Qazaq Highway
Science and Innovation
https://science-jolshy.qazjolgzi.kz/ru/index
ISSN
3008-1491

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ ОПЫТА КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Мухамбеткалиев К.К.[1], Сандыбай С.Д.[2,*], Ким А.И.[3], Агавов Т. Б.[4]

[1] Департамент развития науки, АО "КаздорНИИ", Астана, Республика Казахстан
[2] Факультет гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инженерных и цифровых наук, Назарбаев Университет, Астана, Республика Казахстан
[3] Управление мостовых и дорожных сооружений, АО «КаздорНИИ», Астана, Республика Казахстан
[4] Департамент нормативно-технического обеспечения, АО «КаздорНИИ», Астана, Республика Казахстан
*Корреспондент автор: saken.sandybay@alumni.nu.edu.kz

Аннотация. Рост транзитных грузопотоков по международным транспортным коридорам и старение парка искусственных сооружений актуализируют задачу модернизации системы диагностики мостов Республики Казахстан. Цель исследования – сравнительный анализ нормативно-технических и технологических подходов Китайской Народной Республики к обследованию и мониторингу автодорожных мостов и разработка предложений по их адаптации к климатическим и эксплуатационным условиям Казахстана. Методологическую основу составили натурные технические наблюдения мостовых сооружений агломерации дельты Жемчужной реки (г. Гуанчжоу, май 2026 г.) и сопоставительный анализ пяти китайских нормативно-технических документов, включая JTG/T 5214-2022 и GDJT 002-09-2025 [9] с действующей нормативной базой Республики Казахстан. Установлено, что ключевыми элементами китайской модели являются двухуровневое категорирование мостов, регламентированное применение беспилотных летательных аппаратов и концепция «облегченного» мониторинга типовых сооружений на основе пространственно-временных больших данных. Обоснована применимость указанных подходов при условии их адаптации к резко континентальному климату, паводковым и ледовым воздействиям и структуре транспортных нагрузок Казахстана. Практическая значимость состоит в сформированных предложениях для плана разработки нормативно-технических документов на 2027 год.

Ключевые слова: мостовые сооружения, обследование мостов, мониторинг технического состояния, беспилотные летательные аппараты, большие данные, нормативно-технические документы, резко континентальный климат.

Введение

Искусственные сооружения являются наиболее ответственными и капиталоемкими элементами автомобильных дорог: отказ моста, в отличие от локального разрушения дорожной одежды, приводит к длительному разрыву транспортной связи и создает непосредственную угрозу жизни участников движения. Для Республики Казахстан задача обеспечения надежности мостового парка приобретает особую остроту в силу совокупности факторов. Во-первых, значительная часть эксплуатируемых мостов построена в 1960–1980-е годы по нормам проектирования, не учитывавшим современные

осевые нагрузки и интенсивность движения. Во-вторых, развитие транзитного потенциала страны в рамках международного коридора «Западная Европа – Западный Китай» и сопряжения с инициативой «Один пояс – один путь» сопровождается устойчивым ростом доли тяжелого грузового транспорта. В-третьих, резко континентальный климат с годовой амплитудой температур, достигающей 80 °С и более, многократными циклами замораживания-оттаивания, морозным пучением грунтов, весенними паводками и ледоходом формирует комплекс воздействий, ускоряющих деградацию несущих конструкций, деформационных швов и опорных частей.

Традиционная практика визуальных обследований, выполняемых с периодичностью, установленной нормативными документами, не всегда обеспечивает своевременное выявление опасных процессов деградации, особенно на труднодоступных элементах – нижних поверхностях пролетных строений, ригелях опор, зонах сопряжения. Мировой опыт демонстрирует переход к инструментально-цифровой парадигме диагностики, ядром которой выступают беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с автоматизированным распознаванием дефектов и стационарные системы мониторинга технического состояния (Structural Health Monitoring, SHM) [1–4].

