



Ensuring Transport Safety of Bridges

Ganiev Inomjon Gulomovich

PhD, professor, Head of the Department of Road Engineering, Jizzakh Polytechnic Institute

Doston Gulomov, Dildora Ravshanova

Assistant professors, Department of Road Engineering of Jizzak Polytechnic Institute

Abstract: *The article presents the results of the research activities of the authors to ensure the transport safety of operated bridges.*

Keywords: *Bridge safety, national security, collapse, bridge failure causes, defective bridges, monitoring process.*

Date of Submission: 28-4-2022

Date of Acceptance: 27-5-2022

Введение. Развитие экономики требует новых подходов к модернизации транспортной безопасности мостов, поиску новых технологий и рациональных путей обеспечения национальной безопасности, эффективной государственной транспортной и создания благоприятных предпосылок для дальнейшего экономического роста¹.

В условиях управляемого хаоса, повышения вероятности природных и техногенных воздействий, актов незаконного вмешательства, замаскированных под воздействия природного и техногенного характера, остро встает вопрос совершенствования нормативных документов для решения проблемы обеспечения комплексной безопасности мостов как критических объектов транспортной инфраструктуры [1].

Сегодняшняя реальность заставляет усиливать все возможные меры по обеспечению безопасности людей и имущества по максимуму. Весьма настораживает последняя тенденция мирового «мостопада» - за последние 2 года упали более двадцати пяти моста.

Обрушение эстакады метро Мехико². 3 мая 2021 года в 22:25 CDT (UTC-5) эстакада, по которой проходит линия 12 метро Мехико, рухнула под проходящим поездом в районе Тлауак (1-фото). Эстакада и два последних вагона поезда упали на проспект Тлауак возле станции Оливос, в результате чего 26 человек погибли и 79 получили ранения. Это была самая смертоносная авария в метро почти за пятьдесят лет. На линии возникли технические и структурные проблемы, которые привели к частичному закрытию эстакад, на которых произошла авария, в период с 2014 по 2015 год. Однако из-за нехватки бюджета и времени проект был изменен для работы как под землей, так и над землей с поездами со стальными колесами. DNV, норвежская фирма по управлению рисками, была нанята для проведения расследования с целью выяснения причин краха. Их предварительное расследование показало, что это было связано с недостатками конструкции моста. Кроме того, они

¹ <https://everest-russia.com/about/news/obespechenie-transportnoy-bezopasnosti-mostov/>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Mexico_City_Metro_overpass_collapse

обнаружили, что отсутствие функциональных шпилек в сочетании с плохой сваркой привело к усталости разрушившейся балки.

Методы и материалы. Эксперты затрудняются назвать причины аварии и обрушения мостов, говорят об «усталости» бетона, появлении в нем микротрещин из-за грузового транспорта, идущего со значительным «перегрузом». Но большинство специалистов заявляет: срок службы мостов рассчитан на 100 лет, запас прочности - не исчерпан, коэффициент надежности по перегрузу мостовых конструкций, закладывался с полуторным или даже двойным запасом [1, 2].



1-фото. Обрушение эстакады линии метро Мехико (3 мая 2021 года)

Очевидно, что обеспечение безопасности мостов не было налажено соответствующим образом [3]. В противном случае, причина обрушения не была бы загадкой для экспертов: система видеонаблюдения показала бы, рукотворная это авария, произошедшая по злонамеренной вине человека, или, действительно, свою роль сыграла пресловутая «усталость бетона».

На сегодняшний день есть масса возможностей для того, чтобы транспортная безопасность мостов была «на высшем уровне»: оборудование конструкции железными ограждениями и внедрение электронных систем безопасности, оповещающих о несанкционированном проникновении на огражденную территорию, сделают невозможной любую деятельность террористов [1, 4]. Особенно важны современные металлические сварные ограждения безопасности на мостах в связи с тем, что по мостовым конструкциям ездит не только грузовой и частный автотранспорт, по мостам бывают проложены рельсы поездов, в частности, пассажирских.

И тот факт, что столь необходимые сегодня инженерно технические системы обеспечения транспортной безопасности внедрены далеко не везде, может обернуться огромной трагедией. Ведь при об обрушении мостовой конструкции с идущим по ней или под ней пассажирским поездом число человеческих жертв будет просто колоссальным.

Внедрение систем транспортной безопасности на мировых трассах обусловлено законодательно [5]. И чтобы сохранить человеческие жизни и имущество в

неприкосновенности, необходима последовательная массовая интеграция систем безопасности во все транспортные системы. В итоге мы получим повышенный уровень защиты, исключая любые противозаконные действия на дорогах и мостовых конструкциях, гарантированный безопасный путь для транспорта.

*Опыт США*³. По состоянию на 2017 год, в США эксплуатируется более 600000 мостов. Почти 9% этих мостов относятся к категории «структурно дефектные» [2, 6]. Это означает, что они включают один или несколько существенных дефектов и требуют введения ограничений для обеспечения безопасности. Структурно дефектный мост не является неизбежно опасным, но он может им стать, если не будут предприняты необходимые меры.

