

УДК 72.012:699,841

Основные архитектурно-конструктивные принципы проектирования зданий общеобразовательных учреждений в сейсмических районах

© А.Е. Коненкина¹, Т.В. Умнова², О.И. Саландаева³Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Проектирование зданий и сооружений в районах с повышенной сейсмичностью осуществляется в соответствии с определенными требованиями, с учетом природно-климатических, гидрогеологических, рельефно-ландшафтных и других особенностей местности. Байкальский регион – сейсмически активная зона, поэтому вопросы сейсмостойкого строительства здесь весьма актуальны. В работе использованы методы, применяемые в архитектурной науке: составление схем функционального зонирования, анализ конструктивных систем, сравнение и обобщение. Проведен анализ схем функционального зонирования, конструктивных систем нескольких проектов общеобразовательных учреждений. На основании сравнительной базы изучены конкретные архитектурно-планировочные принципы проектирования зданий в условиях сейсмичности, которые применены при проектировании школы в рамках курсового проекта по дисциплине «Архитектурные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений».

Ключевые слова: сейсмический район, сейсмостойкое строительство, архитектурно-конструктивные принципы, проектирование общеобразовательного учреждения

Basic architectural and design principles of building of general organizations in seismic areas

© Alina Y. Konenkina, Tatiana V. Umnova, Olga I. Salandaeva

Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation

The design of buildings and structures in areas with high seismicity is carried out in accordance with certain requirements, taking into account the climatic, relief-landscape and other terrain features. The Baikal region is a seismically active zone; therefore the issues of earthquake-resistant construction are very relevant here. The article uses methods applied in the architectural science: mapping of functional zoning, analysis of structural systems, comparison and synthesis. The article analyzes functional zoning schemes, design systems of several projects of general education institutions. On the basis of the comparative base, the article studies specific architectural and planning principles for designing buildings under seismic conditions, which were been used in designing the school as part of the course project on the subject “Architectural Structures of Earthquake-Resistant Buildings and Structures”.

Keywords: seismic region, seismic construction, architectural and design principles, design of educational institution

Неоспорим тот факт, что г. Иркутск расположен в сейсмически активной зоне. По наблюдениям специалистов, за последние 250 лет на территории Иркутской области произошло свыше 500 землетрясений силой более 6 баллов по шкале Рихтера. Согласно картам ОСР-97 (картам общего сейсмического районирования (2000 г.)), исходная сейсмичность территории для г. Иркутска составляет 7–9 баллов. Современные методы

¹ Коненкина Алина Евгеньевна, студентка кафедры архитектурного проектирования, e-mail: konenkina.alina@yandex.ru

Alina Y. Konenkina, a student of Architecture, Architectural Design Department, e-mail: konenkina.alina@yandex.ru

² Умнова Татьяна Викторовна, студентка кафедры архитектурного проектирования, e-mail: tanyaumnova@yandex.ru

Tatiana V. Umnova, a student of Architecture, Architectural Design Department, e-mail: tanyaumnova@yandex.ru

³ Саландаева Ольга Ивановна, ведущий инженер отдела сейсмостойкого строительства ИЗК СО РАН, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, e-mail: salandaeva@rambler.ru

Olga I. Salandayeva, Chief Engineer of Antiseismic Construction Laboratory, Associated Professor of Architecture and Town Planning Department, e-mail: salandaeva@rambler.ru

исследования повышают достоверность полученных результатов, но пока уточнение исходной сейсмичности идет в направлении возрастания оценок сейсмической опасности [1]. Поэтому архитектурно-конструктивные решения зданий в условиях высокой сейсмичности наиболее актуальны. Стратегия уменьшения потерь от землетрясений нацелена, прежде всего, на снижение сейсмической уязвимости зданий, т.е. на повышение показателей их надежности и безопасности.

Проектирование зданий и сооружений в сейсмических районах производится при соблюдении определенных принципов, в соответствии с которыми конструкция несущего остова, его элементы и материалы, из которых он выполнен, должны обеспечивать сейсмоустойчивость здания (сооружения), то есть его способность выдерживать землетрясения с допустимыми повреждениями.

Понимание архитектором архитектурно-конструктивных принципов играет фундаментальную роль, поскольку архитектурный облик здания или сооружения (его форма, этажность, высотность, габариты) во многом определяет выбор несущих конструкций: конструктивную схему несущего остова, материал конструкции и др.

