

OPERATIONAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE BRIDGES UNDER OPERATIONAL LOADS

Ganiev I.G.

Jizzakh Polytechnic Institute (Jizzakh, Uzbekistan)

Annotation The condition of existing bridges is often a problematic and costly issue for many countries. In order to anticipate and reduce these problems, a combination of various general and local factors causing degradation must be identified early on. Identifying these problems shows the need for local studies and detailed bridge inspections. Concrete bridges in the Republic of Uzbekistan were built to different standards in different periods and have been subjected to rapidly increasing and changing traffic loads in the last three decades. This situation has made the structural evaluation of bridges in local conditions inevitable. Although the existing condition of these bridges was not clearly defined, new bridges were rapidly built and existing bridges were strengthened by various methods after the acquisition of state independence of the republic in 1991 - year. In this regard, this study examined the structural condition of existing reinforced concrete bridges in the Republic of Uzbekistan. The condition of Uzbek bridges is presented in this paper based on a visual inspection of 67 bridges with a total length of 2376.6 m along 320 km of road from central parts of the country, with a focus on local causes of deterioration. The main causes of defects in the study are named as sharply continental climate, traffic loads, natural forces, aging, lack of maintenance and, last but not least, deficiencies in construction and design. The study concludes that the overall physical condition of the bridges is poor, so the services provided by the bridges are potentially at risk. The results obtained at the end of this study may be relevant to countries with similar characteristics, such as other Central Asian countries.

Keywords assessment, bridges, defects, surveys, tests.

ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ ПОД ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Ганиев И.Г.

Джизакский политехнический институт (Джиззак, Узбекистан)

Аннотация Состояние существующих мостов часто является проблемным и дорогостоящим вопросом для многих стран. Для того чтобы предвидеть и уменьшить эти проблемы, необходимо на ранней стадии определить сочетание различных общих и местных факторов, вызывающих деградацию. Выявление этих проблем показывает необходимость проведения локальных исследований и детального обследования мостов. Железобетонные мосты в Республики Узбекистан были построены по разным стандартам в разные периоды и подвергались быстро растущим и изменяющимся транспортным нагрузкам в последние три десятилетия. Такая ситуация сделала неизбежной структурную оценку мостов в местных условиях. Хотя существующее состояние этих мостов не было четко определено, после приобретения государственной независимости республики в 1991 - году, быстро строились новые мосты, а существующие мосты усилились различными методами. В связи с этим, в данном исследовании было рассмотрено структурное состояние существующих железобетонных мостов в Республики Узбекистан. Состояние узбекских мостов представлено в данной работе на основе визуального обследования 67 мостов общей длиной 2376,6 м вдоль 320 км дороги из центральной частей страны, при этом основное внимание уделяется местным причинам износа. Основными причинами дефектов в исследовании

названы резко континентальный климат, транспортная нагрузка, природные силы, старение, отсутствие технического обслуживания и, не в последнюю очередь, недостатки строительства и проектирования. В исследовании делается вывод, что общее физическое состояние мостов плохое, поэтому услуги, предоставляемые мостами, потенциально находятся под угрозой. Результаты, полученные в конце данного исследования, могут быть актуальны для стран с аналогичными характеристиками, например, для других центральноазиатских стран.

Ключевые слова оценка, мосты, дефекты, обследования, испытания.

Введение. Мосты являются важной частью современной жизни, а их строительство и эксплуатация - это дорогостоящая практика. Эти сооружения нуждаются в постоянном усилении и обслуживании в связи с ростом спроса, пересмотром норм и правил или возникновением повреждений. Снижение эксплуатационной пригодности мостов и затраты на их содержание являются растущей проблемой, особенно по мере старения моста. Обрушение моста Кайкума в Турции является трагическим примером, из-за этой катастрофы погибли 14 человек [1]. Эта катастрофа была вызвана неправильной инспекцией, а также неправильным методом усиления, который был применен для увеличения пропускной способности моста. Систематическая оценка мостов снижает стоимость ремонта и делает эксплуатацию моста безопасной в течение срока службы, тем самым предотвращая возможное разрушение. Инспекция необходима для того, чтобы мосты служили эффективно, а затраты на их содержание в течение срока службы не превышали расчетный бюджет. В противном случае, чтобы предотвратить катастрофу, многие железобетонные мосты приходится сносить в среднем возрасте, ремонтировать, затрачивая гораздо больше средств, чем первоначальный бюджет строительства или расчетный бюджет на содержание.

Успешный, долгосрочный ремонт и усиление железобетонных мостов зависят от эффективности обследования и оценки уровня износа. Поэтому в большинстве руководств по обследованиям особое внимание уделяется эффективной системе оценки [2].

Существует множество факторов, которые влияют на уровень износа, включая изменения температуры, нагрузку, методы строительства и многое другое [3]. Очень трудно определить точные причины некоторых видов износа, таких как трещины и разрушения деформационных швов.

Кроме того, роль сопутствующего разрушения в ухудшении состояния железобетона вызывает серьезную озабоченность у специалиста моста. Решения специалиста об уровне дистресса в основном зависят от личного опыта и играют жизненно важную роль. При такой сложности обследование мостов является громоздкой процедурой без обученного человека и, самое главное, компьютерной помощи [4].

До трагического обрушения Серебряного моста в 1967 году обслуживание, ремонт и восстановление мостов проводились по мере необходимости [5]. Это трагическое событие привело к разработке процедур обследования и оценки мостов. Исследователи использовали компьютерные инструменты для стандартизации и упрощения инспекции в рамках системы управления мостами (BMS) [6].

Целью данного исследования является выявление и оценка распространенных повреждений железобетонных мостов в Республики Узбекистан. Обследование железобетонных мостов в данном исследовании, как правило, основывалось на визуальных данных; в некоторых случаях использовались специальные инструменты, чтобы добраться до опорных частей, опор и пролетных строений мостов. Обследовать все мосты, проходящие через всю страну, - сложная и дорогостоящая задача. Выбор мостов был сделан

в соответствии с некоторыми предыдущими отчетами и стратегическим расположением мостов.

