

УДК 725.381.3:624.042.7
DOI: 10.36979/1694-500X-2026-26-4-163-169

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПАРКИНГОВ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ

Э.З. Тургумбекова, А.Т. Термечикова

Аннотация. Рассматриваются современные тенденции архитектурно-конструктивного проектирования многоуровневых паркингов в сейсмоактивных районах на примере города Бишкека. В работе проанализирован мировой опыт проектирования многоуровневых паркингов, где широко применяются стальные каркасные системы, как наиболее рациональные с точки зрения сейсмостойкости, технологичности и функциональной эффективности. Особое внимание уделено современным методам повышения сейсмостойкости, включая базовую сейсмоизоляцию, пассивные демпферы и комбинированные динамические гасители колебаний. Рассмотрены особенности конструктивных схем и систем связей, обеспечивающих пространственную жёсткость и сейсмостойкость сооружений. Также затронуты вопросы антикоррозионной и противопожарной защиты конструкций. Обоснована целесообразность применения стального каркаса как эффективного и перспективного решения для многоуровневых паркингов в условиях сейсмической активности, минимизирующего риски в условиях сильных землетрясений.

Ключевые слова: многоуровневые паркинги; сейсмостойкость; стальные конструкции; демпфирование; сейсмоизоляция.

СЕЙСМИКАЛЫК АКТИВДҮҮ АЙМАКТАРДА КӨП ДЕҢГЭЭЛДҮҮ УНАА ТОКТУТУУЧУ ЖАЙЛАРДЫ АРХИТЕКТУРАЛЫК-КОНСТРУКТИВДҮҮ ДОЛБООРЛООНУН ЗАМАНБАП ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

Э.З. Тургумбекова, А.Т. Термечикова

Аннотация. Макалада Бишкек шаарынын мисалында сейсмоактивдүү аймактарда жайгашкан көп деңгээлдүү автоунаа токтотуучу жайларды архитектуралык-конструктивдик долбоорлоонун заманбап тенденциялары каралат. Иштин алкагында көп деңгээлдүү паркингдерди долбоорлоонун дүйнөлүк тажрыйбасы талданган, анда сейсмотуруктуулук, технологиялуулук жана функционалдык натыйжалуулук жагынан эң рационалдуу чечим катары болот каркастуу системалар кеңири колдонулат. Сейсмотуруктуулукту жогорулатуу боюнча заманбап ыкмаларга, анын ичинде негизги сейсмоизоляцияга, пассивдүү демпферлерге жана айкалышкан динамикалык термелүү басаңдаткычтарга өзгөчө көңүл бурулган. Имараттардын мейкиндиктик катуулугун жана сейсмотуруктуулугун камсыз кылуучу конструктивдик схемалардын жана байланыш системаларынын өзгөчөлүктөрү каралат. Ошондой эле конструкцияларды коррозиядан жана өрттөн коргоо маселелери камтылган. Сейсмикалык активдүүлүк шартында көп деңгээлдүү паркингдер үчүн натыйжалуу жана келечектүү чечим катары болот каркасты колдонуу максатка ылайыктуу экендиги негизделип, күчтүү жер титирөөлөр учурундагы коркунучтарды минималдаштырууга мүмкүндүк берери көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: көп деңгээлдүү паркингдер; сейсмостойлук; болот конструкциялары; демпферлөө; сейсмоизоляция.

MODERN TRENDS IN ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL DESIGN OF MULTI-LEVEL PARKING FACILITIES IN SEISMICALLY ACTIVE REGIONS

E.Z. Turgumbekova, A.T. Termehikova

Abstract. The article examines modern trends in architectural and structural design of multi-storey parking facilities in seismically active regions, using the city of Bishkek as a case study. The study analyzes international experience in the design of multi-level parking structures, where steel frame systems are widely applied as the most rational solution in terms of seismic resistance, constructability, and functional efficiency. Special attention is paid to modern methods of improving seismic performance, including base seismic isolation, passive damping devices, and combined dynamic vibration absorbers. The features of structural schemes and bracing systems that ensure spatial rigidity and seismic stability of buildings are considered. Issues of corrosion protection and fire safety of structural elements are also addressed. The feasibility of using steel framing as an effective and promising solution for multi-storey parking facilities in seismically active conditions is substantiated, allowing for the minimization of risks during strong earthquakes.