Применение требуемой конструктивной схемы несущего остова должно обеспечивать прочность, жесткость и устойчивость здания (сооружения) при его эксплуатации в сейсмических условиях.

Тип несущего остова зависит как от архитектурных особенностей здания (сооружения), так и от технико-экономических, климатических, функциональных, сейсмических и других показателей, геологических и гидрогеологических условий площадки строительства.

При определении сейсмостойкой конструктивной схемы следует учитывать форму, симметричность, монолитность и другие характеристики здания, правильно оценивать уровень нагружения конструкции, жесткость, упругость и пластичность материала при сейсмических воздействиях.

При проектировании зданий в условиях высокой сейсмичности в Российской Федерации следует руководствоваться СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах». Однако сейсмостойкие здания независимо от их назначения, типа несущего остова, материала конструкции и других характеристик, как правило, конструируются по некоторым общим закономерностям.

В данной статье рассмотрены и проанализированы принципы объемно-пространственной композиции, предложенные Д.Ю. Саркисовым [2], а также фундаментальные принципы конструирования сейсмостойких зданий и сооружений, которые реализуются при проектировании в сейсмических районах с некоторыми особенностями в зависимости от расчетной сейсмичности площадки строительства. Заметим, что некоторые из них используются также при проектировании зданий в несейсмических районах.

Рассмотрим архитектурно-планировочные принципы, которые реализуются при проектировании школ.

1. *Принцип симметрии*: веса и жесткости в конструкции должны быть распределены равномерно и симметрично относительно плоскостей симметрии, проходящих через центр тяжести сооружения. Несущие конструкции в здании следует располагать таким образом, чтобы снизить действие крутящих моментов и уменьшить значение эксцентриситетов, возникающих в несущих конструкциях при сейсмических колебаниях. Именно поэтому наиболее целесообразно симметричное расположение конструкций.

Данный принцип распространяется только на конструкции в горизонтальной плоскости (то есть в плане). Здание не может быть абсолютно симметричным в вертикальной плоскости из-за его динамических свойств, так как нижняя его часть заглублена в грунт, поэтому относительно неподвижна, а надземная часть – свободна и подвижна в связи с ее подверженностью колебаниям, вызванным сейсмическими волнами. Для правильного расположения конструкций в вертикальной плоскости можно пользоваться принципом антитяжести.

2. При строительстве зданий в сейсмических районах важно выбирать и располагать конструктивные элементы и оборудование таким образом, чтобы максимально снизить период собственных колебаний здания. Необходимо делать сооружение как можно более легким, с центром тяжести, расположенным как можно ниже. Этот принцип называется *принципом антитяжести*. Например, в зданиях общеобразовательных учреждений целесообразно располагать мастерские, в которых обычно размещается тяжелое

оборудование, как можно ниже, то есть на первом или в цокольном этажах. Этому принципу также подчиняются помещения, предназначенные для хранения и использования тяжелого спортивного инвентаря (инвентарные и тренажерные залы), и бассейны.

3. *Принцип замкнутого контура*: несущие элементы конструкции должны быть связаны между собой, образуя замкнутые контуры как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении.

Строительными нормами в Российской Федерации установлены допустимые длины стен зданий или частей здания в зависимости от сейсмических условий и типа несущего остова. При конструировании зданий в условиях сейсмике рекомендуется соблюдать простоту конфигурации отдельных блоков или здания в целом. В зданиях сложной конфигурации необходимо обеспечивать автономность работы каждого блока при колебаниях путем устройства антисейсмических швов. В зависимости от конструктивных решений зданий антисейсмические швы осуществляются путем постановки парных стен, парных рам. Также возможно предусмотреть консоли, выступающие в уровне перекрытий контактирующих отсеков, но не связанных друг с другом. Антисейсмические швы в определенных случаях могут совмещаться с температурными и осадочными швами [3, 4].

В оптимальном варианте на ранних этапах проектирования должно осуществляться взаимодействие архитекторов и инженеров-конструкторов, при котором они обсуждают выбранные формы здания или сооружения, внутреннее пространственное расположение, по возможности избегают неудобных или несимметричных схем. В том случае, если невозможно отказаться от неудобной схемы (например, чтобы реализовать необычную архитектурную особенность проекта), необходимы специальные мероприятия, повышающие сейсмостойчивость здания.

