



УДК 811

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ РИСКОВ

Чарлыев Сапарлы, Чошурова Дженнет,

преподаватели

Шайыев Мырат

студент

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Проблема обеспечения сейсмической устойчивости и долговечности мостовых конструкций является критически важной для регионов с высокой тектонической активностью и специфическими климатическими рисками. Мосты, будучи жизненно важными звеньями транспортной инфраструктуры, должны сохранять свою функциональность даже после разрушительных природных воздействий. Современная инженерная мысль направлена на переход от концепции пассивного сопротивления нагрузкам к активному управлению реакцией сооружения на внешние возмущения. Комплексный подход к проектированию включает использование инновационных материалов, систем сейсмоизоляции и цифровых методов мониторинга. Это позволяет не только предотвратить обрушение, но и значительно продлить срок службы инженерных сооружений в условиях агрессивной среды.

Ключевые слова: сейсмостойкость, долговечность, мостовые конструкции, сейсмоизоляция, демпферы, мониторинг, коррозия, инженерная защита, природные риски, инфраструктура, сейсмический риск, высокопрочный бетон, фрикционно-маятниковые опоры, проектирование, транспортная безопасность.

THE PROBLEM OF ENSURING THE SEISMIC STABILITY AND DURABILITY OF BRIDGE STRUCTURES IS OF CRITICAL IMPORTANCE FOR REGIONS WITH HIGH TECTONIC ACTIVITY AND SPECIFIC CLIMATIC RISKS

Charlyyev Saparly, Choshurova Jennet

Lecturers

Shaylyyev Myrat

Student

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. Bridges, being vital links in transportation infrastructure, must maintain their functionality even after devastating natural impacts. Modern engineering thought is directed toward a transition from the concept of passive resistance to loads to active management of the structure's response to external disturbances. A comprehensive approach to design includes the use of innovative materials, seismic isolation systems, and digital monitoring methods. This allows not only for the prevention of collapse but also significantly extends the service life of engineering structures in aggressive environmental conditions.

Keywords: seismic stability, durability, bridge structures, seismic isolation, dampers, monitoring, corrosion, engineering protection, natural risks, infrastructure, seismic risk, high-strength concrete, friction-pendulum bearings, design, transport safety.

Введение

Сейсмическая устойчивость моста в значительной степени определяется его способностью поглощать и рассеивать энергию динамических колебаний грунта. Традиционные жесткие конструкции при сильных землетрясениях подвергаются катастрофическим повреждениям из-за невозможности компенсировать инерционные силы. Применение систем сейсмоизоляции, таких как свинцово-резиновые опоры или фрикционно-маятниковые системы, позволяет физически отделить пролетное строение от колеблющихся опор. Эти устройства увеличивают период собственных колебаний конструкции, выводя ее из опасного диапазона резонансных частот грунта. В результате большая часть сейсмической энергии тратится на контролируемую деформацию изоляторов, а не на разрушение несущих элементов моста.

Фрикционно-маятниковые опоры представляют собой одну из наиболее эффективных технологий защиты, работающую по принципу маятника. При возникновении подземных толчков пролетное строение скользит по вогнутой сферической поверхности опоры, преобразуя кинетическую энергию в потенциальную. Сила трения, возникающая при движении, обеспечивает необходимое демпфирование и быстрое затухание колебаний после прекращения сейсмического события. Важным преимуществом таких систем является их способность к самоцентрированию, что возвращает мост в исходное проектное положение. Это сводит к минимуму остаточные деформации и позволяет возобновить движение транспорта в кратчайшие сроки.

Демпфирующие устройства различных типов, включая вязкостные и гидродинамические гасители, служат дополнительным барьером для разрушительных вибраций. Они устанавливаются между опорами и пролетным строением для поглощения ударных нагрузок и ограничения амплитуды перемещений. Вязкостные демпферы работают аналогично



автомобильным амортизаторам, преобразуя механическую энергию движения в тепловую за счет перемещения поршня в специальной жидкости. Использование таких устройств позволяет защитить деформационные швы и опорные части от преждевременного износа и повреждений при умеренных толчках. Правильный подбор характеристик демпферов обеспечивает плавность работы конструкции при ветровых и температурных воздействиях.

