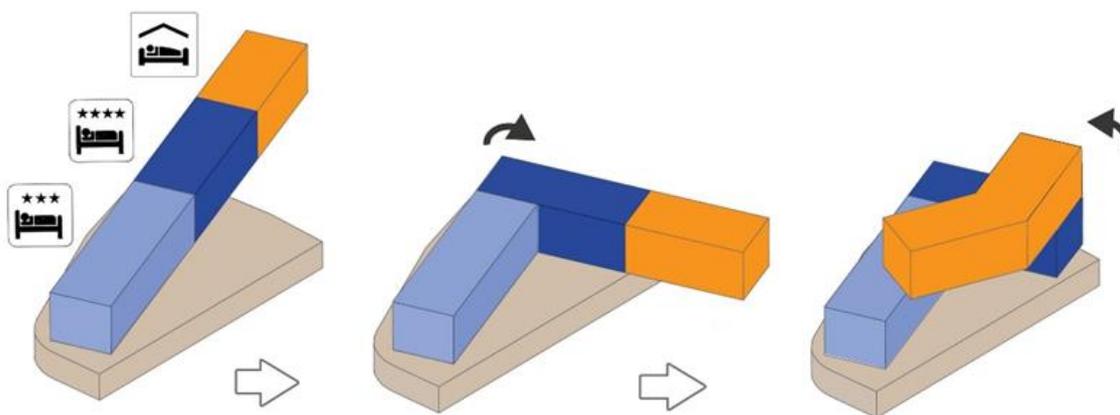


Рис. 2. Блочная схема гостиничного комплекса
Источник: <https://archi.ru/world/85077/dolg-gorodu>

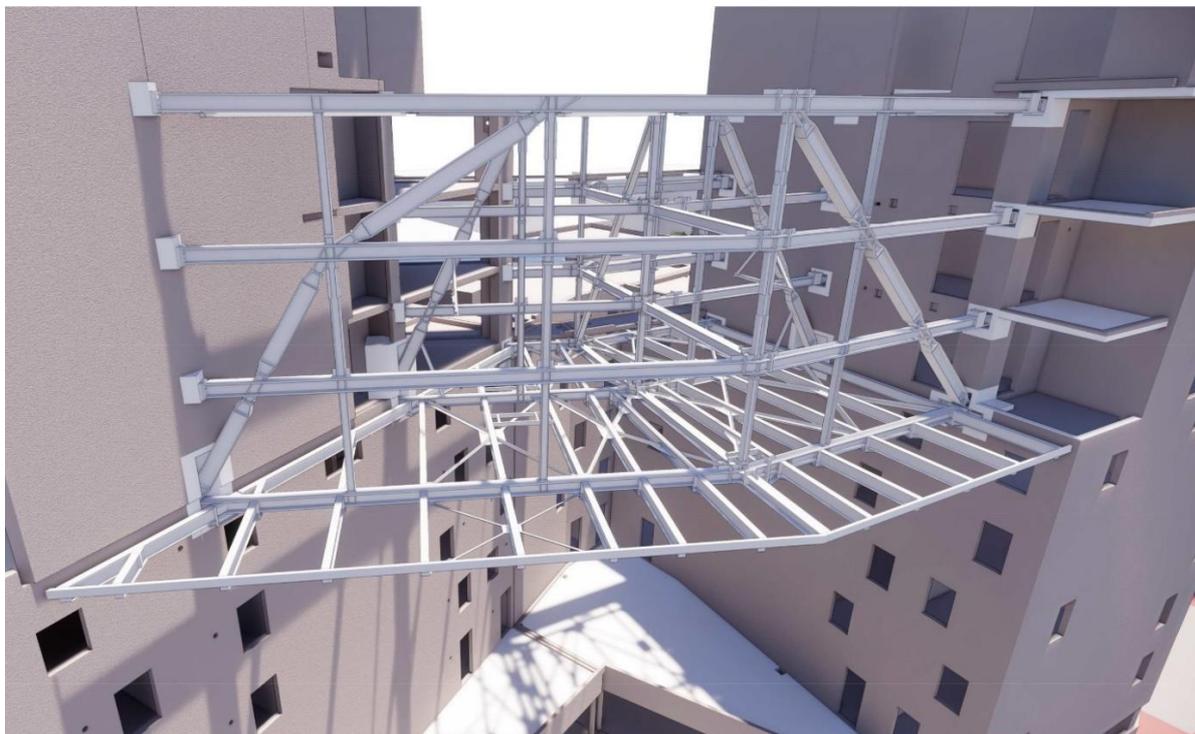


Рис. 3. Конструктивная схема третьего блока
Источник: <https://archi.ru/world/85077/dolg-gorodu>