Наиболее общие принципы, не относящиеся напрямую к объемно-пространственной композиции здания, также очень важны, поскольку обеспечивают надежность отдельных элементов и всего несущего остова.

4. Согласно *принципу фундаментальности* фундаменты сейсмостойких конструкций должны быть прочными, достаточно глубоко заложенными, желательно на прослойках или специальных субструкциях, заменяющих плохие грунты, для обеспечения однородности и прочности грунтового основания [2].

При проектировании сейсмостойких зданий подошвы фундаментов в пределах здания или одного блока закладываются на одной глубине.

5. В сейсмических районах при строительстве зданий и сооружений возможно применение систем сейсмоизоляции, то есть таких систем и устройств, которые гасят действие колебаний, передаваемых от грунта на здание.

Сейсмоизоляция призвана снижать сейсмические нагрузки на сооружение за счет применения специальных конструктивных элементов, повышающих гибкость и периоды собственных колебаний сооружения (гибкие стойки, качающиеся опоры, резинометаллические опоры и др.), увеличивающих поглощение (диссипацию) энергии сейсмических колебаний (демпферы сухого трения, скользящие пояса, гистерезисные, вязкие демпферы), а также резервных, выключающихся элементов [3].

6. *Принцип эластичности*: материалы в конструкции желательно применять прочные, легкие, обладающие упругими свойствами, конструкции из них должны иметь однородные свойства [2].

7. *Принцип качества* выполнения строительно-монтажных работ. Здания и сооружения, построенные в сейсмических районах, особенно каркасные, чувствительны к качеству выполненных строительно-монтажных работ. Некачественно выполненный монтаж элементов несущего остова при эксплуатации в сейсмических условиях может стать причиной увеличения эксцентриситетов, а также значений изгибающих и крутящих моментов, что может привести к разрушению конструкции при действии колебаний, вызванных сейсмическими волнами.

Перед авторами настоящей статьи стояла задача показать теоретические и практические результаты проектирования на примере проектов существующих общеобразовательных школ, а также их использование при создании курсового проекта.

Для сравнительного анализа авторами использованы проекты следующих школ: средняя общеобразовательная школа на 528 человек в г. Калтан (Россия), типовая проект общеобразовательной школы на 165 человек в г. Ревда (Россия), средняя школа Collge du

Letan в г. Морж (Швейцария). Архитектурно-планировочные принципы, рассмотренные на примере этих зданий, применены при проектировании общеобразовательной школы в г. Иркутске (курсовой проект) – жилой район, расположенный в пределах улиц Баррикад, Октябрьской Революции, Фридриха Энгельса, Рабочая.

Пример 1. Основная общеобразовательная школа № 2 на 528 учащихся с бассейном (г. Калтан, Кемеровская область, ООО «Агропромпроект») спроектирована для сейсмического района с расчетной сейсмичностью площадки 7 баллов (рис. 1).