В научной литературе последних лет применение БПЛА для обследования мостов рассмотрено достаточно подробно: систематизированы технологии бесконтактной визуальной и инфракрасной съемки и требования к полетным параметрам [1], выполнено эталонное сопоставление эффективности БПЛА и традиционного осмотра при выявлении усталостных трещин стальных мостов [2], предложены подходы к автоматизации полного цикла «съемка – трехмерная реконструкция – распознавание дефектов – отчетность» [3]. В области стационарного мониторинга разработаны методические основы построения систем SHM [4, 5] и алгоритмы долгосрочной оценки состояния железобетонных мостов на основе нейросетевых моделей по данным многолетних наблюдений [6]. Признанным лидером практического внедрения этих технологий является Китайская Народная Республика, эксплуатирующая свыше 1,1 млн автодорожных мостов и сформировавшая централизованную систему контроля их безопасности [7]. Вместе с тем в отечественной литературе отсутствует системный анализ применимости китайской нормативно-технической модели диагностики мостов к условиям Казахстана; имеющиеся публикации рассматривают преимущественно отдельные технологии вне их нормативного и организационного контекста. Этим определяется научная новизна настоящей работы.

Цель исследования – на основе материалов технической миссии в КНР (20–26 мая 2026 г.) и анализа полученной китайской нормативной документации выявить организационные, технологические и нормативные решения в области обследования и мониторинга мостов, пригодные к адаптации в Республике Казахстан, и сформировать предложения для включения в план разработки нормативно-технических документов (НТД) на 2027 год. Особое внимание уделено учету специфических для Казахстана факторов: экстремальных температурных перепадов, паводковых и ледовых воздействий, морозного пучения грунтов и высокой доли сверхнормативных грузовых нагрузок.

Методология

Исследование выполнено в четыре этапа с использованием комплекса методов сравнительного нормативного анализа и натурного технического наблюдения.

На первом этапе в ходе технической миссии в г. Гуанчжоу (провинция Гуандун, КНР, 20–26 мая 2026 г.) по приглашению Central Fortune Creation Technology Group Co выполнены натурные наблюдения мостовых сооружений агломерации дельты Жемчужной реки, включая мосты Шуньдэ, Хайсинь, Лиде и Лоси, а также многоуровневую эстакадную сеть города. Фиксировались конструктивные решения деформационных швов, барьерных ограждений, шумозащитных экранов, организация движения и фактическое транспортно-эксплуатационное состояние сооружений. Наблюдения проводились в различное время суток, в том числе в часы пиковой нагрузки, что позволило оценить работу сооружений при

максимальной интенсивности движения (по оценкам, в пределах агломерации одновременно находится порядка 30–35 млн транспортных средств).



Рисунок 1 – Объекты натурных наблюдений: мосты Шуньдэ, Хайсинь и Лиде (г. Гуанчжоу, КНР, май 2026 г.)

На втором этапе выполнен анализ пяти нормативно-технических документов КНР, полученных по итогам миссии: технического регламента по натурным испытаниям и контролю эксплуатируемых автомобильных мостов JTG/T 5214-2022; технического руководства по применению маловысотных БПЛА для инспекции автомобильных мостов; руководства по применению пространственно-временных больших данных для мониторинга конструкций больших и протяженных автомобильных мостов; руководства по технологии мониторинга конструкций автомобильных мостов провинции Гуандун GDJT 002-09-2025; отчета об инспекции с использованием многофункциональной системы анализа дорог. Анализ выполнялся по единой схеме: область применения, объект нормирования, ключевые технические требования, степень автоматизации, организационная модель применения.

На третьем этапе проведен сопоставительный анализ китайской модели с действующей нормативной и организационной базой Республики Казахстан, включая Закон Республики Казахстан «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» [8], строительные нормы и своды правил Республики Казахстан по проектированию и эксплуатации мостов и труб (СН РК/СП РК), государственные стандарты в области диагностики автомобильных дорог, а также действующий порядок паспортизации искусственных сооружений. Сопоставление выполнялось по критериям: организационная модель и категорирование объектов; периодичность и виды обследований; применяемый инструментарий; требования к квалификации исполнителей; форма представления результатов.

На четвертом этапе оценена применимость выявленных решений к условиям Казахстана по четырем группам факторов: климатические (расчетная минимальная температура до минус 40 °С и ниже, годовая амплитуда до 80–90 °С, циклы замораживания-оттаивания, гололедно-изморозевые явления, ветровые ограничения для полетов БПЛА);

гидрологические (весенние паводки, ледоход, подмыв опор); эксплуатационные (структура и интенсивность движения, сверхнормативные нагрузки в период массовых сельскохозяйственных перевозок); нормативно-правовые (совместимость с законодательством Республики Казахстан об использовании воздушного пространства и о разрешениях и уведомлениях). По результатам оценки сформированы предложения для плана разработки НТД на 2027 год.