Рис. 4. Гостиница «Казахстан»
Источник: <https://all-towers.ru/buildings/10847>

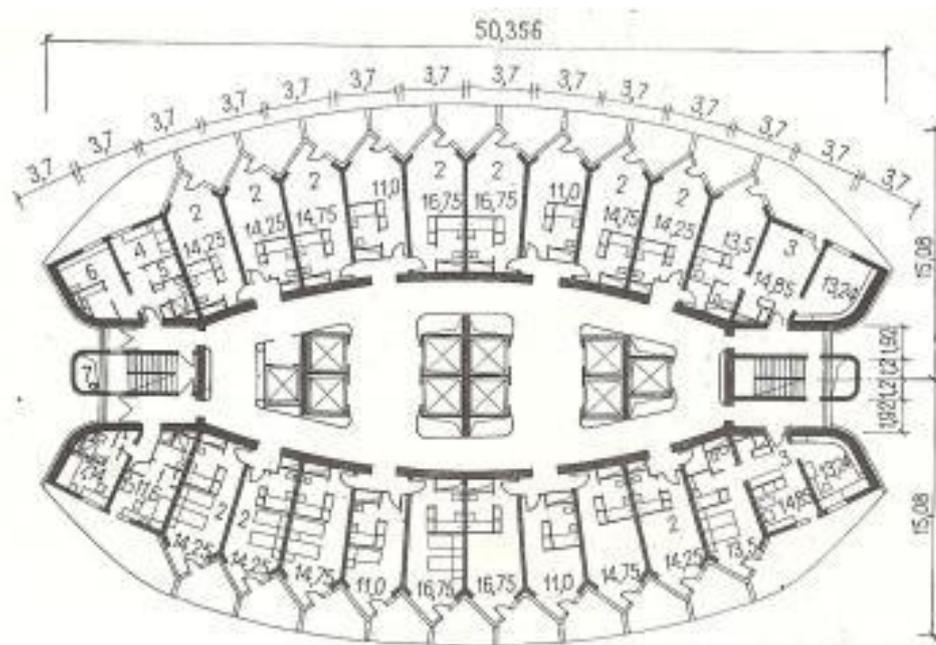


Рис. 5. План типового этажа Гостиницы «Казахстан»

Источник: https://studbooks.net/2312150/nedvizhimost/obschie_trebovaniya

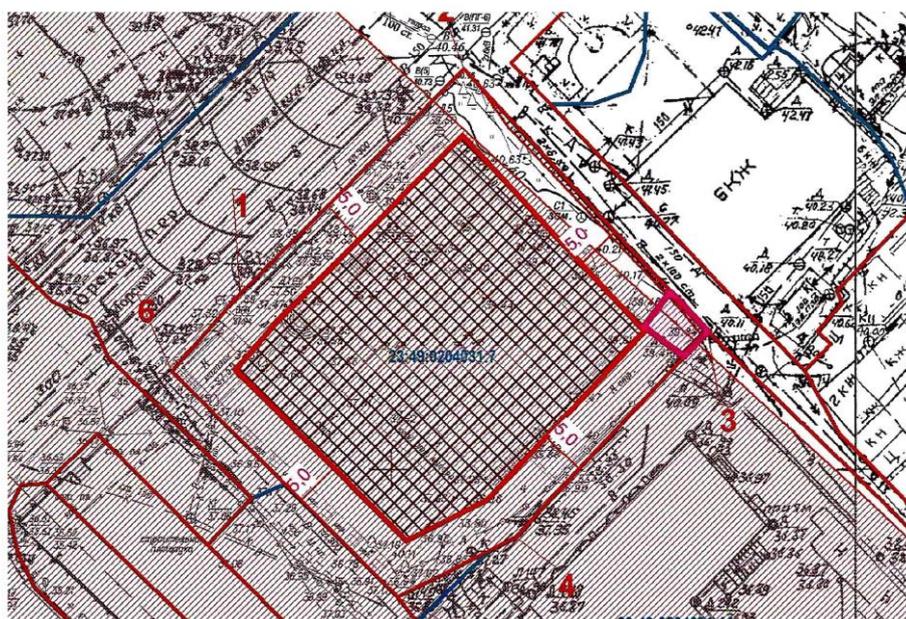


Рис. 6. Участок строительства на ПЗУ (рисунок авторов)