В настоящее время общее количество эксплуатируемых мостов в Республике Узбекистан составляет 14534, в том числе 604 международного значения, 2724 республиканского значения, 4302 местного значения, 6904 городских и сельских автомобильных дорог (рис. 1). Техническое состояние этих мостов:

-7668 (52,7%) мостов - удовлетворительное;

-5952 (40,9%) мостов - требующие ремонта;

-914 (6,4%) мостов - не пригодные к эксплуатации (рис. 2).



Рисунок 1. Количество мостов на автомобильных дорогах Республики Узбекистан

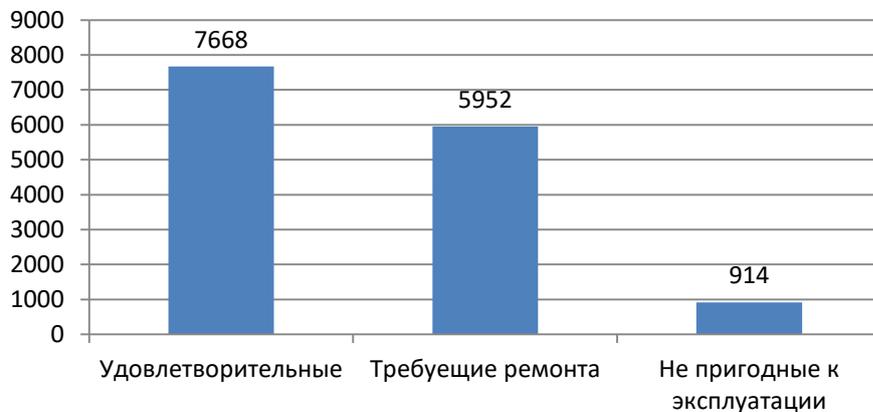


Рисунок 2. Техническое состояние мостов расположенных на автомобильных дорогах Республики Узбекистан

В данном исследовании было обследовано 67 моста общей длиной 2376,6 м на 320 км дороги. Эта длина соответствует 27,2% от всей длины мостов в Джизакской области, Республики Узбекистан. Обследованные мосты были классифицированы, как показано на рисунке 3 и 4. Эти отобранные мосты расположены в наиболее стратегической и чувствительной части маршрута автомобильного транспорта Джизакской области, Республики Узбекистан, такой как аэропорт и ключевые подходы к наиболее густонаселенным городам.

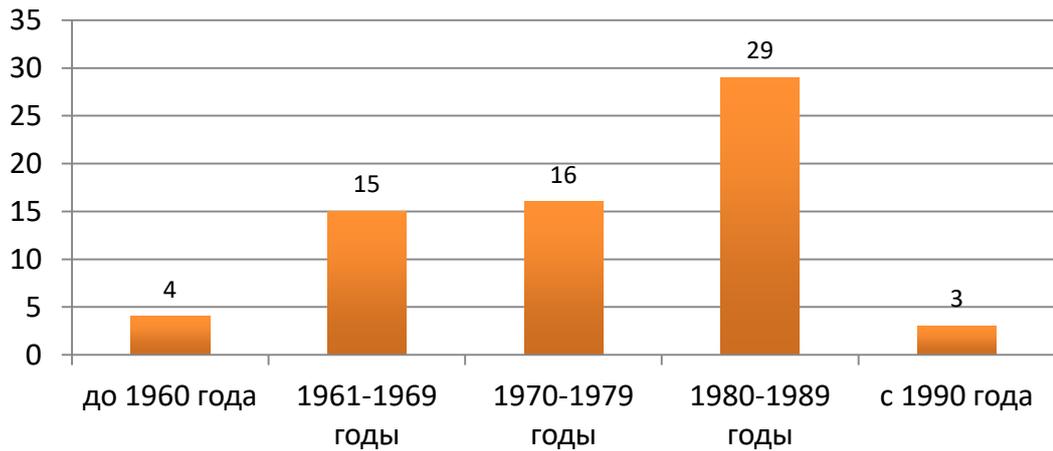


Рисунок 3. Сроки строительство мостов

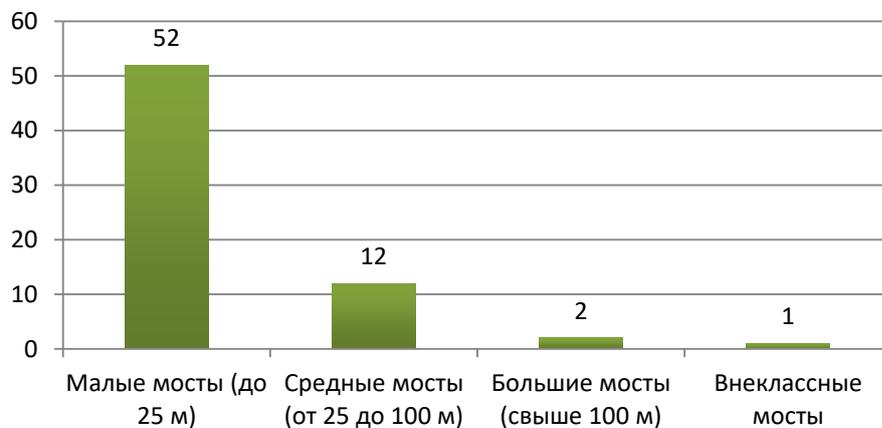


Рисунок 4. Классификация мостов по длине

Кроме того, в исследовании классифицируются такие проблемы, как откол бетонного покрытия, износ арматуры, разрушение опорных частей, химическое воздействие и размыв в соответствии с типами мостов, местоположением повреждений и серьезностью проблем. Сфера данного исследования ограничена только оценкой железобетонных мостов, так как большинство мостов в Республики Узбекистан железобетонные.

Причины возникновения проблем и их влияние на мостовые конструкции не являются частью данного исследования, поскольку эти вопросы подробно освещены во многих руководствах по инспекции и обслуживанию мостов [7].

За последние десятилетия в Республики Узбекистан было построено много новых мостов и дорог. Строительство этих мостов и дорог осуществлялось в разные периоды и характеризовалось различными типами строительных норм и правил.