Keywords: multi-level parking structures; seismic resistance; steel structures; damping; seismic isolation.

Введение. Стремительное развитие городов и рост уровня автомобилизации в последние десятилетия формируют одну из ключевых проблем современной градостроительной практики – острый дефицит организованных парковочных пространств. Особенно актуальной данная проблема является для крупных и быстро развивающихся городов, где исторически сложившаяся застройка и ограниченные территориальные ресурсы не позволяют эффективно решать задачи хранения автотранспорта за счёт традиционных наземных парковок. В этих условиях многоуровневые паркинги становятся важным элементом транспортной и градостроительной инфраструктуры, обеспечивающим рациональное использование городской территории и повышение комфортности городской среды.

Особую сложность проектирование многоуровневых паркингов приобретает в сейсмоактивных районах, где к архитектурно-конструктивным решениям предъявляются повышенные требования по сейсмостойкости, надёжности и безопасности эксплуатации. Город Бишкек, расположенный в зоне высокой сейсмической активности, наглядно демонстрирует необходимость комплексного подхода к проектированию подобных сооружений, сочетающего современные конструктивные системы, эффективные методы сейсмозащиты и продуманные архитектурно-планировочные решения. При этом существующая практика строительства парковочных объектов в городе зачастую не в полной мере соответствует современным мировым тенденциям и инженерным стандартам.

В связи с этим особый научный и практический интерес представляет анализ современных тенденций в архитектурно-конструктивном проектировании многоуровневых паркингов с учётом сейсмических условий, выполненный на примере города Бишкека. Рассмотрение данного вопроса позволяет выявить наиболее эффективные конструктивные схемы, определить роль стальных и комбинированных каркасов, систем сейсмоизоляции и демпфирования, а также оценить влияние архитектурных решений на безопасность и функциональную устойчивость сооружений. Таким образом, исследование направлено на обобщение актуальных подходов и формирование теоретической базы для дальнейшего развития практики проектирования многоуровневых паркингов в условиях сейсмоактивных регионов Кыргызской Республики.

Мировой опыт проектирования многоуровневых паркингов на стальном каркасе показывает устойчивую тенденцию к выбору стальных и комбинированных несущих систем как наиболее рациональных для сооружений с повторяющимися пролётами, открытыми фасадами и высокими требованиями к скорости строительства. В большинстве стран такие паркинги рассматриваются не как «второстепенные» утилитарные здания, а как полноценные элементы городской инфраструктуры, где конструкция, функциональная логика и архитектурный образ проектируются совместно. Стальной каркас в этой типологии стал базовым решением благодаря сочетанию малой массы, высокой заводской готовности, гибкости планировочной сетки и возможности точной инженерной настройки (по жёсткости, узлам, связям, деформациям) под заданные нагрузки и эксплуатационные сценарии.

Япония является мировым лидером в области проектирования зданий для сейсмоактивных территорий, и многоуровневые паркинги здесь рассматриваются прежде всего как инженерные сооружения повышенной ответственности. В условиях частых землетрясений приоритет отдаётся лёгким стальным каркасам, позволяющим существенно снизить инерционные силы, возникающие при сейсмическом воздействии.

При анализе мирового опыта проектирования многоуровневых паркингов в Японии, Китае, Южной Корее прослеживается устойчивая ориентация на применение стальных каркасов как базовой несущей схемы, позволяющей эффективно решать задачи пространственной жесткости, снижения массы здания и рациональной организации парковочных пространств.