За счет чего же была обеспечена сейсмоустойчивость гостиницы? Ответ кроется в инновационном для того времени методе строительства. Вся конструкция в целом представляет из себя железобетонный монолит, выполненный по технологии скользящей опалубки, активно применяемой в Японии.

Состоит такая опалубка из формы, в которую заливается железобетон. Так постепенно здание растет ввысь. Основные конструктивные элементы представляют собой ядро жесткости. От овальной конструкции отходят диафрагмы, являющиеся стенами номеров. В ядре размещены лифтовые шахты

и инженерные коммуникации. Высотная часть гостиницы покоится на двухэтажном цоколе, в котором разместились вестибюль, сберкасса, почтамт, кафе, ресторан в южном павильоне, кафе и конференц-зал [6].

Таким образом, сейсмоустойчивость здания была обеспечена такими решениями, как симметричность конструктивной схемы с равномерным распределением масс и жесткостей конструкций, а также сверхмассивным, по нынешним меркам, ядром жесткости здания, которое растянулось по всей его высоте, с отходящими от центра дополнительными вертикальными диафрагмами, идущими радиально от ядра жесткости до наружной грани здания с небольшим шагом.

2.2. Градостроительная ситуация

Местонахождение земельного участка – Краснодарский край, муниципальное образование город-курорт Сочи, Центральный административный район, вдоль переуллка Морского вблизи его пересечения с Курортным проспектом (рис. 6). В плане площадка имеет трапециевидную форму, площадь участка размещения гостиницы в соответствии с решениями Генерального плана земельного участка (ГПЗУ) составляет 1723 м².

Абсолютные отметки поверхности в пределах участка изменяются в пределах от 36,8 м до 39,8 м. Общий уклон поверхности склона составляет 4° в сторону моря. В геоморфологическом отношении участок приурочен к поверхности древней морской террасы в подножье приморского юго-западного склона горы Батарейки.

2.3 Проектное предложение

В данном разделе представлена часть антисейсмических решений, применённых при проектировании гостиницы в сейсмическом активном районе в городе Сочи.

В процессе разработки проекта были выполнены расчеты на прочность, надежность и долговечность конструкций здания, этапность возведения и другие, соответствующие требованиям действующих норм [7–12].

Результаты выполненных расчетов показали обеспеченность надежности эксплуатации, а именно:

- требуемая площадь продольного армирования вертикальных несущих элементов (стен и колонн) не превышает допустимого процента армирования по [8];

- требуемая площадь продольного армирования плит перекрытия не превышает допустимого процента армирования по [8];

- общая устойчивость здания при основных и особых сочетаниях усилий обеспечена, минимальный коэффициент запаса по устойчивости 1,2;

- деформации и перемещения здания в целом и его отдельных элементов не превышают предельно допустимых величине по [10] (рис. 7);

- максимальная осадка фундаментной плиты 74,5 мм, что меньше предельно допустимой 150 мм в соответствии с таблицей Г.1 приложения Г свода правил [10]. Максимальная относительная разность осадок между колоннами по осям В/4 и Г/4 составляет $(70,7 - 63,9) / 3000 = 0,00227$, что меньше предельно допустимой 0,003 в соответствии с таблицей Г.1 приложения Г свода правил [10].

Проектируемый объект представляет собой 6-ти этажное здание, имеющие шесть надземных и один подземный этаж. Размеры здания в осях 31,500×23,350 м. Относительная отметка 0,000 м соответствует абсолютной отметке 37,750 м. Здание имеет один подземный этаж переменной высоты от 2,500 до 2,950 м, отметка верха фундаментной плиты – 3,300 м.