Прогнозируемый срок службы моста составляет 50 лет, но примерно каждый четвертый мост в США старше. Чтобы гарантировать надежность, долговечность и безопасность моста, необходимо проводить регулярный контроль. Для обеспечения безопасности мостов, используются различные методы неразрушающего контроля. Несмотря на функциональность, традиционные методы неразрушающего контроля не являются наиболее эффективными и надежными. Современные методы ультразвукового контроля позволяют получать более точные данные.

Результаты и обсуждения. В среднем, 174 млн. поездок в день совершаются по структурно дефектным мостам [7]. В течение всего срока службы моста, постоянная нагрузка приводит к образованию трещин и сдвигов в сварных швах и болтовых соединениях сооружения. Если трещины будут продолжать расти, это приведет к катастрофическим последствиям. Чтобы избежать такой ситуации, важно как можно быстрее выявить дефекты.

Изучение различных аспектов поведения искусственных сооружений мостов, исследования реакции на воздействие природного и техногенного характера, актов незаконного вмешательства или на управляющие воздействия, определение степени устойчивости, оценка реализуемости и выявления рациональных путей развития для достижения заданного уровня безопасности и решения задач позволяют включать в контур управления искусственных сооружений мостов предиктивное моделирование. Создание системы предупреждения деструктивных воздействий различной природы требует внедрения принципиально новых форм взаимодействия предприятий на условиях государственно-частного партнерства.

Сварные швы и болтовые соединения стальных опор особенно подвержены нарушению целостности, коррозионному растрескиванию. Например, в случае неполного сплавления с основным металлом, в сварном шве образуются газовые поры и его прочность уменьшается. Болтовое соединение может быть ослаблено касательным напряжением, которое возникает при воздействии двух противоположных сил на скрепленные конструкции. Эти слабые участки создают концентрированные точки высокого напряжения, и именно здесь образуются трещины.

Один из традиционных методов неразрушающего контроля, используемых для контроля мостов - это контроль проникающими веществами, в котором используется жидкий пенетрант для выявления поверхностных трещин в сварных швах [8]. Несмотря на то, что капиллярный контроль не требует больших материальных ресурсов и является относительно недорогим, данный метод неразрушающего контроля ограничивается выявлением только поверхностных трещин и не позволяет обнаружить подповерхностные трещины. Кроме того, для проведения капиллярного контроля необходим прямой доступ к исследуемой поверхности, а шероховатость поверхности может повлиять на чувствительность контроля.

³ <https://www.olympus-ims.com/ru/insight/bridge-ing-the-gap-to-safety/>

Радиографический контроль - еще один традиционный метод неразрушающего контроля, используемый для контроля мостовых конструкций; данный метод постепенно теряет свою актуальность. Радиографический контроль использует рентгеновские лучи для создания фотографической пленки внутренней структуры соединений. Метод радиографического контроля несет в себе определенные риски для здоровья дефектоскопистов, поскольку работать приходится с вредными излучениями [3]. Кроме того, для проведения радиографического контроля требуется специальная лицензия, а территория, где происходит радиографический контроль, должна быть оборудована защитным покрытием и освобождена от посторонних лиц.

Ультразвуковой контроль фазированными решетками представляет собой более безопасную, надежную и очевидную альтернативу капиллярному и радиографическому методам неразрушающего контроля, обеспечивая лучшее качество данных. Дефектоскоп использует преобразователь для генерации высокочастотных звуковых волн, которые проникают в мостовые опоры. При наличии дефекта - трещины или коррозии - преобразователь детектирует измененные звуковые волны. Данные отправляются обратно в дефектоскоп, где преобразуются в визуальное представление, которое контролер использует для выявления дефектов [9].

Еще один усовершенствованный метод неразрушающего контроля - вихретоковый контроль (2-фото). Вихретоковый контроль используется для обнаружения подповерхностных трещин, которые плохо выявляются капиллярным методом. Основным преимуществом вихретокового контроля является то, что, в отличие от капиллярного метода, его можно использовать на поверхностях с покрытием. Это существенно экономит время и сокращает затраты, поскольку больше нет необходимости снятия покрытия для выполнения контроля.



2-фото. метод неразрушающего контроля - вихретоковый контроль

Сегодня более 54 000 мостов старше прогнозируемого срока службы и должны быть реконструированы или капитально отремонтированы. Реализация такого проекта займет тридцать семь лет. Для обеспечения безопасности мостовых сооружений, контролеры должны иметь возможность выявить любые дефекты, требующие введения ограничений по пропуску нагрузок [10]. Обеспечение безопасности мостов требует контроля не только со стороны участников дорожного движения, но и всей прилегающей к объекту территории. Для эффективной охраны объекта целесообразно применять радиолокационные станции совместно с классическими средствами наблюдения⁴. Особенно хорошо такие системы проявляют себя на больших открытых территориях.