Результаты и обсуждение

Масштаб и структура мостового парка КНР. Особенности китайской системы диагностики мостов невозможно рассматривать вне масштаба и архитектуры национальной транспортной сети. В соответствии с «Планом национальной комплексной трёхмерной транспортной сети» на период 2021–2035 гг. в КНР формируется опорный каркас из шести главных осей, семи коридоров и восьми проходов общей протяжённостью около 700 тыс. км, а ключевыми «полюсами» определены четыре агломерации, включая район «Большого залива» Гуандун – Сянган – Аомэнь, центром которого выступает г. Гуанчжоу – объект настоящей миссии [10]. Именно высокая интенсивность связей между этими полюсами и крайне разнообразный рельеф (реки, горы, ущелья) обусловили строительство 1,2–1,3 млн мостовых сооружений, из которых около 1,1 млн – автодорожные. Обобщённая схема транспортной сети КНР с выделением основных, вертикальных и горизонтальных коридоров и типов узлов приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема транспортной сети Китайской Народной Республики (основные, вертикальные и горизонтальные коридоры; основные, прибрежные и пограничные узлы)

Связь с транспортной системой Республики Казахстан. Принципиально важно, что западное крыло китайской сети выходит на пограничный узел Хоргос, через который проходит трансконтинентальный коридор «Западная Европа – Западный Китай». Общая протяжённость коридора составляет около 8 445 км, из них казахстанский участок – 2 787 км; пограничный переход Хоргос / «Нур жолы» в полном объёме введён в эксплуатацию в

2018 году, а сам маршрут связывает порт Ляньюньган на побережье Жёлтого моря с европейской частью континента, сокращая время доставки грузов в Европу с приблизительно 45 суток морским путём до порядка 11 суток [11]. Тем самым мостовой парк, эксплуатируемый на китайском участке коридора, и искусственные сооружения казахстанского участка фактически работают в единой транзитной системе и испытывают сопоставимые по природе (хотя и различные по климатическому контексту) грузовые нагрузки. Это дополнительно обосновывает целесообразность гармонизации подходов к диагностике и мониторингу мостов двух стран.

Организационная модель контроля безопасности мостов в КНР. Установлено, что в КНР, эксплуатирующей 1,2–1,3 млн мостовых сооружений (из них около 1,1 млн – автодорожные), действует жестко централизованная двухуровневая система контроля. Городские и региональные мосты обследуются экспертными организациями, сертифицированными Министерством транспорта КНР на право проведения планового, периодического и специального технического осмотра (Routine, Periodic and Special Inspections) в соответствии с национальными стандартами серии JTG (в частности, JTG H11 для автодорожных мостов). Обследование крупнейших и наиболее ответственных сооружений закреплено за специализированной государственной структурой – Мостовым бюро (China Railway Major Bridge Engineering Group, MBEC), располагающей собственными научно-исследовательскими институтами и испытательной базой. Такая модель обеспечивает выявление усталостных и деградационных процессов задолго до достижения ими критического уровня. Для Казахстана принципиально значимым является сам подход дифференциации: закрепление сложных и уникальных сооружений за специализированной научной организацией при допуске сертифицированных (лицензированных) организаций к массовым типовым объектам.



Рисунок 3 – Многоуровневая (3D) эстакадная сеть агломерации дельты Жемчужной реки

Конструктивно-технологические наблюдения. Натурные наблюдения выявили ряд решений, непосредственно влияющих на долговечность и транспортно-эксплуатационные показатели сооружений. Деформационные швы выполняются с применением качественных резиновых демпферов и фибробетона в зоне окаймления; выведение зоны стыка «в ноль» обеспечивается высокоточным нивелированием. В результате при проезде по швам отсутствуют ударные воздействия, не зафиксировано следов износа зоны окаймления; снижаются динамические нагрузки на пролетное строение, износ ходовой части транспортных средств и уровень акустического загрязнения прилегающей застройки. Барьерные ограждения преимущественно бетонные типа «Нью-Джерси»; на участках повышенного риска поверх бетонного блока устанавливается дополнительное металлическое ограждение, повышающее удерживающую способность при наезде тяжелых