Для снижения влияния сейсмических воздействий в подземной части

здание разделено антисейсмическим швом на два отсека в связи с отличиями по жесткости и массе отсеков, а также вследствие перепада высот. Первый отсек – это всё здание, идущее из подвала до 6-го этажа, а второй отсек предназначен для размещения дополнительных парковочных мест и лестничной клетки типа Л1, служащей путем эвакуации с подземной части здания. На рисунке 8 можно наблюдать антисейсмический шов между осями Г1/Г, а на рисунке 9 можно видеть устройство самого шва.

Устройство антисейсмического шва также накладывает некоторые условия на объёмно-планировочные и конструктивные решения. Необходимо устройство сдвоенных колонн и прокладка дополнительной гидроизоляции на границе отсеков, а также, помимо проверки на допустимую осадку фундамента необходимо проверять разность осадок блоков. Антисейсмический шов выполнен согласно нормативной документации [7, 8] и пункта 6.1.2 в частности.

Многие антисейсмические мероприятия в монолитно-железобетонных зданиях, прописанные в нормативной документации, можно заметить только на стадии возведения здания, так как они касаются арматурных стержней. Например, пункт 6.7.12 свода правил [7] регламентирует стыковку рабочей арматуры и накладывает некоторые ограничения, которых нет в своде правил [8]. Например, запрещено стыковать стержни диаметром 20 мм и более внахлест, а также увеличивает длину нахлеста на 30 % для стержней менее 20 мм. Согласно рисунку 10 мы видим, что выпуски из фундамента под колонны выполнены из арматуры диаметра 25 мм соединены с вертикальными стержнями колонн обжимными муфтами, выполненными по межгосударственному стандарту [9]. Данные муфты разрешены для стыковки стержней в сейсмически опасных районах, а также исполь-

зуются для уменьшения расхода арматуры, что очень актуально для больших диаметров.

Также хочется отметить пункт 6.8.7 свода правил [7], который ограничивает максимальный коэффициент армирования в зависимости от класса арматуры. В проекте используется арматура класса А500С, максимальный процент армирования которой не должен превышать 6 %, что влечёт увеличение сечения колонн и балок. В проекте предусмотрены монолитные железобетонные колонны сечением 800×500 мм, 800×400 мм, 600×400 мм, 400×400 мм. Несущие стены предусмотрены так же из монолитного железобетона. Толщина монолитных железобетонных стен 300, 250 и 200 мм. Несущие пилоны предусмотрены из монолитного железобетона сечением 1000×250 мм.

Плиты перекрытий и покрытий приняты толщиной 200, 250 и 300 мм. Балки перекрытий (рис. 11) предусмотрены ребром вниз сечением (вместе с плитой) 500×800 мм, 450×500 мм, 400×500 мм, 300×500 мм и 250×500 мм. Кроме того, следует обратить внимание на пункт 6.8.8 свода правил [7], суть которого заключается в том, что жесткие узлы железобетонных каркасов здания должны быть усилены. В данном проекте так же принято решение для усиления использовать вязанные хомуты диаметра 8 мм, концы хомута обязательно должны иметь отгиб начала и конца под углом 180 градусов и обхватывать продольную арматуру балок, как показано на рисунке 11. 3D схему пересечения балок над опорой можно увидеть на рисунке 12. В районе балок хомуты учащаются согласно нормативной документации. Также можно увидеть стыковочные муфты и выпуски из балок в уровне плиты перекрытия. Арматура вертикальных конструкций показана тонкими линиями, арматура плиты перекрытия и сама плита перекрытия условно не показаны.