В контексте города Бишкека, расположенного в зоне высокой сейсмичности и испытывающего острый дефицит парковочных мест, обращение к данной тенденции приобретает особую **актуальность**. Применение стальных каркасов при проектировании многоуровневых паркингов позволяет адаптировать передовой мировой опыт к местным условиям, обеспечивая оптимальное соотношение конструктивной надежности, экономичности и архитектурной выразительности. Это обуславливает необходимость более детального рассмотрения особенностей стальных каркасных систем, их конструктивных схем и принципов применения в практике проектирования многоуровневых паркингов.

Методы исследования. Совершенствование конструктивных систем многоуровневых паркингов является одним из самых важнейших направлений. Обширные рекомендации по проектированию надземных многоярусных автостоянок на стальном каркасе указывают на преимущества металлических конструкций по сравнению с традиционными железобетонными: они позволяют легко и экономично перекрывать большие пролёты или могут иметь сетку колонн в точном соответствии с габаритами и параметрами элементов объемно-планировочной структуры гаража-стоянки [1].

Одним из ключевых факторов выбора стального каркаса является снижение собственной массы сооружения по сравнению с традиционными железобетонными системами. В условиях сейсмических воздействий уменьшение массы здания напрямую приводит к снижению инерционных сил, что положительно сказывается на общей сейсмостойкости сооружения. Это особенно важно для многоуровневых паркингов, где присутствуют большие пролёты, открытые этажи и значительные динамические нагрузки от движения транспорта.

Важным преимуществом стального каркаса является гибкость планировочных решений. Большие пролёты между колоннами (как правило, 7,2–8,4 м и более) позволяют формировать удобные схемы движения, оптимальные размеры машиномест и минимизировать количество конструктивных элементов, мешающих маневрированию (рисунок 1) [2]. Это особенно актуально для многоуровневых паркингов, где функциональная эффективность напрямую влияет на пропускную способность и комфорт эксплуатации.

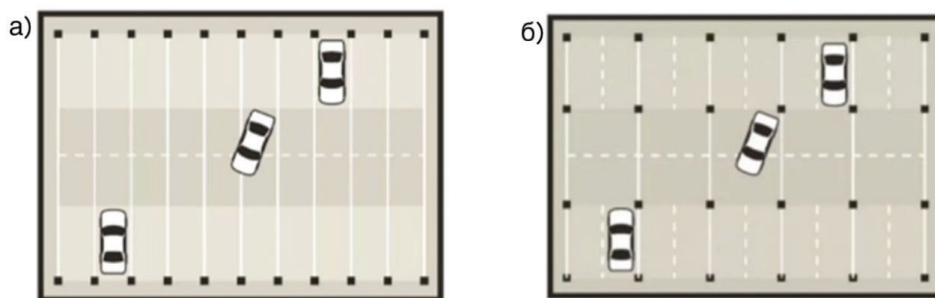


Рисунок 1 – Планировочное решение:
а) без промежуточных колонн, б) с промежуточными колоннами

При установке средних рядов колонн происходит потеря машиномест из-за площади сечения самих колонн, а также «мертвой» зоны, которая образуется между ними. Учитывая это, можно проследить выгоду в виде дополнительных машиномест от применения длиннопролетной схемы, особенно принимая во внимание большое количество стандартных модулей в паркинге.

Обсуждение. Как оптимизировать конструктивную схему паркинга? Первым направлением оптимизации конструктивной схемы является выбор рациональной схемы размещения элементов [2].

Как и в других многоэтажных зданиях, в паркингах разделяют два основных типа конструктивных схем:

1. Связевая схема, когда используются шарнирные соединения, а жесткость каркаса обеспечивается связями или ядрами жесткости.

2. Рамные каркасы с жесткими, воспринимающими момент, узлами.