грузовых автомобилей. Шумозащитные экраны монтируются непосредственно на бетонные ограждения; на отдельных сооружениях (мост Лоси) применены полностью закрытые экраны полукруглого сечения. Прямой перенос данных решений в Казахстан требует проверки материалов на морозостойкость (включая стойкость резиновых демпферов и фибробетона к многократным циклам замораживания-оттаивания и воздействию противогололедных материалов), что должно стать предметом отдельных лабораторных и опытно-полевых исследований.



Рисунок 4 – Барьерные ограждения типа «Нью-Джерси»: а) типовое; б) с дополнительным металлическим ограждением



Рисунок 5 – Деформационный шов открытого типа (г. Гуанчжоу)



Рисунок 6 – Шумозащитные экраны: а) экраны на барьерном ограждении; б) полностью закрытый экран моста Лоси

Анализ нормативно-технических документов КНР. Результаты структурированного анализа полученной нормативной документации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативно-технические документы КНР в области диагностики мостов и потенциал их адаптации в Республике Казахстан

Документ	Объект нормирования и ключевые положения	Потенциал адаптации в РК
JTG/T 5214-2022. Технический регламент по натурным испытаниям и контролю эксплуатируемых автомобильных мостов	Регламентирует случаи применения конкретных инструментальных методов, порядок их настройки и признаки опасных процессов деградации; фактически является практическим пособием по обследованию	Высокий. Гармонизация с действующим порядком обследований; основа регламента натурных (статических и динамических) испытаний мостов РК
Техническое руководство по применению	Переводит применение БПЛА из экспериментальной практики в	Высокий. Требуется увязка с законодательством РК об использовании воздушного

маловысотных БПЛА для инспекции автомобильных мостов	регламентированный автоматизированный технологический процесс с применением искусственного интеллекта; устанавливает требования к полетным заданиям, безопасности и обработке данных	пространства и ограничениями по ветровым и температурным условиям полетов
Руководство по применению пространственно-временных больших данных для мониторинга больших и протяженных мостов	Делит данные мониторинга на категории «причина» (нагрузки, среда) и «следствие» (отклик конструкции); алгоритмы машинного обучения сопоставляют их и при выходе отклика за норму автоматически формируют предписание на внеочередное обслуживание	Средний/высокий. Применим для внеклассных мостов РК; требует создания центра обработки данных и интеграции с базой паспортизации искусственных сооружений
GDJT 002-09-2025. Руководство по технологии мониторинга конструкций автомобильных мостов провинции Гуандун	Концепция «облегченного» (малозатратного) мониторинга типовых мостов: защита от наиболее частых причин обрушений – подмыва опор паводками, навала судов, проезда нелегальных сверхтяжелых транспортных средств	Высокий. Прямо отвечает рискам РК: весенние паводки, ледоход, сверхнормативные нагрузки; экономически реализуем для массового мостового парка
Отчет об инспекции с использованием многофункциональной системы анализа дорог	Исключение «человеческого фактора»: вместо визуальной оценки формируется цифровая карта, в которой ровность и колейность просчитаны лазерным сканированием с сантиметровым шагом	Средний. Сопрягается с действующей практикой диагностики дорог РК передвижными лабораториями; применим к покрытиям мостового полотна

Сопоставление с действующей практикой Республики Казахстан. Сравнительный анализ показал, что действующая в Казахстане система опирается преимущественно на периодические визуальные и инструментальные обследования с паспортизацией сооружений, тогда как стационарный мониторинг применяется в единичных случаях, а применение БПЛА не имеет специализированного нормативного регулирования в дорожной отрасли. Обобщенное сопоставление приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сопоставление систем диагностики мостов КНР и Республики Казахстан

Признак	КНР	Республика Казахстан
Категорирование объектов	Двухуровневое: типовые мосты – сертифицированные организации; ответственные – специализированное государственное Мостовое бюро (МВЕС)	Единый порядок обследований; дифференциация по сложности сооружений нормативно не закреплена