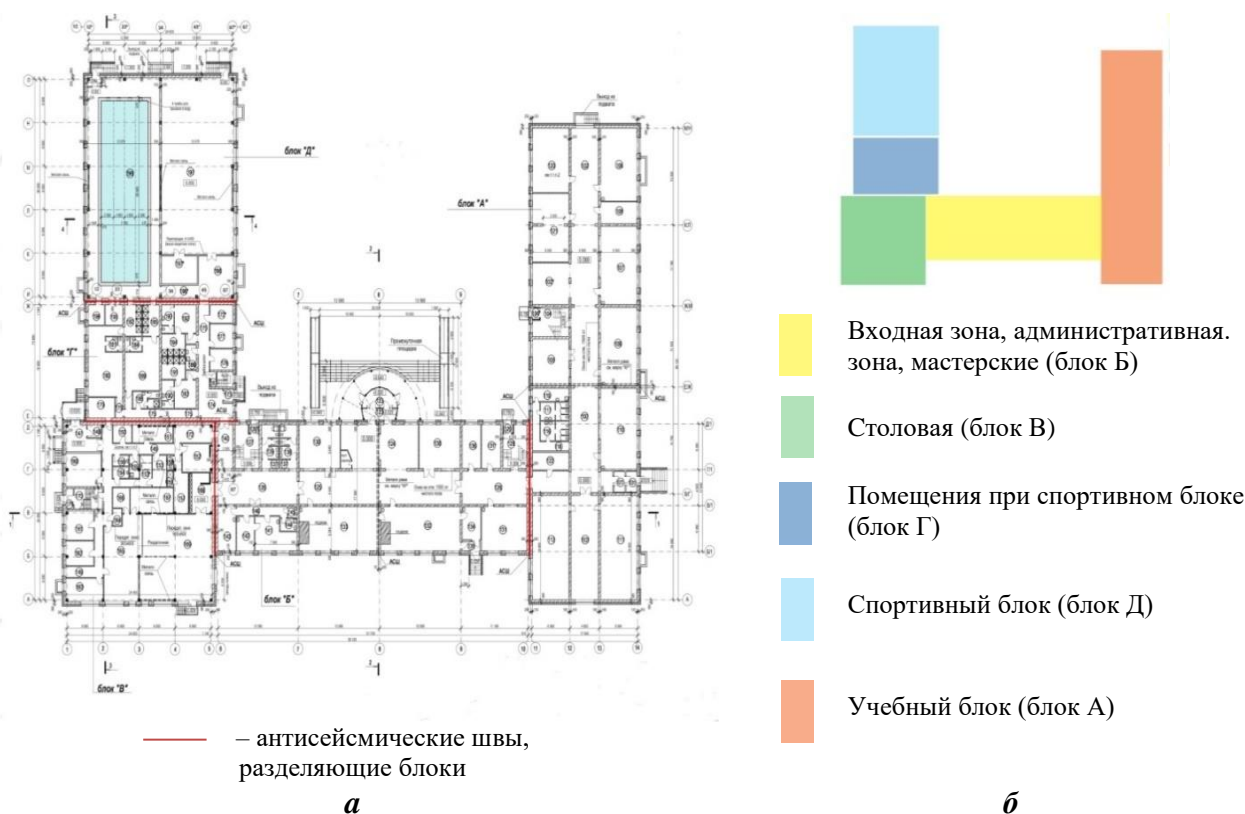


Рис. 1. Общеобразовательная школа № 2 на 528 учащихся с бассейном в г. Калтан: а – план 1-го этажа; б – функциональное зонирование

Принцип симметрии: здание состоит из 5 блоков, в каждом из которых обеспечивается симметрия веса и жесткости конструкций. В блоке Б симметрично расположены лестничные клетки, в блоках В, Д – металлические связи.

Принцип антитяжести: бассейн (блок Д) и мастерские (блок Б) расположены на первом этаже.

Принцип замкнутого контура: здание разделено антисейсмическими швами на блоки с разными конструктивными системами. Конструктивная система несущего остова смешанная: блоки А, Б, Г – стеновая; блоки В, Д – каркасная рамно-связевая.

Пример 2. В качестве аналога рассмотрен еще один типовой проект средней общеобразовательной школы, рассчитанная на 165 человек (г. Ревда, Свердловская область, «Гражданпроект»), которая была спроектирована для района с расчетной сейсмичностью площадки 6–7 баллов. Поэтому многие принципы выполняются (рис. 2).

В целях соблюдения принципа антитяжести спортивный зал, инвентарная, слесарная и столярная мастерская с тяжелым оборудованием были расположены на первом этаже. Здание разделено антисейсмическими швами на блоки (принцип замкнутого контура). Конструктивная система несущего остова школы смешанная, в некоторых блоках – комбинированная. При проектировании такой школы на площадке с большей сейсмичностью желательно использовать однородную конструктивную систему в пределах одного блока,

симметрично располагать несущие конструкции, лестничные клетки, чтобы выполнялся принцип симметрии.

Данный пример имеет рациональное объемно-пространственное решение. Планировочное решение учебного заведения основано на разделении школы на функциональные блоки. Внутренняя планировка помещений заключается в компактном размещении учебных классов, общешкольных помещений, медицинского, спортивного блоков и блока питания.