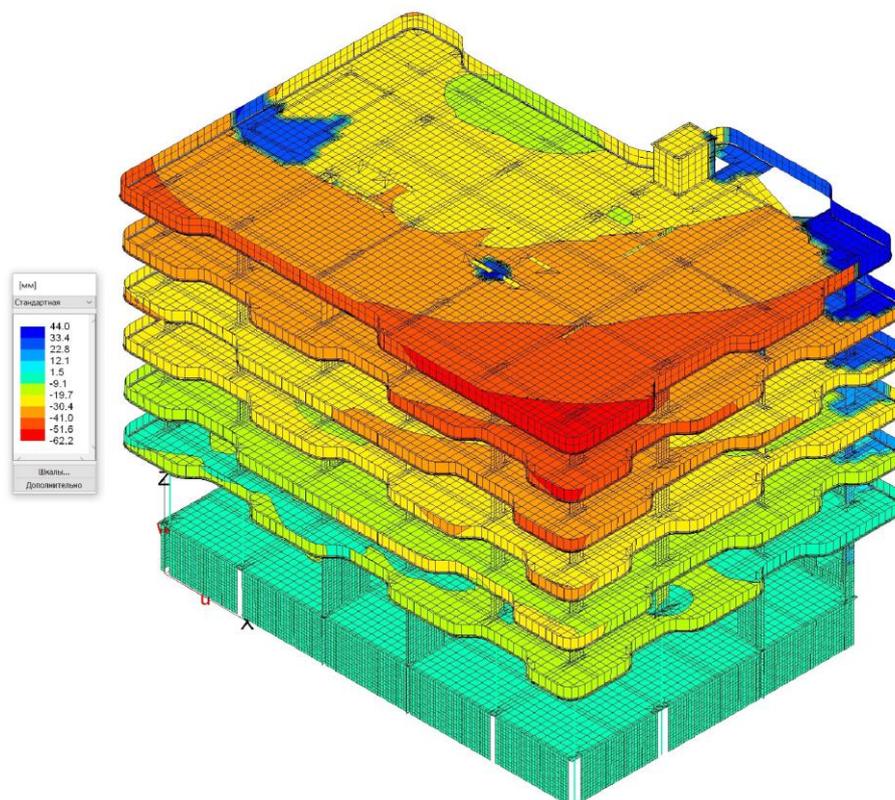


Рис. 7. Перемещения здания от сочетания нагрузок, включающего сейсмические нагрузки (рисунок авторов)

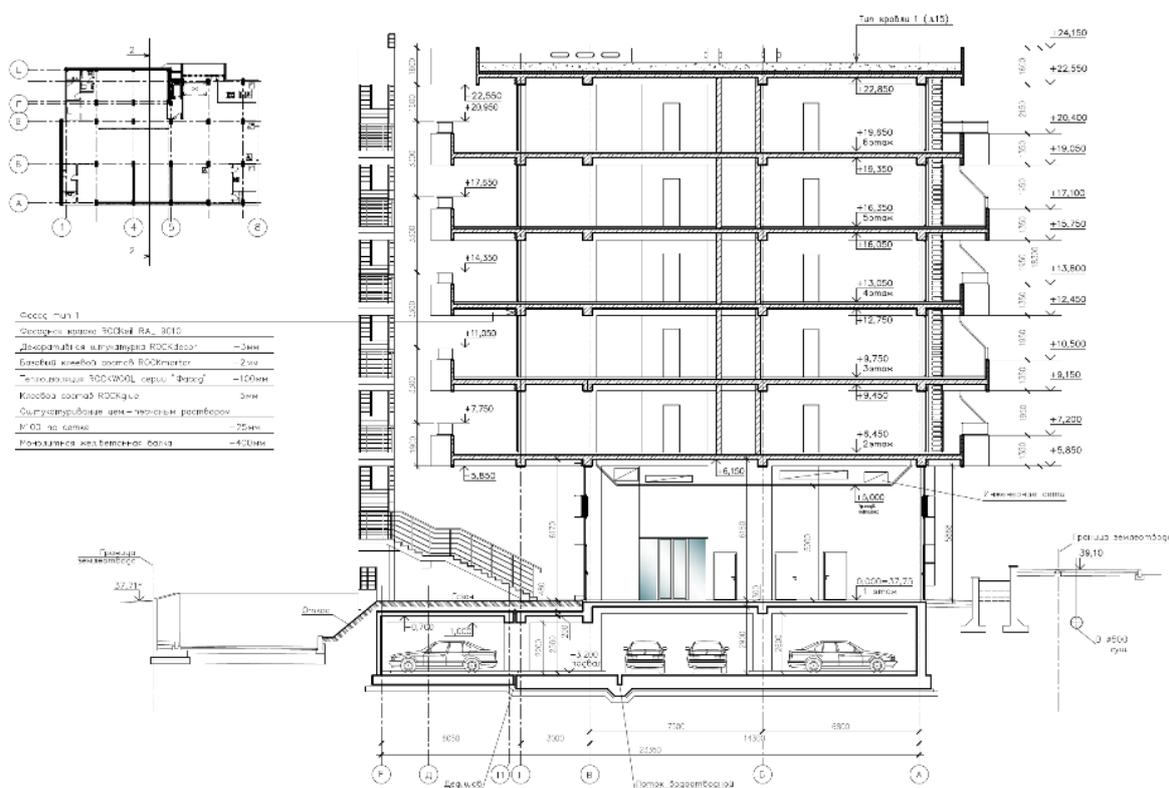


Рис. 8. Разрез проектируемой гостиницы вдоль буквенных осей в месте расположения антисейсмического шва (рисунок авторов)