Применение БПЛА	Регламентировано отдельным руководством; автоматизированный процесс с ИИ-распознаванием дефектов	Эпизодическое, в инициативном порядке; отраслевой регламент отсутствует
Стационарный мониторинг	Полномасштабный SHM для внеклассных мостов; «облегченный» мониторинг для массовых типовых сооружений	Единичные пилотные системы; концепция облегченного мониторинга не внедрена
Обработка данных	Пространственно-временные большие данные, модель «причина – следствие», автоматические предписания на обслуживание	Базы данных паспортизации; решения о ремонте принимаются по результатам периодических обследований
Натурные испытания	Единый технический регламент JTG/T 5214-2022 с привязкой инструментария к признакам деградации	Проводятся по отдельным программам; единый актуализированный регламент требует разработки

Адаптация к климатическим и эксплуатационным условиям Казахстана. Перенос китайских решений требует учета принципиальных различий условий эксплуатации. Провинция Гуандун характеризуется субтропическим климатом без устойчивых отрицательных температур, тогда как для большей части территории Казахстана расчетные минимальные температуры достигают минус 40 °С и ниже при годовой амплитуде до 80–90 °С. Это определяет следующие требования к адаптации: датчики и контроллеры систем мониторинга должны сохранять метрологические характеристики в расширенном температурном диапазоне, а алгоритмы интерпретации – отделять сезонные температурные деформации (раскрытие швов, перемещения опорных частей) от деградационных процессов; полетные регламенты БПЛА должны устанавливать ограничения по температуре, ветру и обледенению, характерным для степной зоны; материалы деформационных швов (резиновые демпферы, фибробетон окаймления) подлежат проверке на морозостойкость и стойкость к противогололедным реагентам. Одновременно концепция облегченного мониторинга GDJT 002-09-2025 ориентирована именно на те угрозы, которые статистически значимы для Казахстана: подмыв опор паводками (актуальность подтверждена масштабными паводками последних лет), ледовые воздействия и проезд сверхнормативных транспортных средств, что делает ее приоритетной для адаптации.

Предложения для плана разработки НТД на 2027 год. По результатам исследования сформированы следующие предложения: 1) разработка методических рекомендаций (рекомендаций по применению) по использованию БПЛА при обследовании мостовых сооружений, гармонизированных с китайским техническим руководством и законодательством Республики Казахстан об использовании воздушного пространства; 2) разработка руководящего документа по облегченному мониторингу типовых мостов с приоритетным контролем подмыва опор, ледовых воздействий и сверхнормативных нагрузок; 3) актуализация регламента натурных испытаний и инструментального контроля эксплуатируемых мостов с учетом структуры и положений JTG/T 5214-2022; 4) формирование технических требований к отраслевой платформе обработки данных мониторинга по модели «причина – следствие» с интеграцией в действующую систему паспортизации автомобильных дорог; 5) выполнение опытно-экспериментальных работ по оценке морозостойкости конструктивных решений деформационных швов, апробированных в КНР. Перечисленные документы целесообразно разрабатывать со ссылками на действующие СН РК/СП РК по мостам и трубам и межгосударственные

стандарты (ГОСТ) в области диагностики, с уточнением индексов по Единому государственному фонду нормативно-технических документов Республики Казахстан.

Полученные результаты согласуются с мировыми тенденциями автоматизации обследований [1–3] и развития систем мониторинга [4–6], однако, в отличие от большинства публикаций, рассматривающих технологии изолированно, в настоящей работе они проанализированы в единстве с нормативной и организационной моделью, что обеспечивает практическую реализуемость предложений. Ограничением исследования является качественный характер сопоставительного анализа: количественная оценка экономической эффективности облегченного мониторинга применительно к мостовому парку Казахстана требует отдельного технико-экономического исследования на пилотных объектах.

Заключение

1. Выявлены ключевые элементы китайской системы обеспечения безопасности мостового парка: двухуровневое категорирование объектов с закреплением ответственных сооружений за специализированной государственной научной структурой; нормативно регламентированное применение БПЛА с автоматизированным распознаванием дефектов; концепция облегченного мониторинга типовых мостов; обработка данных по модели «причина – следствие» с автоматическим формированием предписаний на обслуживание.