Для многоуровневых паркингов, особенно в условиях сейсмоактивных районов, оптимальным вариантом считается связевая схема. Они играют значительную роль в повышении сейсмостойкости. В стальных каркасах гаражей-стоянок рекомендуются комбинированные схемы рамно-связевого типа, где вертикальные и горизонтальные связи обеспечивают совместную работу рам и предотвращают развитие избыточных деформаций. Вертикальные связи в связевых и рамно-связевых каркасах могут иметь различные системы решеток (рисунок 2) [3]. При этом современные решения стремятся интегрировать связевые поля в архитектурный образ фасада. Диагонали могут восприниматься как пластический мотив, задающий динамику объемно-пространственного решения; в них, как показано на примере КДГКТТ (рисунок 3), могут устанавливаться гасители колебаний, которые одновременно выполняют конструктивную и выразительную функцию.

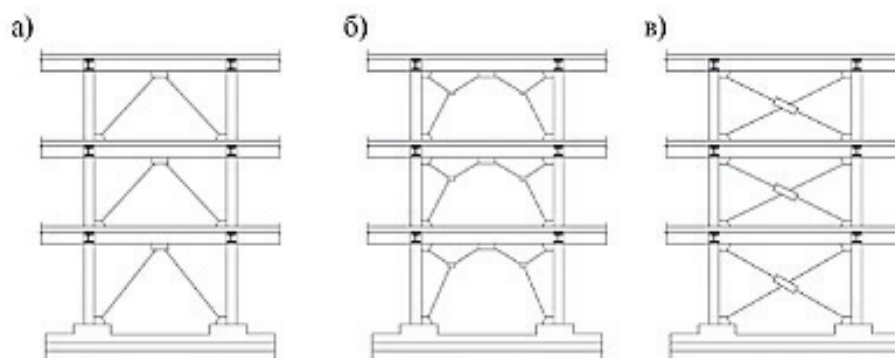


Рисунок 2 – Связевые панели с металлической решеткой
а – треугольная решетка; б – то же порталная; в – то же крестовая



Рисунок 3 – КДГКТТ в комбинации с конструкцией легкого сетчатого ограждения гаража-стоянки легковых автомобилей

Классические подходы к обеспечению сейсмостойкости основаны на повышении жесткости и прочности несущих элементов за счет увеличения сечений, применения материалов с высокими прочностными характеристиками и формировании рациональной пространственной схемы. Эти методы, ориентированные на восприятие значительных сейсмических нагрузок, неизбежно приводят к росту массы и стоимости сооружения. Как показано в современной литературе по сейсмостойкому проектированию, именно тяжелые и чрезмерно жесткие конструкции, не обладающие достаточной пластичностью, демонстрируют наиболее неблагоприятное поведение при сильных землетрясениях, переходя к хрупким формам разрушения и теряя несущую способность после превышения расчетного уровня воздействия [4].

В ответ на эти вызовы в последние десятилетия активно развиваются специальные системы сейсмозащиты, основанные на принципах сейсмоизоляции, повышенного демпфирования и гашения колебаний. В рамках этих подходов задача проектировщика смещается от простого увеличения прочности к управлению динамическим откликом сооружения. Здание рассматривается как система, в которой параметры жесткости, массы и демпфирования настраиваются таким образом, чтобы снизить ускорения и перемещения, действующие на несущие конструкции и элементы отделки, обеспечить контролируемый характер деформаций и исключить развитие прогрессирующих повреждений.

Для многоуровневых паркингов это особенно важно: сочетание сейсмоизоляции с открытыми фасадами и легким стальным каркасом позволяет практически исключить повреждения несущей системы и элементов отделки, тем самым обеспечивая непрерывность эксплуатации объекта сразу после землетрясения.

К ключевым тенденциям сейсмоизоляционных решений, при проектировании многоуровневых паркингов в сейсмоактивных районах, относятся:

- базовая сейсмоизоляция, снижающая передачу колебаний от основания к надземной части сооружения;
- пассивные демпферы, рассеивающие сейсмическую энергию за счёт вязких, фрикционных или пластических механизмов;
- комбинированные динамические гасители, способные эффективно снижать как поступательные, так и крутильные колебания каркаса.

Современные системы базовой изоляции используют различные типы опор: резино-металлические подушки с вертикальной жесткостью и горизонтальной податливостью, свинцово-резиновые опоры с повышенным демпфированием, фрикционные скользящие устройства, а также гибридные системы, сочетающие упругие и скользящие элементы.