На автомобильных дорогах Джизакской области, Республики Узбекистан имеется 307 моста общей длиной 8414 м. Эти мосты были построены в различных периодах и в различных нормах и правил. Строительство и проектирование мостов первоначально основывалось на стандарте бывшего Советского Союза, инженерном понимании и знаниях, а затем было продолжено Узбекским нормам и правилам (КМК, ШНК, МШН). В последние два десятилетия в развитых странах мира были приняты стандарты Соединенных Штатов Америки (AASHTO), британские стандарты (BS) и европейские нормы (КТР 23-78).

Поэтому в данном исследовании также сравниваются мосты, которые были спроектированы и построены в соответствии с различными стандартами и в разные периоды.

Несмотря на то, что мостовые нормы подчеркивают, что мосты требуют регулярных обследований (ШНК 2.05.03-12 и ШНК 3.06.04-14, в Республики Узбекистан до недавнего времени не было практики комплексных и регулярных обследований и испытаний. Последствия этой ситуации наглядно продемонстрированы в данном исследовании: хотя многие мосты в Республики Узбекистан и находятся в середине своего срока эксплуатации, отсутствие обследований и испытаний, а также мониторинга вызвало множество проблем с функциональностью и безопасностью моста. Из-за отсутствия регулярных обследований и испытаний и низкого качества обслуживания некоторые мосты, к сожалению, обрушились, например, виадука в Генуе в 2018 году [8], и эстакады метро Мехико в 2018 году [9], а некоторые другие находятся под угрозой обрушения.

Железобетонные мосты в Республики Узбекистан. Узбекистан - страна в Центральной Азии, в которой более 86% городского транспорта и очень большой процент грузовых перевозок, в пределах страны осуществляется по наземным дорогам [10]. Современная история строительства дорог и мостов в Узбекистане начинается с начала 20 века. Строительство этих мостов осуществлялось под различными строительными нормами и правилами и в разных периодах.

1. Период до 1950 года; время, когда дороги и мосты проектировались стандартами бывшего Советского Союза. Инженерная интуиция и знания людей, ответственных за проектирование, доминировали в этих сооружениях.

2. Период до 1990 года; большинство мостов, построенных в этот период, являются железобетонными. Железобетонная наука переживала бурное мировое развитие. При строительстве этих мостов использовались стандарты Советского Союза.

3. Период с 1991 года по настоящее время; после 1991 года, когда произошли политические изменения, Узбекистан остро нуждалась в дорогах и мостах с новыми стандартами. Эти мосты в основном железобетонные, а в некоторых случаях представляют собой композицию стали с железобетоном. В этот период при проектировании этих мостов использовались стандарты Республики Узбекистан (КМК, ШНК, МШН).

Методология. В данном исследовании, основанном на визуальном осмотре, сначала был проведен обзор литературы, а затем были проведены интервью с людьми, которые принимали участие в проектировании и строительстве мостов. Целью данного исследования является оценка существующего состояния железобетонных мостов по всей Республики Узбекистан и выявление их недостатков и повреждений. Перед началом визуальной оценки были определены и изучены предыдущие экспертизы и исследования этих мостов. В рамках исследования было обследовано более 67 мостов, отобранных из центральной части Республики Узбекистан. При отборе образцов мостов они были выбраны как похожие экземпляры, которые могут представлять страну в целом. При выборе моста учитывались такие параметры, как период строительства, важность и местоположение моста. По этой причине было решено выбрать дорожную сеть с самым интенсивным движением в Джизакской области, Республики Узбекистан и соединяющую стратегические узлы страны, такие как аэропорт и город Самарканд (Рис. 5). Кроме того, было решено выбрать эту дорожную сеть и другие мосты вместе с людьми, которые были заинтересованы в проектировании и строительстве этой дорожной сети. Учитывая все эти критерии, последний выбор был сделан среди 66 мостов, зарегистрированных в Узбекистане.

Схема принятой методологии представлена на рисунке 6. Для выявления проблем, часто встречающихся в железобетонных мостах, был проведен всесторонний обзор литературы.

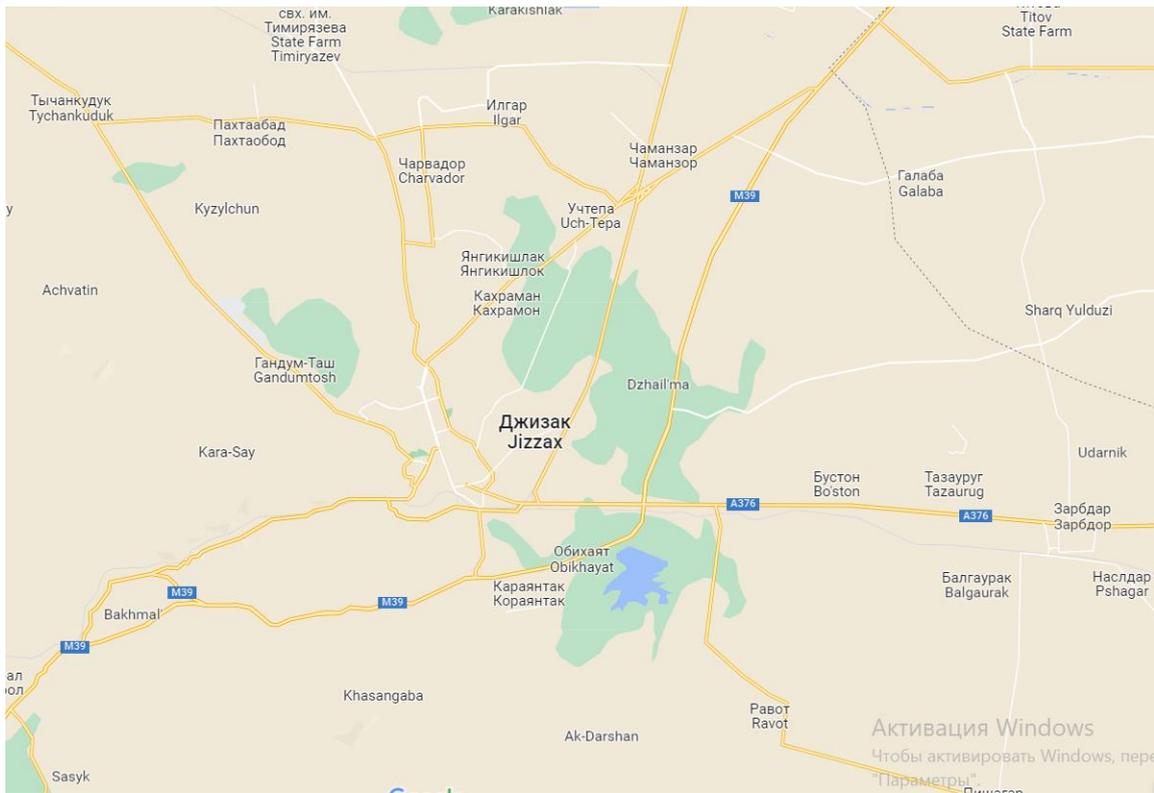


Рисунок 5. Дорожная сеть с самым интенсивным движением в Джизакской области, Республики Узбекистан

Сбор данных и интервью с соответствующими людьми помогли авторам сделать выбор мостов и подготовить адекватный контрольный список обследований.

