

УДК 69.059.28

Цирулев Игорь Викторович, Раткин Василий Викторович,
Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.
Tsirulev Igor Viktorovich, Ratkin Vasily Viktorovich,
Saratov State Technical University of a name of Gagarin Y.A.

**АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ И РАЗРУШЕНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.
ОБЗОР АВАРИЙ И РАЗРУШЕНИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ ЗА 2022–2023 ГОДЫ
ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS AND DESTRUCTION
OF BRIDGE STRUCTURES. OVERVIEW OF ACCIDENTS
AND DESTRUCTIONS THAT OCCURRED IN 2022–2023**

Аннотация: В статье приведен обзор публикаций, посвященных авариям и разрушениям мостовых сооружений. Проанализированы причины аварий и разрушений сооружений, рассматриваемых в ряде публикаций. Рассмотрены случаи аварий и разрушений мостовых сооружений, произошедших за 2022–2023 годы. Произведен анализ причин аварий и разрушений мостовых сооружений 2022–2023 годов.

Abstract: The article provides an overview of publications on accidents and destruction of bridge structures. The causes of accidents and destruction of structures considered in a few publications are analyzed. The cases of accidents and destruction of bridge structures that occurred in 2022-2023 are considered. The analysis of the causes of accidents and destruction of bridge structures in 2022-2023 was carried out.

Ключевые слова: мост; транспортные сооружения; авария; разрушение моста; обрушение мостовых конструкций; безопасность эксплуатации; примеры аварий мостов.

Keywords: bridge; transport structures; accident; bridge destruction; collapse of bridge structures; operational safety; examples of bridge accidents.

ВВЕДЕНИЕ

Первые аварии и разрушения мостовых сооружений, о которых известно более подробно, произошли в то время, когда строительству и проектированию инженерных сооружений стало уделяться большее внимание, в том числе из-за возрастающих размеров и сложности конструкций. Несомненно, что аварии и разрушения мостовых сооружений происходили с момента их появления, происходили в недавнее время и продолжают происходить. Однако, стоит отметить, что вопросу анализа причин и способам их устранения в настоящее время уделяется большое внимание.

Как отмечено автором [1] в предисловии, во времена, когда инженеры и исследователи не могли экспериментально изучать в лабораториях работу сооружения и отдельных его элементов, крушение сооружения представляло единственную возможность выявить пределы его прочности и устойчивости. Строители мостов, например Древней Греции, не могли использовать теорию устойчивости или метод конечных элементов с применением ЭВМ. К настоящему времени существует множество методов расчета транспортных сооружений и множество нормативных документов, регламентирующих правила проектирования, но аварии и разрушения продолжают происходить, в том числе во время строительства новейших сооружений.



Для уменьшения количества аварий и разрушений необходимо принимать меры, о чем авторами [2] сформулированы следующие направления деятельности:

- сбор и систематизация информации об авариях и разрушениях транспортных сооружений в различных странах, в том числе и в России, установление и анализ причин и последствий разрушения транспортных сооружений с оценкой величины нанесенного ущерба;
- построение математических моделей возможных сценариев наступления аварийных ситуаций на транспортных сооружениях;
- изучение причин появления дефектов и повреждений транспортных сооружений, их систематизация с точки зрения влияния на возникновение аварий;
- исследование кинетики развития повреждений и деструкции материалов транспортных сооружений во времени под влиянием различных причин.

1. ПРИЧИНЫ АВАРИЙ И РАЗРУШЕНИЙ

Причины аварий и разрушений могут быть весьма разнообразными, более того, часто причина разрушения может быть комбинированной, то есть одновременно может иметь место, например, ошибка в проектировании вкупе с нарушением технологии строительства.

Уделяя внимание вопросу классификации причин, стоит отметить предлагаемую автором [1] классификацию:

- крушения, вызванные непреодолимыми стихийными силами природы – землетрясением, ураганом, наводнением и тому подобными;
- крушения, вызванные несовершенством инженерно-технических приемов;
- крушения, вызванные социально-экономическими условиями, когда на судьбу сооружения влияние оказывает погоня за выгодой.