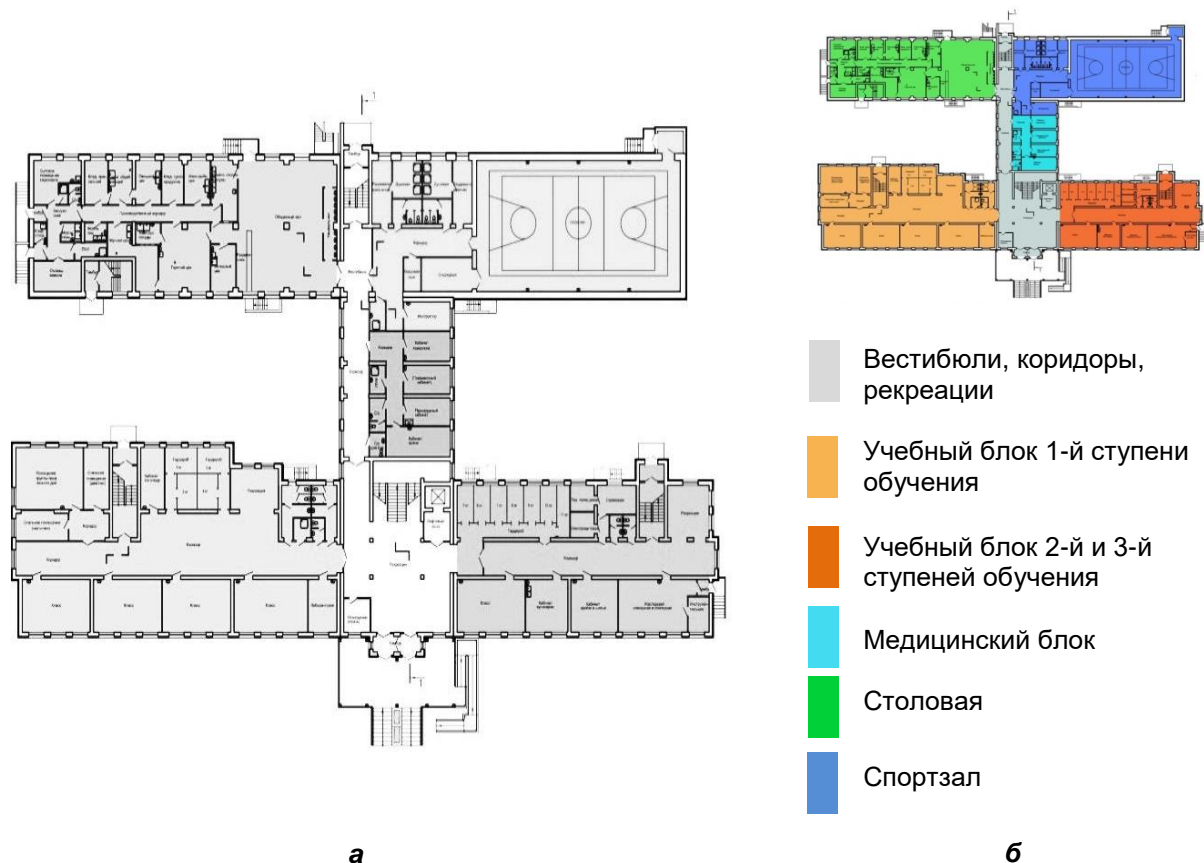


Рис. 2. Типовой проект общеобразовательной школы на 165 учащихся в г. Ревда:
а – план 1-го этажа; б – функциональное зонирование

Пример 3. Средняя школа Collge du Lemан в г. Морж (архитекторы: Грэм Манн, Патрисия Капуа Манн) в противоположность первому примеру проектировалась для сейсмического района (сейсмичность площадки 2 балла), поэтому многие принципы не выполняются (рис. 3). Здание школы состоит из двух частей, выровненных в форме буквы «L»: в одной части размещены классные комнаты, в другой – многоцелевой зал.

Для реализации этого проекта в сейсмическом районе необходимо симметричное расположение конструкций несущего остова в пределах одного блока, например, стен и лестничных клеток (принцип симметрии), разделение общего объема здания на блоки антисейсмическими швами (принцип замкнутого контура, рис. 4). Вместе с тем эта школа является хорошим примером реализации принципа антитяжести даже несмотря на то, что выполнение этого принципа обусловлено функциональным зонированием помещений в пределах здания. Все помещения, оснащенные тяжелым оборудованием и инвентарем, расположены на первом этаже, чтобы обеспечить оптимальные условия распределения нагрузки. Второй этаж полностью задействован под учебные и универсальные классы. Третий этаж можно считать «облегченным», так как задействована лишь часть от всей площади этажа.