Предварительное обследование было проведено на 66 мостах в Республики Узбекистан с целью выявления имеющихся дефектов и повреждений. Дефекты и повреждения, обнаруженные в ходе предварительного осмотра, были изучены. Похожие дефекты были определены из литературы, чтобы уточнить типы дефектов и провести детальный осмотр. Детальное обследование является заключительным этапом полевых работ и определяет все типы дефектов и повреждений, обнаруженных на обследуемой существующей мостовой конструкции.

Данные, полученные в результате визуального осмотра, были классифицированы в соответствии с важностью тяжести дефекта. Для классификации этой серьезности использовалась рейтинговая система от 1 до 5. Она объясняется следующим образом:

- Нет риска (оценка 1): Выявлено повреждение. Необходимо наблюдение за мостом;
- Низкий риск (оценка 2): Повреждения были замечены четко, и определена возможность низкого риска. Необходимо наблюдение на мосту;
- Средний риск (Оценка 3): Повреждения, которые были замечены, являются умеренно критическими и необходимы для выполнения типичных работ по техническому обслуживанию;
- Высокий риск (оценка 4): Повреждения, которые были замечены, являются критическими, и поэтому необходимо выполнить ремонтные работы. Требуется серьезная техническая экспертиза. Возможно выполнение работ по замене;
- Очень высокий риск (оценка 5): Имеются очень серьезные и критические повреждения, представляющие высокий риск для безопасности. Необходимо немедленно выполнить ремонт или модернизацию. Необходимо провести исчерпывающее обследование.



Рисунок 6. Схема принятой методологии

Повреждения на мостах. Существующие железобетонные мосты в Республики Узбекистан находятся в плохом или очень плохом физическом состоянии. Основными причинами такого плохого физического состояния являются отсутствие технического обслуживания, суровые условия окружающей среды, неточность проектирования, проблемы в период строительства, увеличение нагрузки из-за высокого транспортного потока и старение. Многие визуальные и доступные элементы мостов по разным причинам имеют незначительные или отсутствующие серьезные проблемы.

Размыв моста. Несмотря на структурные дефекты, субструктура железобетонных мостов в Республики Узбекистан страдает от проблем с размывом. Уровень дна потока, методы защиты от размыва, типы потоков и рек, свойства опор, паводки и так далее являются факторами, которые играют роль в размыве опорных частей мостов. Особенно крупные паводки, объем, и скорость которых приводят к значительным размывам. Поскольку устойчивость всей мостовой конструкции находится в обратной зависимости от состояния фундамента, промоина определенной высоте приведет к серьезным недостаткам в функциональности моста.

Большинство узбекских рек имеют агрессивный режим течения, что ставит под угрозу безопасность мостов в Республики Узбекистан.

Количество и процент мостов, имеющих риск размыва представлены на рисунке 7. Из всех обследованных мостов 59 моста проходят над водной средой; 9 из них или 13,6% не представляют риска размыва, 21 из них или 31,8% имеют низкий или умеренный риск размыва, а 5 мостов или 7,5% - низкий или умеренный риск размыва. 4 мостов или 6,0% имеют высокий или очень высокий риск.

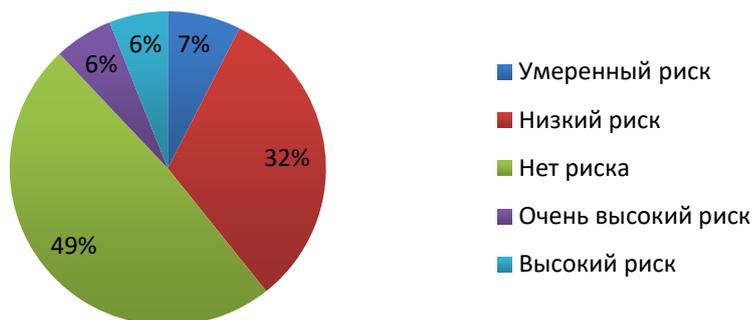


Рисунок 7. Количество и процент мостов, имеющих риск размыва

Во время обследования некоторых мостов были зарегистрированы, в основном, сильные размывы. Высокая скорость потока, отсутствие проектных деталей, плохое качество изготовления и, не в последнюю очередь, отсутствие технического обслуживания привели к различному уровню размыва на 5 обследованных мостах. В наихудшем состоянии находятся мосты с неглубоким фундаментом. Из-за размыва, дифференциальной осадки фундамента возникли проблемы с опорной частью и опорами.



Рисунок 8.

Проблемы с размывом наблюдаются и на глубоких фундаментах. Одна из самых серьезных проблем с размывом была зафиксирована на мосту через реку Сангзар. Высота размыва на этих опор изменяется от 0,2 м до 1,4 м. Сильный размыв наблюдался на некоторых участках фундамента, как показано на рисунке 8. Из-за недостаточного бетонного покрытия и некачественной работы арматура оголилась и заржавела. Кроме того, в оголовке сваи было обнаружено значительное количество грунта; значительное количество грунта было обнаружено в бетоне сваи, что доказывает плохое качество строительства. Из-за разрушения бетона на сваях были обнаружены обнаженные стальные стержни.

Недостаточная глубина фундамента, вмешательство человека, высокий уровень течения реки являются основными причинами размыва.

Химическое воздействие. Химическая атака - это воздействие внешних агрессивных элементов или внутренних элементов материала. В основном все мостовые конструкции страдают от карбонизации, присоединения хлоридов, щелочной реакции кремнезема и сульфатов. Вода в порах цемента обычно щелочная.