Стоит отметить, что каждую из трех категорий, приведенных выше, можно разделить на множество подкатегорий.

В публикациях [2-5] подробно приводятся аварии мостовых сооружений, причины которых разделяются следующим образом:

1. Аварии, вызванные недоучетом ветровой нагрузки и аэродинамической неустойчивостью;
2. Аварии, вызванные потерей устойчивости элементов;
3. Аварии из-за ошибок в технологии ведения строительно-монтажных и ремонтных работ;
4. Аварии, вызванные перегрузкой несущих конструкций;
5. Аварии мостов, наступившие вследствие резонанса или усталости материала;
6. Аварии мостов, наступившие вследствие деградации материала и неблагоприятного воздействия эксплуатационной среды;
7. Аварии вследствие недостаточной надежности и расстройств соединений;
8. Аварии по причине несоблюдения установленных габаритов перевозимых грузов и ударов подвижной нагрузки;
9. Аварии по причине отсутствия технического надзора;
10. Аварии вследствие появления дополнительных усилий и деформаций из-за геологических, гидрологических, оползневых и сейсмических явлений;
11. Аварии по причине навала судов на опоры мостов;
12. Аварии по причине воздействий на конструкции моста экстремальных (форс-мажорных) нагрузок (столкновение с авиационной техникой, скоростным поездом, пожар, торнадо, диверсия, повреждения в результате аварий, проложенных по ним коммуникациям и т. п.);



13. Аварии, вызванные ошибками в расчетах, использованием некачественного материала.

Как показывает анализ приведенных выше публикаций, существует довольно много разнообразных причин аварий и разрушений мостовых сооружений.

Весьма актуальна и требует внимания причина, указанная в п.6, поскольку большое количество мостовых сооружений в нашей стране на данный момент имеют большой срок эксплуатации и находятся в неудовлетворительном состоянии. Существенную роль в деградации материала мостовых сооружений играет агрессивная эксплуатационная среда. В [6] отмечается, 75% инженерных конструкций подвергается воздействию агрессивных сред, в том числе хлоридсодержащих. Воздействие хлоридсодержащей среды приводит к значительному изменению кратковременных и длительных механических характеристик материала несущих конструкций, коррозионному поражению арматуры, что, в конечном итоге, приводит к существенному снижению несущей способности, уменьшению надежности и сокращению долговечности конструкций. Уменьшение несущей способности конструкций неизбежно повышает риск их разрушения, поэтому проблема воздействия агрессивных сред на мостовые сооружения требует внимания на всех этапах их «жизни».

Автор [7] справедливо отмечает, что одной из причин аварий являются недостаточно качественные нормы. В перспективе данный фактор всегда будет значимым, поскольку нагрузки на сооружения с каждым годом возрастают, появляются новые материалы и технологии, в том числе и недостаточно исследованные. Чтобы снизить риск аварий мостовых сооружений по причине того, что они запроектированы по некачественным нормам, необходимо постоянное обновление норм не только в соответствии с актуальными нагрузками, но и разработка норм с расчетом на возрастание нагрузок. Так же при появлении инновационных технологий и материалов, необходимо выполнять требуемый комплекс испытаний материалов.

2. ОБЗОР АВАРИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ ЗА 2022–2023 ГОДЫ

Обрушение балки Краснопресненского путепровода в г. Москва

26 марта 2023 года произошло обрушение железобетонной балки Краснопресненского путепровода в г. Москва (рис.1). Любая авария несет опасность для людей и окружающей среды, но данный случай можно назвать везением – под путепроводом проходят железнодорожные пути, и балка могла обрушиться на движущийся поезд, что стало бы настоящей катастрофой. Путепровод был введен в эксплуатацию в 1960 г. и на момент обрушения балки находился в процессе реконструкции. Конструкция пролетных строений – железобетонные балки с предварительно напряженной арматурой. На рис.2 можно наблюдать типичные дефекты в результате воздействия агрессивных сред на железобетон – разрушение защитного слоя бетона, коррозию арматуры. Обрушение произошло без воздействия внешних факторов, балка не выдержала собственного веса. Данная авария очень явно показывает, что деградация материала и воздействие эксплуатационной среды являются очень опасным фактором, особенно в железобетонных конструкциях с предварительно напряженной арматурой.