Рис. 3. План 1-го и 2-го этажей школы Collge du Lemay:
 1 – спортивный зал; 2 – инвентарная; 3 – лаборатории и мастерские с оборудованием;
 4 – учебные классы; 5 – универсальные классы; 6 – рекреационная зона; 7 – учебные классы



— антисейсмические швы, разделяющие учебные блоки

Рис. 4. Возможный вариант расположения антисейсмических швов при использовании данного проекта в сейсмическом регионе

При создании *курсового проекта школы* на 275 человек были учтены вышеперечисленные архитектурно-конструктивные принципы. Здание школы состоит из 6 блоков, разделенных между собой антисейсмическими швами (рис. 5). Ширина антисейсмического шва нормируется СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»: при высоте здания или сооружения до 5 м ширина такого шва должна быть не менее 30 мм. Ширину антисейсмического шва здания или сооружения большей высоты следует увеличивать на 20 мм на каждые 5 м высоты [3].

Также применяется принцип антитяжести. Малый гимнастический зал (блок А), оборудованный инвентарем, обеденный зал и технические помещения (блок Г), оснащенные тяжелым кухонным оборудованием, расположены на первом этаже (аналогичный прием хорошо показан на примере швейцарской школы в г. Морж).

В блоке В симметрично расположены лестничная клетка, несущие колонны.

Здание школы сформировано из пяти двухэтажных блоков и одного одноэтажного с разделением на функциональные группы - учебную и общешкольную, в которых предусмотрены учебные кабинеты, универсальный спортивный зал, актовый зал (форум), библиотека, читальный зал, дополнительные помещения для факультативных занятий, медицинский блок, столовая с пищеблоком и выставочный павильон. Разделение общего объема здания на блоки проведено за счет устройства антисейсмических швов. Ширина антисейсмического шва здания школы принята 70 мм при высоте 8 м.

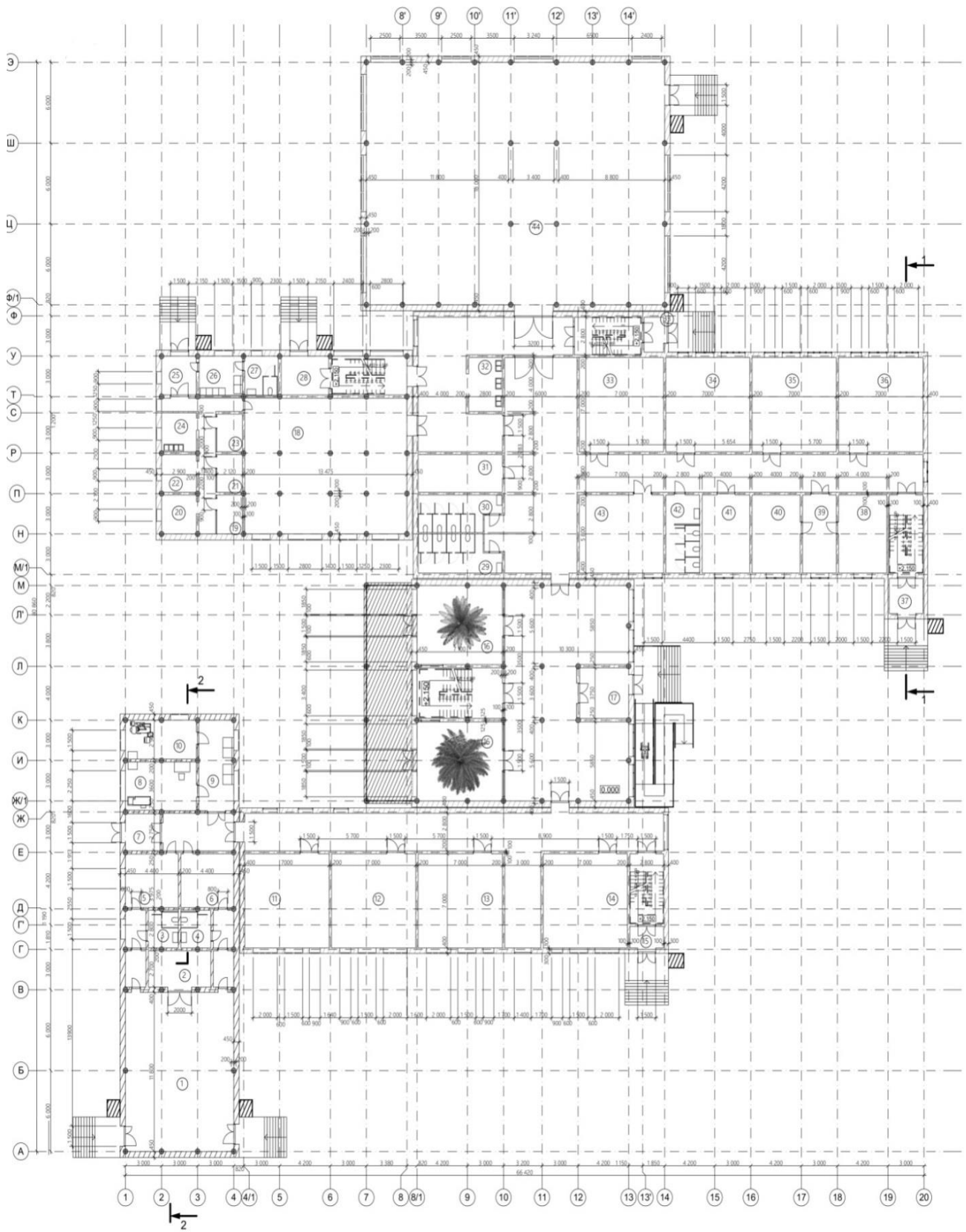
Колонны имеют круглое сечение $\varnothing 400$ мм. Фундаменты в каркасной конструктивной системе – столбчатые, сечением 400×400 мм, объединенные фундаментными балками. Для несущих внутренних стен использован монолитный железобетон толщиной 200 мм. В каркасной конструктивной системе несущая часть наружных стен имеет толщину монолитного железобетона 200 мм, с внешней стороны наружной стены располагается теплоизоляционный слой толщиной 200 мм. В качестве облицовки применены панели Rockpanel.