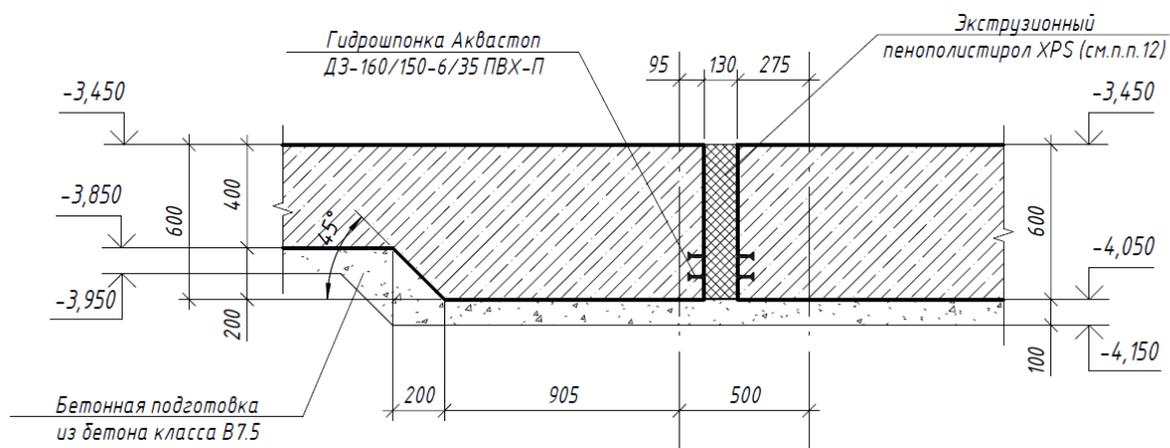


Рис. 9. Устройство антисейсмического шва (рисунок авторов)

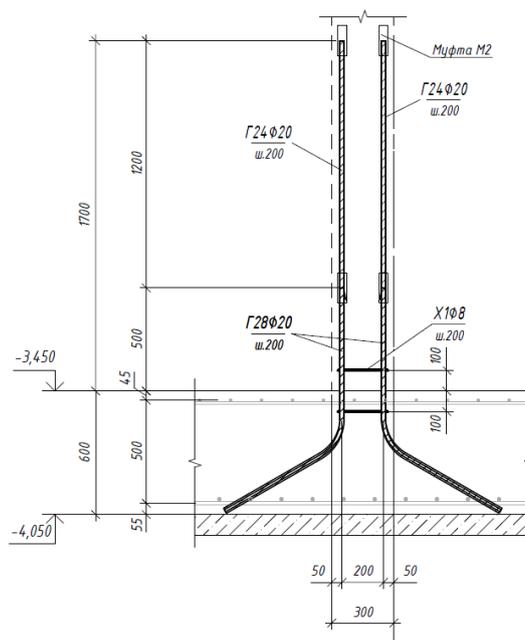


Рис. 10. Арматурные выпуски из фундаментной плиты с обжимной муфтой на конце (рисунок авторов)