Содержащийся в воздухе углекислый газ вступает в реакцию со щелочью и создает более кислую среду. Реакция карбонизации начинается с поверхности бетона и проникает

внутри. Если арматура находится слишком близко к бетонному покрытию, может произойти раннее разрушение из-за коррозии.

Бетонное покрытие указано в стандартах на мосты. Однако основной причиной карбонизации, наблюдаемой на обследованных мостах в Республики Узбекистан, является недостаточное бетонное покрытие и плохое качество бетона. Низкое качество бетона позволило воде проникнуть внутрь; в результате стальные прутья подверглись коррозии. Корродированные стальные стержни привели к образованию сколов в бетоне. Из 66 обследованных мостов только 15 или 22,7% не имеют риска химического воздействия, 29 из них или 43,9% имеют низкий или умеренный риск химического воздействия, а 20 мостов или 30,3% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 8). Химическое воздействие на железобетонный мост можно увидеть на рисунке 9.

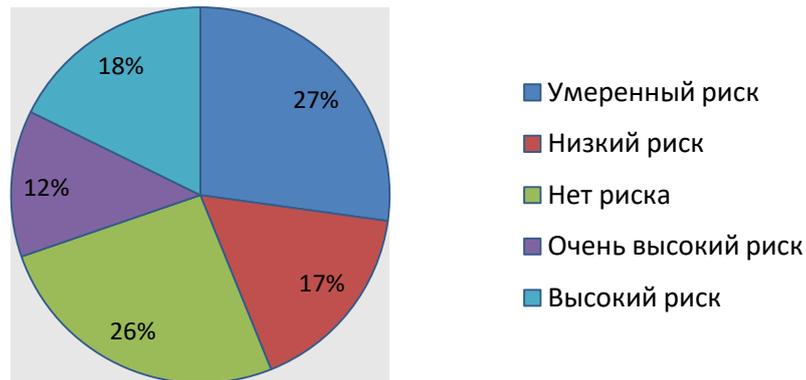


Рисунок 9. Количество и процент мостов, имеющих химическое воздействие



Рисунок 10. Вид коррозии арматуры и выкала бетона

Утечка воды. Утечка воды происходит из-за не функциональных элементов моста, особенно водоотводных систем и деформационных швов. Из всех обследованных мостов только один не имеет риска утечки воды, 31 моста или 46,9% имеют низкий или умеренный риск утечки воды, а 19 мостов или 28,8% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 10). Утечка воды в результате не функционирующих дренажных систем и деформационных швов привела к сильной ржавчине на стальных стержнях, сколам в бетоне и сложным проблемам элементов моста.

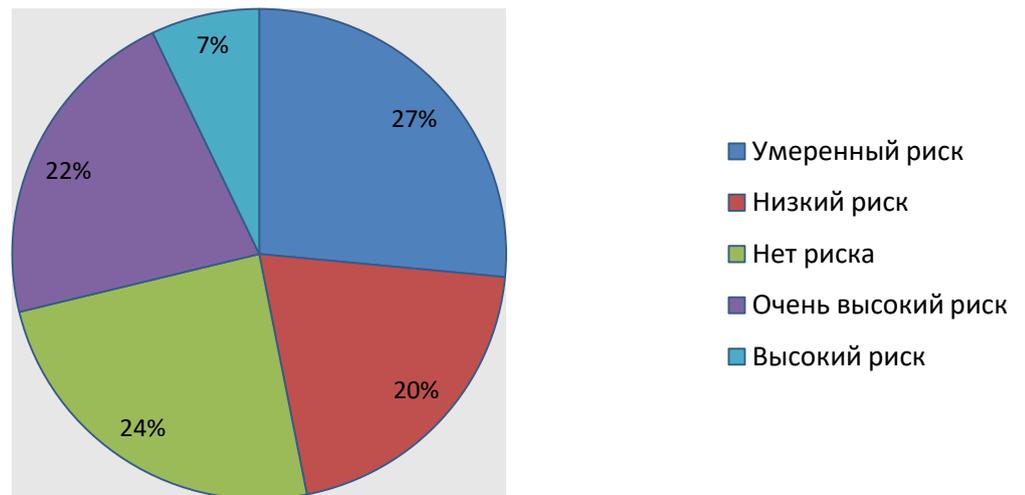


Рисунок 11. Количество и процент мостов, имеющих утечки воды

Основными причинами утечки воды являются следующие: полностью неработающие водоотводные системы, не функциональные деформационные швы, отсутствие проектных деталей и технического обслуживания. Типичная утечка воды показана на рисунке 11.



Рисунок 12. Типичная утечка воды

Трещины. Трещины - это язык железобетонной конструкции. Очень важно анализировать их, чтобы понять поведение и дефекты конструкций. Особое внимание необходимо уделить структурным трещинам.

По обнаженным стальным прутьям (рис. 12, а) видно, что узбекские мосты чрезмерно усилены. Поэтому изгибные трещины встречаются не часто.

Типы трещин, которые чаще всего встречаются в мостах, это трещины сдвига, трещины длительной усадки и трещины пластической усадки. Трещины сдвига - это наиболее тонкие структурные трещины, обнаруженные на обследованных мостах (рис. 12, б).

Стальные стержни, используемые в конструкции для сопротивления моменту, очень плотные, но не такое внимание уделяется стремам. Они находятся далеко друг от друга, иногда более 50 см, и имеют малый диаметр. Долгосрочные трещины пластической усадки в основном наблюдаются в пролетных строениях и иногда в опорах (рис. 12,с).



Рисунок 12. Вид дефектов и трещин в обследованных мостах

Из 67 обследованных мостов 16 или 24,2% не имеют риска возникновения трещин, 41 из них или 62,1% имеют низкий или умеренный риск возникновения трещин и 5 мостов или 7,6% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 13). Основными причинами возникновения трещин являются следующие: перегрузка, плохое качество изготовления и отсутствие проектных деталей.

Несмотря на наличие структурных и неструктурных трещин, почти на каждом мосту встречаются такие проблемы, как сколы бетона.