2. Установлено, что наибольшим потенциалом адаптации в Республике Казахстан обладают технический регламент натурных испытаний JTG/T 5214-2022, руководство по применению БПЛА и концепция облегченного мониторинга GDJT 002-09-2025, поскольку последняя ориентирована на угрозы, статистически значимые для Казахстана: подмыв опор паводками, ледовые воздействия и сверхнормативные нагрузки.

3. Обоснованы условия адаптации: расширение температурного диапазона работы измерительного оборудования, корректировка алгоритмов интерпретации данных с учетом сезонных температурных деформаций, установление климатических ограничений полетов БПЛА, проверка морозостойкости материалов деформационных швов.

4. Дорожным органам и научным организациям Республики Казахстан рекомендуется: включить в план разработки НТД на 2027 год пять предложенных документов; реализовать пилотный проект облегченного мониторинга на двух-трех типовых мостах в паводкоопасных районах; выполнить опытную апробацию БПЛА-обследования на внеклассном мосту с сопоставлением результатов с традиционным осмотром. Дальнейшие исследования целесообразно направить на количественную технико-экономическую оценку облегченного мониторинга и на разработку отечественных алгоритмов распознавания дефектов, обученных на дефектах, характерных для климата Казахстана.

Список литературы

1. Toriumi F.Y., Bittencourt T.N., Futai M.M. UAV-based inspection of bridge and tunnel structures: an application review // Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. – 2023. – Vol. 16, No. 1. – e16103. https://doi.org/10.1590/S1983-41952023000100003

2. Dorafshan S., Campbell L.E., Maguire M., Connor R.J. Benchmarking Unmanned Aerial Systems-Assisted Inspection of Steel Bridges for Fatigue Cracks // Transportation Research Record. – 2021. – Vol. 2675, No. 9. – P. 154–166. https://doi.org/10.1177/03611981211001073

3. Lin J.J., Ibrahim A., Sarwade S., Golparvar-Fard M. Bridge inspection with aerial robots: Automating the entire pipeline of visual data capture, 3D mapping, defect detection, analysis, and reporting // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 35, No. 2. – 04020064. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000954

4. Petti L., Lupo C., De Gaetano C.M. A Methodological Framework for Bridge Surveillance // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, No. 8. – 4975. https://doi.org/10.3390/app13084975

5. Ou J.P., Li H. Structural health monitoring in mainland China: Review and future trends // Structural Health Monitoring. – 2010. – Vol. 9, No. 3. – P. 219–231. https://doi.org/10.1177/1475921710365269

6. Li S., Wang W., Lu B., Du X., Dong M., Zhang T., Bai Z. Long-term structural health monitoring for bridge based on back propagation neural network and long and short-term memory // Structural Health Monitoring. – 2023. – Vol. 22, No. 4. https://doi.org/10.1177/14759217221122337

7. JTG/T 5214-2022. Технический регламент по натурным испытаниям и контролю эксплуатируемых автомобильных мостов. – Пекин: Министерство транспорта КНР, 2022.

JTG/T 5214-2022. Tekhnicheskiy reglament po naturnym ispytaniyam i kontrolyu ekspluatiruyemykh avtomobilnykh mostov [Technical Regulations for Field Testing and Inspection of In-Service Highway Bridges]. – Beijing: Ministry of Transport of the People's Republic of China, 2022.

8. Закон Республики Казахстан «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» от 16 июля 2001 года № 242-II (с изменениями и дополнениями). – [Электронный ресурс] – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_

Zakon Respubliki Kazakhstan «Ob arkhitekturnoy, gradostroitelnoy i stroitelnoy deyatelnosti v Respublike Kazakhstan» ot 16 iyulya 2001 goda № 242-II (s izmeneniyami i dopolneniyami) [Law of the Republic of Kazakhstan "On Architectural, Urban Planning and Construction Activities in the Republic of Kazakhstan" dated July 16, 2001, No. 242-II (as amended)]. – [Electronic resource]. – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_ .

9. GDJT 002-09-2025. Руководство по технологии мониторинга конструкций автомобильных мостов провинции Гуандун. – Гуанчжоу: Департамент транспорта провинции Гуандун, 2025.