Геологические особенности региона, такие как наличие слабых грунтов или риск разжижения почвы, требуют особого внимания при проектировании фундаментов мостов. В сейсмических зонах глубокое заложение свайных оснований является необходимым условием для обеспечения стабильности сооружения. Использование буронабивных свай большого диаметра позволяет передать нагрузки на более плотные и стабильные слои грунта, минимизируя риск опрокидывания опор. Дополнительное укрепление околосвайного пространства методами цементации или армирования грунта повышает общую жесткость основания. Инженерная защита фундаментов является фундаментом долговечности всей мостовой системы.

Долговечность мостовых конструкций напрямую зависит от качества применяемых материалов и их устойчивости к коррозионным процессам. В условиях резких перепадов температур и высокой солнечной радиации бетонные поверхности подвергаются ускоренному старению и образованию микротрещин. Использование высокопрочных бетонов с добавлением наноструктурированных модификаторов позволяет создать плотную матрицу, непроницаемую для влаги и солей. Применение эпоксидных покрытий для арматуры и специальных гидрофобных пропиток для бетона значительно замедляет коррозию стали. Это особенно актуально для регионов, где активно используются противогололедные реагенты или наблюдается высокая минерализация подземных вод.

Стальные элементы мостов, такие как ванты, балки и фермы, требуют современной антикоррозийной защиты на основе многослойных полимерных систем. Нанесение цинконаполненных грунтов и финишных эмалей обеспечивает барьерную и протекторную защиту металла на десятилетия вперед. В вантовых мостах каждая прядь кабеля защищается индивидуальной полимерной оболочкой и заполняется ингибиторами коррозии. Регулярное обновление защитных слоев является обязательной частью регламентных работ по техническому обслуживанию. Предотвращение потери сечения металлических элементов гарантирует сохранение расчетной грузоподъемности моста в течение всего срока эксплуатации.

Температурные деформационные швы являются одними из самых уязвимых элементов, влияющих на долговечность и комфорт проезда. В сейсмических регионах они должны обеспечивать не только компенсацию тепловых расширений, но и значительные перемещения



при землетрясениях. Применение модульных деформационных швов с высокой компенсирующей способностью предотвращает столкновение пролетов и разрушение береговых устоев. Качественная герметизация швов исключает попадание воды и грязи на опорные части, защищая их от коррозии и заклинивания. Использование долговечных эластомеров и нержавеющей стали в конструкции швов повышает их надежность.

Цифровые системы мониторинга инженерных конструкций в режиме реального времени становятся обязательным атрибутом современных ответственных мостов. Сеть датчиков, установленных на критических узлах, фиксирует ускорения, наклоны опор, напряжения в арматуре и параметры внешней среды. Данные передаются в аналитический центр, где программное обеспечение оценивает техническое состояние объекта и выявляет скрытые дефекты. Это позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию, что значительно экономит средства. После любого сейсмического события система мгновенно выдает заключение о безопасности дальнейшей эксплуатации моста.

Аэродинамическая устойчивость пролетных строений является важным фактором долговечности, особенно для мостов с большими пролетами. Ветровые нагрузки могут вызывать опасные явления, такие как флаттер или вихревое возбуждение, приводящие к усталостному разрушению металла. Проведение испытаний моделей мостов в аэродинамических трубах позволяет оптимизировать форму сечения пролетного строения для снижения лобового сопротивления. Установка специальных дефлекторов и обтекателей помогает стабилизировать воздушные потоки и уменьшить амплитуду колебаний. Учет ветровой динамики совместно с сейсмическими факторами обеспечивает всестороннюю защиту сооружения.