Рис.1 (Источник: <https://moskvichmag.ru/gorod/na-platforme-begovaya-priamo-na-puti-obrushilas-balka-krasnopresnenskogo-puteprovoda/>) – Обрушение балки Краснопресненского путепровода



Рис. 2 (Источник: <https://dzen.ru/video/watch/642c6d28d1ccd54a5e2179d9?sid=119543555474218505&t=74>) – Дефекты железобетонных балок Краснопресненского путепровода

Обрушение балки строящейся эстакады на пересечении Симферопольского шоссе и улицы Маяковского в г. Москва

25 июня 2022 г. произошло крушение балки строящейся эстакады на пересечении Симферопольского шоссе и улицы Маяковского (рис.3). По данным Комплекса градостроительной политики и строительства Москвы, в ходе монтажа балки пролетного строения она потеряла устойчивость и упала на землю. При начале работ видимых дефектов на конструкции не было обнаружено. Во время случившегося никто не пострадал.

При анализе данного крушения важно иметь понимание, когда произошло разрушение балки: до падения или после. В первом случае именно разрушение балки и послужило бы причиной падения. А причиной разрушения могло быть некачественное заводское изготовление балки, из-за чего не была обеспечена несущая способность. Если же причиной разрушения послужило падение балки, в таком случае имеет место нарушение технологии монтажа балки и ошибки, допущенные строителями.





Рис. 3 (Источник: <https://vm.ru/news/976767-chast-mosta-obrushilas-na-simferopolskom-shosse-v-stolice>) – Обрушение железобетонной балки эстакады

Обрушение пешеходного моста в Луге

В городе Луга Ленинградской области произошло обрушение пешеходного моста (рис.4) в центре города, в результате погиб один человек и не менее трех получили травмы. Как видно на видеоматериалах, мост был предельно плотно загружен людьми и не выдержал нагрузки. Конструкция моста – металлические фермы из профильных труб прямоугольного сечения, на которых уложен деревянный настил. Согласно [8], нормативную временную нагрузку для пешеходных мостов следует принимать в виде вертикальной равномерно распределенной нагрузки 4,0 кПа. Расчетные сочетания и коэффициенты к нагрузкам принимаются в соответствии с разделом 6 [8]. Главным фактором крушения данного моста послужила именно временная вертикальная нагрузка, а причиной – ошибка на стадии проектирования, следствие которой недостаточная несущая способность сооружения.



Рис. 4 (Источник: <https://47news.ru/articles/234746/>) – Обрушение пешеходного моста в Луге



Обрушение балок путепровода в Минске

8 января 2022 года произошло обрушение двух балок железобетонного путепровода над улицей Немига в городе Минск. Чудом обошедшийся без пострадавших инцидент произошел около трех часов ночи.

Путепровод был возведен в 1962 году, в 2017-м на мосту проводился косметический ремонт. В момент крушения конструкция не испытывала никаких нагрузок, обрушение произошло от действия собственного веса. В данной статье это уже второй случай обрушения железобетонных балок с внушительным сроком эксплуатации.

Очевидцам удалось заснять момент крушения на видео, на котором видно, что балки левого пролета (рис. 5) «сломались» в середине пролета, и падая вниз, утянули за собой соседний пролет, который тоже рухнул. Сечение балок не обеспечивало несущую способность даже от собственного веса.



Рис.5 (Источник - <https://newdeal.by/macroeconomics/2022-01-14/infrastrukturnyj-razryv-ili-mosty-v-budushhee-o-chem-zastavlyayet-zadumatsya-obrushenie-mosta-na-nemige/>) – Обрушение балок путепровода в Минске

Обрушение балок строящегося путепровода в Ташкенте

14 августа 2023 года произошло обрушение пяти балок строящегося путепровода у аэропорта Ташкента (рис.6). Происшествие обошлось без пострадавших, однако балки рухнули на грузовой автомобиль, стоящий возле опоры.

Ситуация развернулась во время монтажа при помощи подъемного крана, из-за ошибки строителей балки ударились друг о друга и рухнули.