GDJT 002-09-2025. Rukovodstvo po tekhnologii monitoringa konstruktsiy avtomobilnykh mostov provintsii Guandun [Guidelines for Monitoring Technologies for Highway Bridge Structures in Guangdong Province]. – Guangzhou: Department of Transport of Guangdong Province, 2025.

10. План национальной комплексной трёхмерной транспортной сети (2021–2035 гг.) [National Comprehensive Three-dimensional Transportation Network Planning Outline]. – Пекин: ЦК КПК, Государственный совет КНР, 2021. – [Электронный ресурс] – URL: https://changing-transport.org/publications/chinas-national-comprehensive-three-dimensional-transportation-network-planning-outline/).

11. Western Europe – Western China International Transit Corridor [Международный транзитный коридор «Западная Европа – Западный Китай»]. – [Электронный ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Western_Europe-Western_China_Highway

Сведения об авторах:

Мухамбеткалиев К.К. – кандидат технических наук, Департамент развития науки, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Республика Казахстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Сандыбай С.Д. – доктор PhD, факультет гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инженерных и цифровых наук, Назарбаев Университет, Астана, Республика Казахстан, saken.sandybay@nu.edu.kz

Ким А.И. – главный специалист, Управление мостовых и дорожных сооружений, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Республика Казахстан, a.kim@qazjolgzi.kz

Агавов Т.Б. – главный специалист, Департамент нормативно-технического обеспечения, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Республика Казахстан, t.agavov@qazjolgzi.kz

Мұхамбетқалиев Қ.Қ. – техника ғылымдарының кандидаты, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ Ғылымды дамыту департаменті, Астана, Қазақстан Республикасы, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Сандыбай С.Д. – PhD докторы, Назарбаев Университетінің Инженерия және цифрлық ғылымдар мектебінің Азаматтық құрылыс және қоршаған ортаны қорғау факультеті, Астана, Қазақстан Республикасы, saken.sandybay@nu.edu.kz

Ким А.И. – бас маман, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ Көпір және жол құрылыстары басқармасы, Астана, Қазақстан Республикасы, a.kim@qazjolgzi.kz

Ағавов Т.Б. – бас маман, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ Нормативтік-техникалық қамтамасыз ету департаменті, Астана, Қазақстан Республикасы, t.agavov@qazjolgzi.kz

Mukhambetkaliyev K.K. – Candidate of Technical Sciences, Department of Science Development, Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Republic of Kazakhstan, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Sandybay S.D. – PhD, Faculty of Civil and Environmental Engineering, School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Astana, Republic of Kazakhstan, saken.sandybay@nu.edu.kz

Kim A.I. – Chief Specialist, Department of Bridge and Road Structures, Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Republic of Kazakhstan, a.kim@qazjolgzi.kz

Agavov T.B. – Chief Specialist, Department of Regulatory and Technical Support, Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Republic of Kazakhstan, t.agavov@qazjolgzi.kz

Вклад авторов:

Мухамбеткалиев К.К. – методология, анализ нормативно-технической документации, редактирование текста.

Сандыбай С.Д. – концепция, методология, сбор и анализ данных, интерпретация результатов, написание и редактирование текста.

Ким А.И. – сбор данных, полевые исследования, анализ международного опыта, написание и редактирование текста.

Агавов Т.Б. – сбор и анализ нормативно-технической документации, сравнительный анализ стандартов, систематизация данных, редактирование текста.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Поездка осуществлена по приглашению Central Fortune Creation Technology Group Co; приглашающая сторона не участвовала в анализе данных, формулировании выводов и подготовке рукописи.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): при подготовке статьи ИИ не использовался.

ҚЫТАЙ ХАЛЫҚ РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ТӘЖІРИБЕСІН БЕЙІМДЕУ НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ КӨПІР ҚҰРЫЛЫСТАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТЕУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ

Мұхамбетқалиев К. К.[1], Сандыбай С. Д.[2,*], Ким А. И. [3], Агавов Т. Б. [4]

[1]Ғылымды дамыту департаменті, "ҚазжолҒЗИ" АҚ, Астана, Қазақстан Республикасы

[2]Азаматтық құрылыс және қоршаған ортаны қорғау факультеті, Инженерлік және цифрлық ғылымдар мектебі, Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан Республикасы
[3] Көпір және жол құрылыстары басқармасы, "ҚазжолҒЗИ" АҚ, Астана, Қазақстан Республикасы
[4] Нормативтік-техникалық қамтамасыз ету департаменті, "ҚазжолҒЗИ" АҚ, Астана, Қазақстан Республикасы
*Корреспондент автор: saken.sandybay@nu.edu.kz