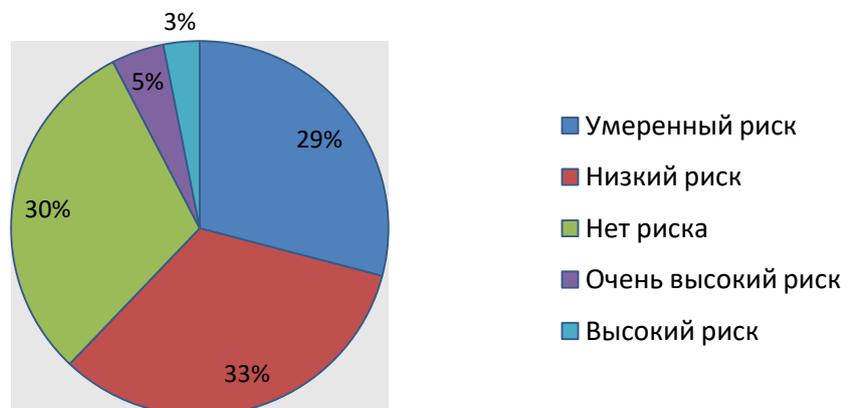


Рисунок 13. Количество и процент мостов, имеющих трещины

Дефекты элементов моста. Во многих обследованных мостах были обнаружены различные дефекты в пролетном строении. Более серьезные дефекты были выявлены в мостах, построенных до 1990 года, в связи с фактором старения. Установлено, что многие мосты имеют проблемы с качеством изготовления и недостаточное бетонное покрытие (рис. 14).

Диафрагмы, которые являются важнейшими компонентами, должны располагаться на балках на одной линии. Тем не менее, было замечено, что положение некоторых диафрагм в исследованных мостах отклоняется. На некоторых диафрагмах наблюдалось нарушение выравнивания при эксцентриситете более 50 мм.

В результате некачественной замены бетона в нем осталось несколько щелей. Кроме того, из-за недостаточного покрытия бетона в нем остается утечка воды. Поэтому арматура в бетоне подвергается сильному повреждению ржавчиной при заливке бетона в эти элементы моста. В некоторых ржавых местах диаметр арматуры был уменьшен до 4 мм.

Химическое воздействие является распространенной проблемой для элементов надстройки в мостах. Кроме того, по всей конструкции моста были обнаружены сколы и расслоения. Элементы надстройки моста классифицируются как деформационные швы, опоры, изнашиваемая поверхность, дренажная система и парапеты.

Деформационные швы. Деформационные швы помогают поглощать движение, возникающее при изменении температуры. Поскольку работа этих деформационных швов напрямую влияет на движение и безопасность движения на мостах, они подлежат замене пару раз в течение срока службы, так как очень активны и мосты, они должны служить весь срок службы моста.

Проблемами, возникающими в этих элементах, являются зазоры и расстояния, которые могут создать чрезвычайную опасность, перепад уровня между дорогой и стыком, слишком сильный шум, утечка воды и трещины на дорожном покрытии. Во время движения транспорта, если существует разница в уровне между стыком и дорогой, эти деформационные швы будут вызывать беспокоящий шум. Однако известно, что некоторые мосты не имеют деформационных швов.

Было установлено, что элементы, обеспечивающие крепление деформационных швов, такие как болты и сварные швы, не функционируют.

Кроме того, сообщалось о трещинах и сколах на краях асфальта или бетона, прилегающих к этим швам. Кроме того, было отмечено отсутствие многих деформационных швов или их элементов, которые создают неожиданные проблемы для других компонентов, таких как подшипники и другие элементы инфраструктуры.

Дефекты деформационных швов были зафиксированы на всех осмотренных мостах. 42 из осмотренных мостов вообще не имеют деформационных швов, 13 из них или 19,7% имеют низкий или умеренный риск дефектов деформационных швов, а 11 мостов или 16,6% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 14). Основными причинами дефектов деформационных швов являются следующие: техническое обслуживание, плохое качество изготовления и отсутствие проектных деталей. Для того чтобы избавиться от проблем, вызванных деформационными швами, проводятся новые исследования по минимизации количества швов путем обеспечения непрерывности асфальта.

Опорная часть. Опорная часть: Элемент пролетного строения моста, передающий нагрузку от пролетного строения на опору в заданном месте и обеспечивающий необходимые перемещения (линейные, угловые) пролетного строения.

Эти различные типы элементов обеспечивают вращение из-за прогиба, а также боковое перемещение балок из-за изменения температуры. Невыполнение катками своих функций по какой-либо причине приведет к дополнительным нагрузкам на надстройку, что может привести к постоянному увеличению внутренних сил.

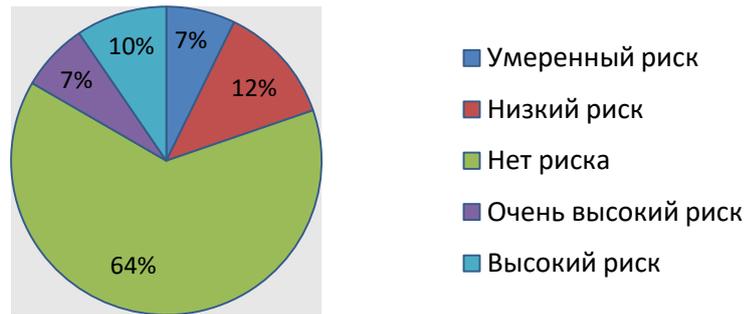


Рисунок 14. Количество и процент мостов, имеющих дефектов деформационных швов

Выяснилось, что в основном в узбекских мостах используются восемь типов опорных частей, такие как:

- опорная часть катковая (валковая);
- опорная часть линейно-подвижная;
- опорная часть неподвижная;
- опорная часть подвижная;
- опорная часть резиновая;
- опорная часть стаканная;
- опорная часть тангенциальная;
- опорная часть шаровая сегментная.

Было замечено, что металлические опорные части в некоторых мостах подверглись коррозии, а горизонтальное движение ограничено обломками почвы.

Более того, было обнаружено, что некоторые опорные части скольжения не выровнены должным образом и поэтому теряют свою функциональность.