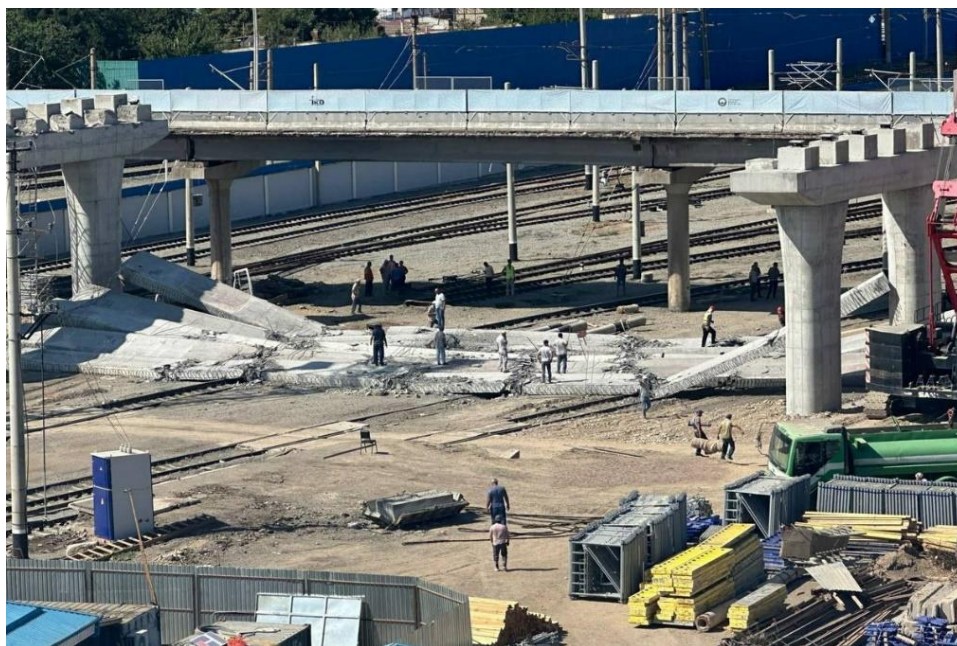


Рис.6 (Источник: <https://www.gazeta.uz/ru/2023/08/14/incident/>) –
Обрушение балок строящегося путепровода в Ташкенте

3. ВЫВОДЫ

Проведя анализ приведенных в статье крушений мостовых сооружений, можно сделать следующие выводы:

- Крушения мостовых сооружений продолжают происходить, при этом, как и сооружений с внушительным сроком эксплуатации, так и новых, в том числе на стадии строительства.
- Железобетонные сооружения с большим сроком эксплуатации имеют большой риск крушения и требуют более пристального внимания.
- В настоящее время несоблюдение технологии производства работ и правил техники безопасности по-прежнему влечет за собой риск крушения мостовых сооружений во время строительства.
- Ошибки на стадии проектирования и расчетов мостовых сооружений приводят к их крушениям.
- Снижение аварийности мостовых сооружений может быть достигнуто повышением качества нормативной документации, проектных и строительно-монтажных работ, повышением качества содержания мостовых сооружений с учетом накопленного опыта проектирования, строительства и эксплуатации, включая изучение происшедших аварий.

Список литературы:

1. Дмитриев Ф. Д. Крушения инженерных сооружений. Историко-технические очерки. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. М. 1953. 188 с.
2. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 1 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/13TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13TS417.



3. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/14TS417
4. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 3 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/08SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/08SATS118
5. Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 4 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/05SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/05SATS118
6. Овчинников, И. И. Накопление повреждений в стержневых и пластинчатых армированных конструкциях, взаимодействующих с агрессивными средами / И. И. Овчинников, Г. А. Наумова ; И. И. Овчинников, Г. А. Наумова ; Федеральное агентство по образованию, Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2007. – ISBN 978-5-98276-137-8. – EDN QNMSIR.
7. Балючик Э.А. Причины разрушения мостовых сооружений. Противоаварийная стратегия. // Дороги. Инновации в строительстве. - 2018. - №74. - С. 46-47.
8. "СП 35.13330.2011. Свод правил. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*" (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N822).