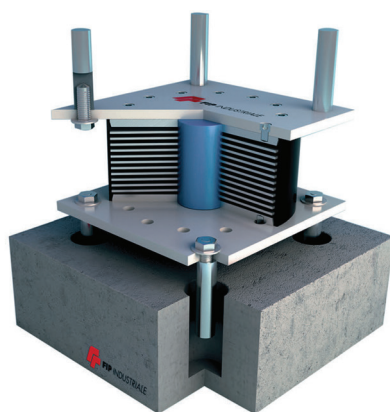


Рисунок 4 – Схематический вид свинцово-резиновой опоры

Один из способов заключается во внедрении в опорный элемент одного или нескольких цилиндрических свинцовых стержней диаметром приблизительно 60–150 мм. Такое решение широко известно как свинцово-резиновая опора. Свинец обеспечивает необходимую жесткость конструкции при ветровых нагрузках и эффективно рассеивает значительные объемы энергии за счёт текучести и рекристаллизации материала в процессе землетрясения (рисунок 4) [4]. Здание как бы «отрывается» от основания и начинает реагировать на землетрясение подобно телу на мягких пружинах: период его собственных колебаний увеличивается, а ускорения верхних этажей существенно снижаются.

В проектировании паркингов выбор типологии опор определяется не только сейсмическими воздействиями, но и эксплуатационными требованиями: необходимостью восприятия значительных вертикальных нагрузок от автомобилей и перекрытий, возможных температурных деформаций, влияния агрессивной среды (антигололедные реагенты, выхлопные газы) и требований к долговечности. С точки зрения архитектуры, сейсмоизоляция позволяет формировать свободный план и большую открытость пространства хранения, так как усилия, действующие в уровне надземного каркаса, существенно меньше, чем в жестко защемленных системах, и не требуют чрезмерного увеличения сечений элементов.

Другой важной тенденцией является распространение концепции «безопасного повреждения», когда несущие элементы проектируются таким образом, чтобы при сильном землетрясении они переходили в контролируемое пластическое состояние без потери несущей способности. В стальных каркасах многоуровневых паркингов это достигается за счет расположения пластических шарниров в специально ослабленных участках балок либо в элементах связевой системы, в то время как колонны сохраняют упругую работу. Подобный подход сочетается с применением систем повышенного демпфирования – вязких, вязкоупругих или фрикционных демпферов, включаемых в диагональные связи и рамные узлы. Он позволяет ограничить относительные перемещения этажей и снизить повреждаемость узлов сопряжения перекрытий с колоннами, а также креплений ограждающих конструкций.

Особое место в ряду современных средств сейсмозащиты занимает группа динамических гасителей колебаний. Для многоэтажных сооружений открытого типа, к которым относятся и многоуровневые гаражи-стоянки, актуален принцип установки гасителей в крестовых связях и на периферийных элементах каркаса (рисунок 5). Использование комбинированного динамического гасителя колебаний торсионного типа (КДГКТТ) позволяет эффективно гасить колебания при сейсмических и ветровых воздействиях [5]. Для Бишкека, где нагрузка от ветра относительно невелика, а ключевым воздействием является именно сейсмическое, подобные устройства представляют собой перспективный инструмент повышения надежности без значительного увеличения массы и стоимости сооружения.

Варианты размещения КДГКТТ в системах крестовых связей и в составе легкого сетчатого ограждения многоэтажного открытого гаража-стоянки демонстрируют возможность органичного включения гасителя в архитектурный облик фасадов, при этом элементы сейсмозащиты становятся визуально считываемыми и подчеркивают технологичность сооружения (см. рисунок 3).