Контакт между опорными частями и плитами скольжения исчез, и эта важнейшая система, являющаяся опорным шарниром моста, пришла в негодность. Многие из проблемных эластомерных многослойных опорных частей имели проблемы со смещением, и было измерено, что угол смещения в эластомерных опорных частях варьировался от 15° до 20°.

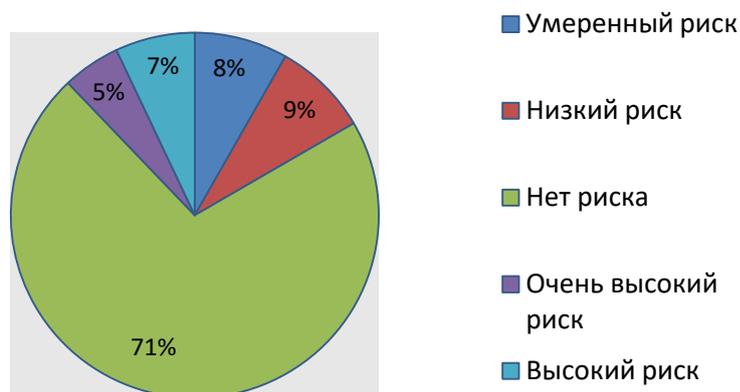


Рисунок 15. Количество и процент мостов, имеющих дефектов опорных частей

Из 66 проинспектированных мостов 14 имеют обычные опорные части. Среди этих мостов 8 или 12,1% не имеют риска дефектов опорных частей, 11 из них или 16,6% имеют низкий или умеренный риск дефектов опорных частей, а 8 моста или 12,1% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 15). Есть 39 мостов, где опорные части не применяются.

Основными причинами дефектов опорные части являются перегрузка, техническое обслуживание, плохое качество изготовления и отсутствие деталей конструкции.

Дефекты дорожных покрытий. Дорожные покрытия - это верхний слой автомобильной дороги, который защищает поверхность настила от протекания воды и других атмосферных агентов. Все изнашиваемые поверхности узбекских мостов асфальтовые. Дефекты, обнаруженные на изнашиваемой поверхности, представляют собой трещины, деформации, разрушения, выпотевание вяжущего. Во многих случаях изнашиваемое покрытие полностью разрушено, а поверхность настила открыта непосредственно для движения транспорта. Из осмотренных мостов 4 или 6,0% не имеют риска дефектов изнашиваемой поверхности, 45 из них или 68,1% имеют низкий или умеренный риск дефектов изнашиваемой поверхности, а 17 мостов или 25,7% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 16). Основными причинами дефектов изнашиваемой поверхности являются низкое качество материала, техническое обслуживание и плохое качество изготовления. Известно, что в некоторых европейских странах и в Северной Америке полимерные наплавки используются в качестве поверхности износа для гидроизоляции [11].

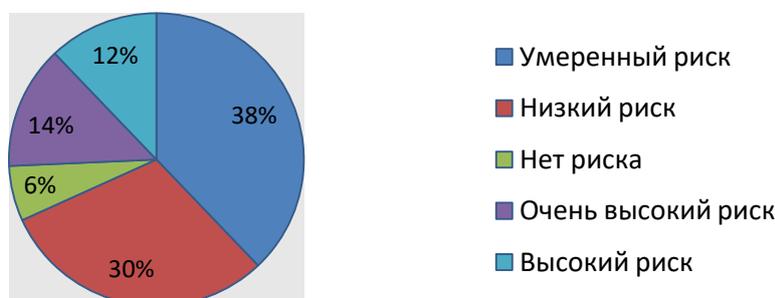


Рисунок 16. Количество и процент мостов, имеющих дефектов дорожных одежд

Водоотводная система. Водоотводная трубка - система трубчатых и фасонных деталей (воронок, решеток, труб), устанавливаемых в бетонные конструкции мостов, путепроводов и эстакад, отводящие ливневые стоки с поверхности и из тела дорожной одежды в специально предназначенные для этого водосточные системы, или сбрасывающие стоки на прилегающую территорию. Дренажные системы могут вызвать некоторые проблемы с долговечностью арматуры и бетона, которые являются одним из основных несущих материалов моста, если за ними не ухаживать. Удаление воды из надстройки моста и инфраструктуры - это функция, ожидаемая от водоотводной системы, которая имеет более короткий проектный срок службы, чем конструкции, поэтому периодически их необходимо проверять и заменять. Состояние дренажной системы во всех обследованных мостах имеет серьезные дефекты. В некоторых случаях было замечено, что после строительства настила водоотводные трубки были открыты путем разрушения части строительного элемента, даже путем срезания стальных арматурных стержней или повреждения бетонного покрытия. Фактически, было обнаружено, что в некоторых мостах отсутствуют водоотводные трубы и поэтому конструкция постоянно подвергается воздействию дождевой воды. В результате на настилах возникают такие проблемы, как плохое химическое состояние под поверхностью, постоянное увлажнение и образование водорослей, связанных с влагой. Водоотводная система является наихудшим элементом моста, обнаруженным в процессе инспекции; 21 из них или 31,8% имеют низкий или умеренный риск дефектов дренажа, а 45 моста или 68,2% имеют высокий или очень высокий риск (рис. 17). Даже молодые мосты, возраст которых не превышает 10 лет, имеют серьезные дефекты дренажа.

Основными причинами дефектов водоотводной системы являются техническое обслуживание и отсутствие проектных деталей.

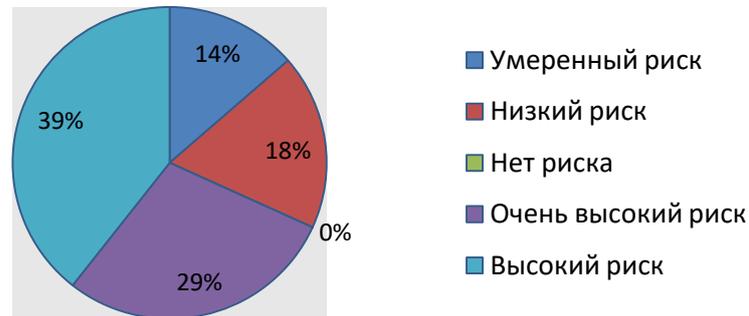


Рисунок 17. Количество и процент мостов, имеющих дефектов водоотводной системы

Дефекты перил. Одной из функций мостового ограждения является снижение последствий съезда транспортных средств с моста/дороги. Поэтому перила моста имеет прямое отношение к безопасности жизни пользователей моста. Отсутствие и недостаточная конструкция перил мостов являются причиной небольшого количества несчастных случаев со смертельным исходом в Республики Узбекистан.