Конструктивная система двух учебных блоков представляет собой стеновую систему с вертикальными и горизонтальными несущими элементами. Шаги поперечных железобетонных стен приняты равными не более 7,2 м. Ленточный фундамент стеновой конструктивной системы шириной 400 мм. Для несущих внутренних стен использован монолитный железобетон толщиной 200 мм. Несущая часть наружных стен в стеновой конструктивной системе - 200 мм. С внешней стороны несущей части наружной стены располагается теплоизоляция толщиной 200 мм. В качестве облицовки применены панели Rockpanel. Перегородки толщиной 50 и 100 мм выполнены из монолитного железобетона.

В проекте учтены как климатические так и сейсмические особенности региона: проектирование велось с учетом сейсмичности 9 баллов. Чтобы исключить прогибы и различные деформации в области перекрытий, применяются монолитные железобетонные перекрытия толщиной 200 мм, монолитные железобетонные ригели. Большое внимание при проектировании зданий в сейсмоопасном районе уделяется организации путей эвакуации, в том числе лестницам и лестничным клеткам. В спроектированной школе лестничные клетки закрытые с естественным освещением через окна в наружных стенах на каждом этаже. Число лестничных клеток соответствует числу блоков - не менее одной лестничной клетки в блоке с выходом через тамбур или вестибюль. Лестничные площадки и марши выполнены из монолитного железобетона.

В зависимости от назначения блоков и планировочной системы были выбраны каркасная и стеновая конструктивные системы. Так, выставочный павильон, главный блок, спортивный и пищевой блоки спроектированы в каркасной конструктивной системе из монолитного железобетона. Пространственная жесткость и устойчивость этих помещений обеспечивается совместной работой колонн, ригелей и перекрытий, образующих геометрически неизменяемую систему. Шаги колонн приняты равными не более 6 м.

Несмотря на сложности проектирования в сейсмическом районе, архитекторам очень важно помнить об эстетической составляющей здания (сооружения). Спроектированная школа имеет два основных «стеклянных» акцента – это входная группа с широкой центральной лестницей и зимний сад с выходом на террасу и выставочный павильон.