При обнаружении цели, происходит ее идентификация (человек, группа лиц или средство передвижения), и поворотные камеры, находящиеся в данном квадрате, в автоматическом режиме направляются на объект. Одновременно с этим на автоматическое рабочее место

⁴ <https://dolinatlt.ru/news/kak-obespechit-bezopasnost-mostov/>

приходит сигнал тревоги, и оператор получает всю собранную информацию о нарушении периметра безопасности. По изображениям с видеокамер осуществляется классификация объекта и принимается решение о задержании [11]. В качестве дополнительного оборудования для обеспечения безопасности моста могут применяться:

- ✓ гидролокаторы для обнаружения объектов, движущихся по воде (под водой);
- ✓ системы управления доступом в составе разных устройств, шлагбаумов, заграждений;
- ✓ системы оповещения;
- ✓ системы пожарной безопасности;
- ✓ устройства контроля и управления инженерными сетями;
- ✓ программно-аппаратный комплекс для контроля дорожного движения по мосту.

программно-аппаратный комплекс для объединения всех систем безопасности и мониторинга в единую 4D геоинформационную систему, предоставляя ситуационный анализ территорий и объектов, с отображением инцидентов и просмотром изменения обстановки по времени на многослойных 3D картах.

Паспорт обеспечения транспортной безопасности моста - это документ, который содержит общие сведения о субъекте транспортной инфраструктуры, мостовом сооружении и реализуемых мерах по обеспечению транспортной безопасности. Приложениями к Паспорту безопасности моста являются организационно распорядительные документы [3, 6, 9].

Заключение и рекомендации. Основные недостатки обеспечения безопасности мостовых сооружений [10, 11, 12, 13]:

- проектирование и строительство и сооружений с использованием стандартов, основанных на парадигме безопасности XX века, которые не гарантируют функциональную безопасность систем и защиту объектов;
- впустую тратятся огромные средства;
- критически важные объекты остаются без должной защиты.

Для решения этой задачи необходимо:

- ✓ формировать информационно-аналитическую систему с элементами прогнозирования и моделирования мостовых сооружений;
- ✓ провести оценку состояния рисков и безопасности искусственных сооружений мостов;
- ✓ проанализировать проектные и гипотетические ситуации;
- ✓ выявить риски актов незаконного вмешательства;
- ✓ создать нормативную документацию, регламентирующую безопасное функционирование искусственных сооружений мостов, типовые технические задания на разработку систем безопасности;
- ✓ разработать рекомендации и руководящие материалы, позволяющие выявить риски природных, техногенных деструктивных воздействий и актов незаконного вмешательства;
- ✓ с помощью специальной технологии проанализировать сценарии проведения актов незаконного вмешательства;
- ✓ разработать нормативную документацию, регламентирующую процесс мониторинга элементов искусственных сооружений, типовые технические задания на разработку систем мониторинга их состояния.

Литература

1. Ganiev I.G., Technical characteristics of the materials and structures used in the construction of monolithic reinforced concrete spans of road bridges //Actual issues and solutions of development of economic sectors of the Republic of Uzbekistan in modern conditions. - Jizzahk, 2021/ - P. 226-231
2. Federal-Aid Highway Program (FAHP): In Brief Updated March 1, 2021. PP-16. <https://crsreports.congress.gov>
3. Ganiev I.G., Gulomov D. Experience in the operation of bridges in the European Union // Транспорт: актуальные задачи и инновации: сборник статей Международной конф. (Ташкент, 22 апреля 2021 г.). - Ташкент, 2021. С. - 168-171.
4. Yu Y., Bathurst R. J. Analysis of soil-steel bar mat pullout models using a statistical approach //Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2015. – Т. 141. – №. 5. – С. 04015006.
5. Zhang D. M. et al. Characterization of model uncertainty for cantilever deflections in undrained clay //Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2015. – Т. 141. – №. 1. – С. 04014088.
6. Tang C. et al. Model uncertainty for predicting the bearing capacity of sand overlying clay //International Journal of Geomechanics. – 2017. – Т. 17. – №. 7. – С. 04017015.
7. Tang C., Phoon K. K. Model uncertainty of Eurocode 7 approach for bearing capacity of circular footings on dense sand //International Journal of Geomechanics. – 2017. – Т. 17. – №. 3. – С. 04016069.
8. Ganiev I.G. Metall ko'priklarni loyihalash / I.G. Ganiev, Z.T. Maxkamov, O.Zafarov. - T.: Innovatsion rivoshlanish nashriyot-matbaa uyi, 2021. 98 bet.
9. Phoon K. K. et al. Some observations on ISO2394: 2015 Annex D (reliability of geotechnical structures) //Structural Safety. – 2016. – Т. 62. – С. 24-33.
10. 1980-2019: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Highway Statistics (Washington, DC: Annual Issues), table HM-220, available at <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics.cfm> as of Jan. 11, 2021.
11. ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
12. K. Ostrowski and M. Tracz, “Availability and reliability of a signalised lane,” *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, vol. 7, no. 1, pp. 1044–1061, 2019.
13. S. Chowdhury, S. Dey, S. N. Tripathi, G. Beig, A. K. Mishra, and S. Sharma, ““Traffic intervention” policy fails to mitigate air pollution in megacity Delhi,” *Environmental Science & Policy*, vol. 74, pp. 8–13, 2017.