Дефекты, обнаруженные на мостовом ограждении, - это сломанные соединения и отсутствующие элементы. Мосты, построенные в период 1950-1991 годов, как правило, имеют бетонные периллы. Из-за деградации бетона периллы были серьезно повреждены. Дефект перил хорошо виден на рисунке 18.



Рисунок 18. Дефекты перилл мостов

Мосты, построенные в последние два десятилетия, имеют металлические перила. Среди обследованных мостов 12 или 11,5% не имеют риска дефектов перилл, 63 или 60,6% имеют низкий или умеренный риск дефектов перилл, а 29 или 27,9% мостов имеют высокий или очень высокий риск (рис. 19). В некоторых случаях встречается такое явление, как разрушение этих перилл. Основными причинами дефектов мостовых рельсов являются вмешательство человека, техническое обслуживание и отсутствие деталей конструкции. В настоящее время для противостояния ударам транспортных средств разработан жесткий, высокопрочный, инновационный композитный бетон, который поглощает энергию удара и перенаправляет транспортное средство вдоль линии дороги [12].

Заключение

В данном исследовании был проведен ряд исследований для определения общих проблем железобетонных мостов и уровня их износа. В этом контексте 171 моста в

Республики Узбекистан были обследованы с использованием предыдущих отчетов по обзору, и 67 критических моста, которые подвергаются интенсивным транспортным нагрузкам, были отобраны и детально обследованы. Основной целью визуального обследования отобранных мостов является прогнозирование возможных проблем в этих мостах и подготовка дорожной карты для более детального обследования. Визуальное обследование 67 критических железобетонных мостов показало, что железобетонные мосты в Республики Узбекистан находятся в плохом или очень плохом физическом состоянии. В соответствии с этими обследованиями, основными причинами дефектов в мостах, исследованных в данной работе, были определены повышенная транспортная нагрузка, суровые условия окружающей среды, старение мостов, отсутствие технического обслуживания и ремонта, а также отсутствие проектного дизайна.

Учитывая возрастающую транспортную нагрузку в свете данных обследований, рекомендуется принять срочные меры по проведению аварийно-восстановительных работ на мостах с интенсивным движением и создать ремонтную бригаду. В связи с этим необходимо провести более детальное обследование и исследование для составления плана-графика технического обслуживания всех мостов. Для глубокого изучения оценки недостатков железобетонных мостов в будущих исследованиях предлагается использовать различные методы неразрушающего контроля, такие как визуальный осмотр, испытание на скорость ультразвукового импульса, измеритель покрытия, испытание отбойным молотком для бетона, испытание потенциометром с полуэлементами, испытания на карбонизацию и химический анализ. С другой стороны, технологии беспилотных летательных аппаратов (дронов) в сочетании с цифровой обработкой изображений, которые могут применяться для визуального контроля, также предлагаются для будущих исследований.

Литература

1. Dinçer, S., Aydın, E., & Gencer, H. (2014). A real-time instrumentation approach for structural health monitoring of bridges [PowerPoint slides]. <https://www.slideshare.net/deryacdincer/a-real-time-instrumentation-approach-for-bridges-and-tunnels>
2. Gega, M., & Bozo, L. (2017). Analysis of bridge foundation damage in Albania. *Procedia engineering*, 189, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.045>
3. Hawk, H., & Small, E. P. (1998). The BRIDGIT bridge management system. *Structural engineering international*, 8(4), 309–314. <https://doi.org/10.2749/101686698780488712>
4. Jaafar, M., Yardim, Y., Thanoon, W. A., & Noorzaie, J. (2003). Development of a knowledge-based system for condition assessment of bridges. *Indian concrete journal*, 77(12), 1484–1490.
5. Janas, L., Miller, B., & Kaszyński, A. (2018). Computational algorithms supporting the bridge management system. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 13(4), 357–373. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2018-13.422>
6. Kamaitis, Z. (2006). Deterioration of bridge deck roadway members. Part I: Site investigations. *The Baltic Journal of Road Bridge Engineering*, 1(4), 177–184. <https://bjrbe-journals.rtu.lv/article/view/1822-427X.2006.4.177%E2%80%93184>
7. Koteš, P., & Vičan, J. (2006). Experiences with Reliability-based Evaluation of Existing Concrete Bridges in Slovakia. In *The Second International fib Congress 2006, Proceedings of the abstracts, Proceedings of the papers on CD, Napoli, 5-8 June 2006*.
8. Köroğlu, M. A., & Özdöner, N. (2016). Behavioural study of steel fiber and polypropylene fibre reinforced concrete. *Key Engineering Materials*, 708, 59–63. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.708.59>
9. Ганиев И. Г. Результаты обследования и испытания железнодорожных мостов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2010. – №. 33. – С. 64-68.

10. Ganiev I.G. Current issues of bridge operation in the countries of the European Union // Материалы конференции: Транспорт: актуальные задачи и инновации. Том 1. Ташкент “ТГТУ”, 2021. –с 495-499.

11. Ганиев И. Г. Метод оценки степени деградации в структуре бетона //Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2008. – №. 2. – С. 108-111.

12. Ганиев И.Г. Профилактический мониторинг эксплуатируемых железобетонных мостов в Республике Узбекистан // Материалы конференции: Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: Тези доповідей Міжнар. науково-практичної конференції. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2007 г. Стр. 12-14.

Сведения об авторах / Information about authors

Ганиев Иномжон Гуломович - Джизакский политехнический институт, Джиззах, Узбекистан, SPIN-code: 4682-4119, Author ID: 7394168, ORCID: 0000-0003-1357-9683. E-mail: ganiev.inomjon@gmail.com

Inomzhon GANIEV Gulomovich - Doctor of philosophy (PhD) Associate Professor, Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan. SPIN-code: 4682-4119, Author ID: 7394168, ORCID: 0000-0003-1357-9683. E-mail: ganiev.inomjon@gmail.com