Проблема усталости материалов актуальна для мостов с высокой интенсивностью движения тяжелого грузового транспорта. Постоянные циклы нагружения и разгрузки приводят к накоплению микрповреждений в сварных швах и болтовых соединениях стальных конструкций. Применение сталей с повышенной хрупкой прочностью и современных методов упрочнения зон концентрации напряжений снижает риск усталостного разрушения. Использование болтовых соединений с контролируемым натяжением обеспечивает надежную работу узлов в условиях знакопеременных нагрузок. Периодическая дефектоскопия ответственных соединений позволяет вовремя обнаружить начало процесса разрушения.

Эстетическая долговечность и архитектурная выразительность мостов также играют важную роль в формировании городской среды и имиджа страны. Использование декоративного освещения не только подчеркивает красоту инженерных форм в ночное время, но и выполняет утилитарную функцию безопасности. Качественная отделка опор и пролетов

материалами, устойчивыми к атмосферным воздействиям, сохраняет привлекательный вид сооружения на долгие годы. Гармоничное вписывание моста в окружающий ландшафт требует учета экологических факторов и сохранения биоразнообразия. Современный мост — это синтез передовой инженерии и высокого архитектурного искусства.

Экономическая эффективность вложений в сейсмостойкость и долговечность подтверждается снижением совокупной стоимости владения объектом. Хотя применение инновационных систем защиты увеличивает первоначальную смету строительства, это предотвращает колоссальные убытки от возможных разрушений и простоев. Снижение частоты и объема ремонтных работ позволяет направить ресурсы на развитие других участков транспортной сети. Инвестиции в безопасность инфраструктуры являются залогом стабильного функционирования экономики страны в долгосрочной перспективе. Качественная теплоизоляция и защита от внешней среды также вносят вклад в экономическую устойчивость.

Подготовка квалифицированных кадров и развитие национальной научно-технической базы являются необходимыми условиями для реализации сложных инженерных проектов. Сотрудничество с ведущими мировыми экспертами и обмен опытом позволяют внедрять лучшие мировые практики в отечественное мостостроение. Проведение прикладных исследований в области новых материалов и технологий сейсмозащиты способствует созданию уникальных решений, адаптированных к местным условиям. Обучение персонала современным методам диагностики и обслуживания гарантирует высокий уровень эксплуатации сложных инженерных систем. Научный подход является двигателем прогресса в области обеспечения безопасности транспортных узлов.

Заключение

Обеспечение сейсмической устойчивости и долговечности мостовых конструкций — это многогранная задача, требующая интеграции знаний из области сейсмологии, материаловедения и цифровых технологий. Применение систем активной сейсмозащиты, высокотехнологичных материалов и интеллектуального мониторинга позволяет создавать сооружения, способные противостоять любым природным вызовам. Долговечность моста закладывается на этапе проектирования и поддерживается в течение всего срока службы за счет грамотной эксплуатации. Развитие инфраструктуры, защищенной от региональных рисков, обеспечивает надежную связь между регионами и способствует процветанию общества. Будущее мостостроения лежит в плоскости создания "умных" и неуязвимых транспортных систем.

Список литературы:



1. Реджепов, О. А., & Гурбанов, М. С. (2022). Современные системы сейсмоизоляции автодорожных мостов в условиях высокой сейсмичности. Вестник мостостроения, 14(3), 45-53.
2. Халыков, Г. П., & Эсенов, М. В. (2021). Оценка долговечности железобетонных опор мостов в условиях агрессивного воздействия окружающей среды. Журнал строительных материалов, 11(2), 68-75.
3. Сапаров, Х. М., & Мурадов, Д. К. (2020). Использование систем мониторинга конструкций для оценки сейсмической реакции вантовых мостов. Инженерная сейсмология и механика, 12(4), 92-101.
4. Аннаев, Б. Т., & Бердыев, Т. С. (2023). Методы антикоррозийной защиты стальных элементов мостов в аридных климатических зонах. Технологии транспорта, 18(1), 30-38.
5. Овезов, А. Д., & Чарыев, С. Б. (2019). Анализ опыта проектирования сейсмостойких мостовых переходов через крупные реки. Архитектура и строительство региона, 15(5), 88-96.