a

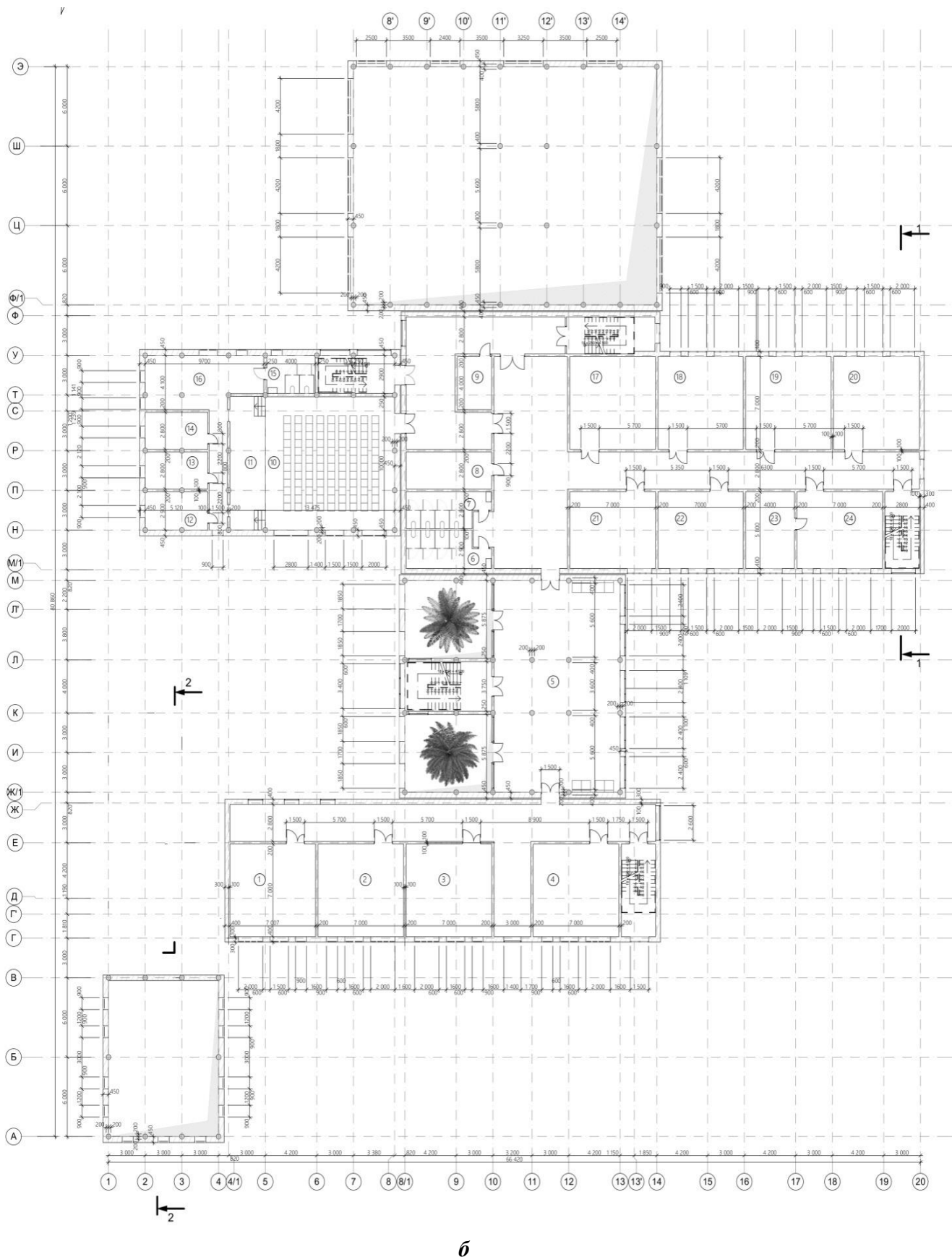


Рис. 5. Курсовой проект общеобразовательной школ (г. Иркутск):
а – план 1-го этажа; б – план 2-го этажа

Проанализировав несколько примеров, можно увидеть, каким образом в проектах реализуются основные архитектурно-конструктивные принципы проектирования сейсмостойких зданий. Данные принципы были применены при выполнении курсового проекта по дисциплине «Архитектурные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений» – школы на 275 человек в г. Иркутске. Также они могут быть реализованы при проектировании сейсмостойких зданий и сооружений в других сейсмически активных районах страны.

Библиографический список

1. Саландаева О. И. Формирование архитектурно-конструктивных приемов жилой застройки города Иркутска в условиях высокой сейсмичности // Вестник ИрГТУ. 2015. № 2. С. 132–144.
2. Саркисов Д.Ю. Сейсмостойкость зданий и сооружений: учеб. пособие для студентов специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / автор-составитель Д.Ю. Саркисов. Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного ун-та, 2015. 156 с.
3. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*; утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24.05.2018 г. № 309/пр, введен в действие с 25.11.2018 г. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и научно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550565571> (26.11.2018).
4. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением № 1). [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и научно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111003> (02.03.2018).