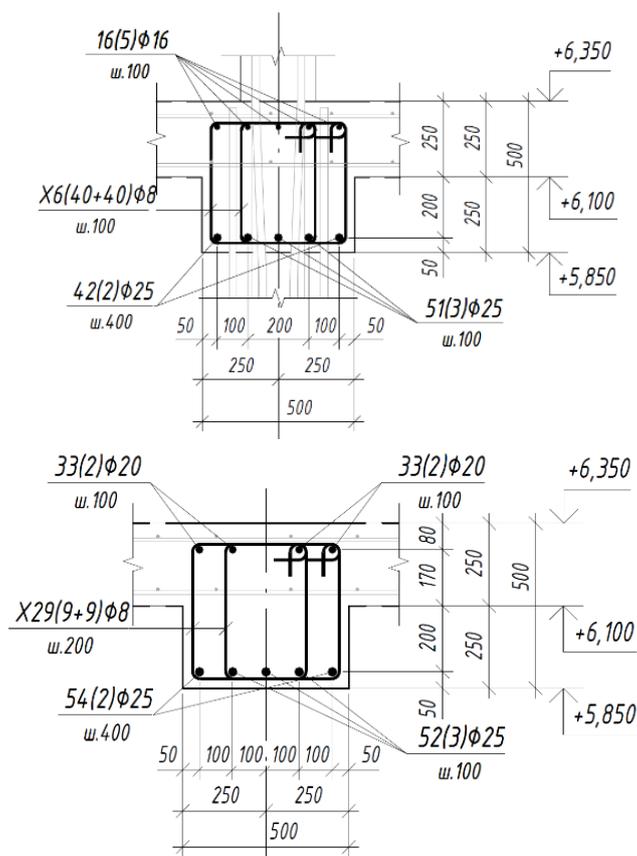


Рис. 11. Поперечный разрез по балкам на опоре и в пролёт (рисунок авторов)

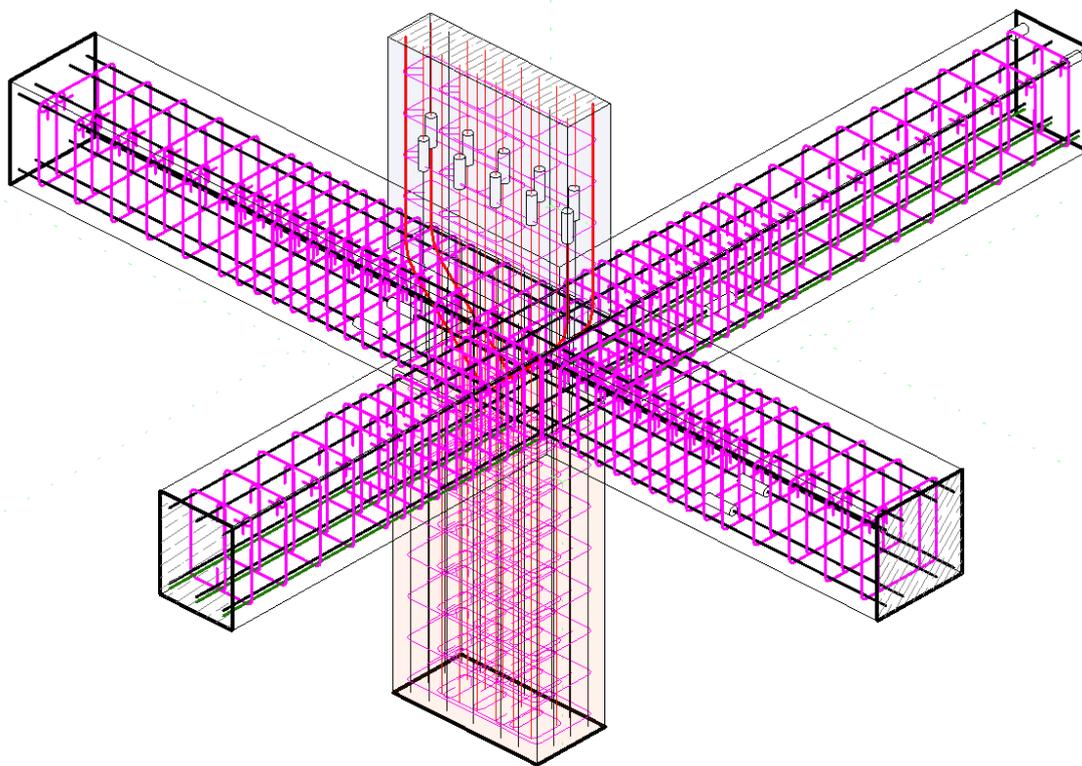


Рис. 12. 3D узел стыковки арматуры балок над колонной перетекающей в пилон (рисунок авторов)

3. Выводы

1. Из анализа советского и зарубежного опыта следует сделать вывод, что требования к сейсмостойчивости здания накладывают свой отпечаток на объёмно-планировочные и конструктивные решения. Опыт, полученный за десятилетия проектирования в сейсмически активных районах, позволил применять антисейсмические мероприятия с сохранением функциональности и объёмно-планировочных решений, задуманных автором.