Современные тенденции в архитектурном образе многоуровневых паркингов также связаны с осмысленным демонстрационным проектированием конструкций и средств сейсмозащиты. В многоуровневых паркингах этот эффект усиливается благодаря естественной перфорации фасадов и легкому стальному каркасу. Архитектор получает возможность формировать образ высокотехнологичного, «умного» сооружения, в котором конструкция и инженерные системы становятся частью композиции. Размещение динамических гасителей в видимых зонах фасада, использование диагональных связей и растянутых элементов подчеркивает «работу» здания в условиях землетрясения и одновременно способствует формированию запоминающегося силуэта [4].

Не менее важным направлением является обеспечение долговечности и эксплуатационной надежности конструкций в условиях сейсмичности. Для стальных гаражей-стоянок особое внимание уделяется защите от коррозии, так как агрессивная среда (влага, реагенты, выхлопные газы) в сочетании с переменными нагрузками и возможными сейсмическими воздействиями способна ускорять усталостное

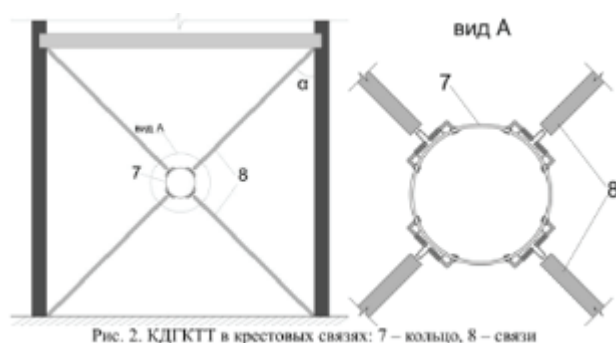


Рисунок 5 – КДГКТТ в крестовых связях: 7 – кольцо; 8 – связи

разрушение элементов. Современные рекомендации предусматривают применение цинковых и лакокрасочных покрытий с повышенной стойкостью [3].

Для Бишкека, где значительная часть парковочного фонда представлена открытыми стихийными стоянками, переход к многоуровневым капитальным паркингам с современными архитектурно-конструктивными решениями означает не только улучшение транспортной ситуации, но и формирование более устойчивой городской среды, готовой к интенсивным сейсмическим воздействиям без существенной потери функциональности.

Выводы. Таким образом, современные тенденции в архитектурно-конструктивном проектировании многоуровневых паркингов в сейсмоактивных условиях Кыргызской Республики и города Бишкека складываются в целостную систему. Ее ключевые элементы – использование стальных каркасов с легкими открытыми ограждающими конструкциями, применение базовой сейсмоизоляции и пассивных демпфирующих устройств, в том числе комбинированных торсионных гасителей локальной разработки; формирование регулярных, симметричных в плане объемно-планировочных схем с рациональной системой связей и рам; архитектурная интеграция сейсмозащитных элементов в образ здания и городскую среду; приоритет функциональной сохранности и безопасности пользователей при сильных землетрясениях. Реализация этих подходов в практике проектирования и строительства многоуровневых паркингов в Бишкеке позволяет рассматривать такие сооружения как важный компонент устойчивого развития города, способный обеспечить надежную работу транспортной инфраструктуры даже в условиях мощных сейсмических событий.

Поступила: 11.12.2025; рецензирована: 22.12.2025; принята: 26.12.2025.

Литература

1. Ассоциация развития стального строительства. Стальные конструкции в строительстве надземных многоярусных рамповых автостоянок. М., 2015. 24 с.
2. Ясин Е. Паркинги на основе стального каркаса / Е. Ясин, Ю.Н. Беляев, К. Калаф. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/ss-62376952/62376952> (дата обращения: 12.12.2025).
3. Пособие. Проектирование многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе (к СП 113.13330.2016). М., 2017. 180 с.
4. Andrew Charleson, Adriana Guisasola. Seismic Isolation for Architects. 2017. Ссылка на интернет-источник: URL: https://www.nzsee.org.nz/db/2015/Papers/O-09_Charleson.pdf (дата обращения: 12.12.2025).
5. Семенов В.С. Комбинированный динамический гаситель колебаний зданий и сооружений торсионного типа / В.С. Семенов, Т.В. Веремченко, А.В. Токарский // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 5.