Аннотация. Халықаралық көлік дәліздері бойынша транзиттік жүк ағындарының өсуі және жасанды құрылыстар паркінің тозуы Қазақстан Республикасының көпірлерді диагностикалау жүйесін жаңғырту міндетін өзекті етеді. Зерттеудің мақсаты – Қытай Халық Республикасының автожол көпірлерін тексеру мен мониторингтеуге қатысты нормативтік-техникалық және технологиялық тәсілдерін салыстырмалы талдау және оларды Қазақстанның климаттық және пайдалану жағдайларына бейімдеу жөніндегі ұсыныстарды әзірлеу. Әдіснамалық негізді Гуанчжоу қаласындағы (2026 ж. мамыр) көпір құрылыстарын натуралық техникалық бақылау және JTG/T 5214-2022 пен GDJT 002-09-2025 қоса алғанда, бес қытайлық нормативтік-техникалық құжатты Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік базасымен салыстырмалы талдау құрады. Қытай моделінің негізгі элементтері: көпірлерді екі деңгейлі санаттау, ұшқышсыз ұшу аппараттарын регламенттелген қолдану және кеңістіктік-уақыттық үлкен деректер негізіндегі үлгілік құрылыстардың «жеңілдетілген» мониторингі тұжырымдамасы екені анықталды. Аталған тәсілдердің күрт континенттік климатқа, су тасқыны мен мұз жүрісі әсерлеріне және Қазақстанның көлік жүктемелерінің құрылымына бейімделген жағдайда қолданылуы негізделді. Практикалық маңыздылығы – 2027 жылға арналған нормативтік-техникалық құжаттарды әзірлеу жоспарына қалыптастырылған ұсыныстар.

Түйін сөздер: көпір құрылыстары, көпірлерді тексеру, техникалық жай-күй мониторингі, ұшқышсыз ұшу аппараттары, үлкен деректер, нормативтік-техникалық құжаттар, күрт континенттік климат.

IMPROVEMENT OF THE BRIDGE DIAGNOSTICS AND MONITORING SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN BASED ON THE ADAPTATION OF THE EXPERIENCE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

Mukhambetkaliev K.K.[1], Sandybay S.D. [2,*], Kim A.I. [3], Agavov T. B. [4]

[1] Department of Science Development, KazdorNII JSC, Astana, Republic of Kazakhstan
[2] Civil and Environmental Engineering Department, School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Astana, Republic of Kazakhstan
[3] Management of Bridge and Road Structures, KazdorNII JSC, Astana, Republic of Kazakhstan
[4] Department of Regulatory and Technical Support, KazdorNII JSC, Astana, Republic of Kazakhstan
*Corresponding author: saken.sandybay@nu.edu.kz

Abstract. The growth of transit freight flows along international transport corridors and the ageing of the stock of engineering structures make the modernization of the bridge diagnostics system of the Republic of Kazakhstan an urgent task. The aim of this study is a comparative analysis of the regulatory, technical and technological approaches of the People's Republic of China to the inspection and monitoring of highway bridges, and the development of proposals for their adaptation to the climatic and operational conditions of Kazakhstan. The methodology combines field technical observations of bridge structures in the Pearl River Delta agglomeration (Guangzhou, May 2026) with a comparative analysis of five Chinese normative documents, including JTG/T 5214-2022 and GDJT 002-09-2025, against the current regulatory framework of

Kazakhstan. It was established that the key elements of the Chinese model are two-level bridge categorization, regulated application of unmanned aerial vehicles, and the concept of lightweight monitoring of typical structures based on spatio-temporal big data. The applicability of these approaches is substantiated subject to their adaptation to the sharply continental climate, flood and ice impacts, and the traffic load structure of Kazakhstan. The practical significance lies in the proposals formulated for the 2027 plan for the development of normative and technical documents.

Keywords: bridge structures, bridge inspection, structural health monitoring, unmanned aerial vehicles, big data, normative and technical documents, sharply continental climate.



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).