2. Градостроительная ситуация в городе Сочи и на участке строительства, в частности, осложняется резким перепадом высот, плотной городской застройкой и природоохранной зоной Чёрного моря, что требует вдумчивого подхода к проектированию гостиничного комплекса.

3. Произведены расчёты, по результатам которых надёжность и долговечность конструкций здания соответствует действующим нормам, а также были предложены конструктивные решения по обеспечению сейсмостойчивости здания.

Список используемых источников

1. [Электронный ресурс] URL: <https://tourism.interfax.ru/ru/news/articles/92807> (дата обращения 21.05.2023).
2. Уломов В. И., Шумилина Л. С. Комплекс новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации. // Сейсмостойкое строительство 1998. – № 4. – С. 30-34
3. [Электронный ресурс] URL: <https://archi.ru/world/85077/dolg-gorodu> (дата обращения 20.05.2023).
4. DIN EN 1998-1/A1-2013 Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 1. Общие правила. Сейсмические воздействия и общие требования к зданиям.
5. [Электронный ресурс] URL: <https://www.architonic.com/en/project/manuelle-gautrand-architecture-le-belarioia/20089468> (Дата обращения 23.05.2023).
6. [Электронный ресурс] URL: <https://voxpopuli.kz/2249-pervyy-neboskreb-alma-aty> (дата обращения 23.05.2023).
7. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. М.: Страндартинформ, 2018.
8. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Страндартинформ, 2018.
9. ГОСТ 34278-2017. Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Технические условия. М.: Страндартинформ, 2017.
10. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. М.: Страндартинформ, 2016.
11. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М.: Страндартинформ, 2016.
12. ГОСТ 27751-2014. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М.: Страндартинформ, 2015.

References

1. URL: <https://tourism.interfax.ru/ru/news/articles/92807> (date of access: 05/21/2023). [In Russian]
2. Ulomov V. I., Shumilina L. S. (1998) Kompleks novih kart obshego sesmicheskogo raionirovania territorii Russiiskoi Federacii [A set of new maps of the general seismic zoning of the territory of the Russian Federation] *Sesmostoykoe stroitelstvo* [Earthquake construction] No. 4, 30-34 [In Russian]
3. URL: <https://archi.ru/world/85077/dolg-gorodu> (date of access: 05/20/2023). [In Russian]
4. DIN EN 1998-1/A1-2013 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (includes Amendment A1:2013)
5. URL: <https://www.architonic.com/en/project/manuelle-gautrand-architecture-le-belarioia/20089468> (date of access: 05/23/2023). [In Russian]
6. URL: <https://voxpopuli.kz/2249-pervyy-neboskreb-alma-aty> (date of access: 05/29/2023). [In Russian]
7. SP 14.13330.2018. Construction in seismic areas. Updated version of SNiP II-7-81*. URL: https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067/?sphrase_id=2068744 (date of access: 05/28/2023). [In Russian]
8. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. URL: https://minstroyrf.gov.ru/docs/18227/?sphrase_id=2068754 (date of access: 05/29/2023). [In Russian]

9. GOST 34278-2017. Reinforcement joints are mechanical for reinforced concrete structures. Technical conditions. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157127?ysclid=ltco0atn2i573340304> (date of access: 05/27/2023). [In Russian]
10. SP 20.13330.2016. Loads and actions. URL: https://minstroyrf.gov.ru/docs/13673/?sphrase_id=2068770 (date of access: 05/30/2023). [In Russian]
11. SP 22.13330.2016. Foundations of buildings and structures. Updated version of SNiP 2.02.01-83* URL: https://minstroyrf.gov.ru/docs/14627/?sphrase_id=2068777 (date of access: 05/30/2023). [In Russian]
12. GOST 27751-2014. Reliability of building structures and foundations. The main provisions. URL: https://glavfundament.ru/upload/iblock/8f5/GOST-27751_2014-Nadezhnost-stroitelnykh-konstruktsiy-i-osnovaniy.-Osnovnye-polozheniya.pdf?ysclid=ltco9f9vps461565873 (date of access: 05/30/2023). [In Russian]

Получено: 10.07.23

Прошла рецензирование: 28.08.23

Принята к публикации: 02.09.23

Доступно он-лайн: 17.01.24

Received: 10.07.23

Revised: 28.08.23

Accepted: 02.09.23

Available on-line: 17.01.24