

## ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

У статті розглянуті окремі випадки руйнування штучних споруд при дії на них природних факторів.

*Ключові слова:* міст, експлуатація, техногенне явище, штучна споруда

В статье рассмотрены отдельные случаи разрушения искусственных сооружений при воздействии на них природных факторов.

*Ключевые слова:* мост, эксплуатация, техногенное явление, искусственное сооружение

Some engineering structures accidents from environmental factors are considering in this article.

*Keywords:* bridge, exploitation, man-triggered effect, engineering structures

Анализ причин [1] аварий мостов в развитых странах ведется на протяжении около 180 лет. Накопленная за этот период информация свидетельствует о том, что разрушение искусственных сооружений, по причинам их вызвавшим, можно объединить в три основные группы.

К первой группе, наиболее многочисленной, которая составляет до 60 % из происшедших случаев разрушения мостов происходили в следствии катастрофических природных воздействий: землетрясения, оползни, карстовые провалы, сели, паводки, ледоходы, статические и пульсационные воздушные потоки и другие.

Ко второй группе аварий, которая составляет около 30 %, отнесены сооружения которые получили повреждение или разрушились в следствии ошибок в их проектировании и дефектов допущенных при строительстве.

Около 10 % аварий и повреждений мостов происходит в результате нарушений условий текущей эксплуатации.

Полное или частичное разрушение сооружения, которое приводит к невозможности его дальнейшей эксплуатации, является следствием одного или нескольких одновременных или последовательных неблагоприятных факторов.

Как известно, не всякое повреждение конструкции является для сооружения катастрофическим, а лишь то, которое изменяет его расчетную схему, или выводит из строя рабочие элементы.

При возведении несущих элементов искусственных сооружений применяется – металл, бетон, железобетон и в небольших объемах – дерево.

В этой статье выборочно приведены, в качестве примеров, разрушения конструкции различных мостов в результате воздействия внеш-

них факторов произошедших в мире за последние 10 лет.

### Металлические конструкции

Различные виды металлических конструкций являются наиболее чувствительными к воздействиям внешних сил, так как поперечное сечение элементов максимально приближено к предельным значениям прочности материала при воздействии расчетных нагрузок. В таких случаях достаточно повреждения одного элемента для превращения конструкции в мгновенно измененную (затяжки в арках и рамах, ванты в вантовых конструкциях).

В строительной практике [2] и эксплуатации сооружений известны такие примеры, когда причиной аварий каменных, бетонных, деревянных, и других конструкций были дефекты металлических элементов, входящих в общий конструктивный комплекс.

При исследовании причин аварий конструкций, поведение их отдельных элементов или целых сооружений всегда имеет место стечения ряда неблагоприятных факторов. Иногда бывает затруднительно или вообще невозможно правильно установить причину аварии и отделить ее от следствия, а это играет важную роль не только для расследования причин катастрофы, но и для их профилактики в будущем. Без преувеличения можно сказать, что почти при каждом случае аварии наблюдается потери устойчивости отдельными элементами конструкции, не говоря уже о том, что из самых распространенных причин аварий является потеря устойчивости всей конструкций или сооружения в целом. Недостатки, допущенные при проектировании (неучтенные нагрузки, выбор расчетной схемы), взаимодействуют с ошибками при монтаже, качеством материалов,

неправильной эксплуатацией, все это обычно приводит к аварии в определенный момент времени.

#### **Примеры разрушений**

8 мая 2011 года в результате подмыва фундамента одной опоры железнодорожного моста через реку Абакан в Республике Хакасия (рис. 1) произошло обрушение двух пролетов железнодорожного моста.



Рис. 1. Обрушение пролетного строения моста через р. Абакан

12 апреля 2007 года в результате террористического акта (взрыв на мосту грузовика начинённого взрывчаткой) был разрушен участок металлического автодорожного моста Аль-Сарафия (рис. 2) через реку Тигр в Багдаде (Ирак). Мост был построен в 1950-х годах. В результате теракта пострадали люди.



Рис. 2. Разрушение моста в результате техногенного воздействия

15 марта 2010 на 30 километре трассы М-60 Владивосток-Хабаровск в результате человеческого фактора была обрушена балка подвесного пешеходного перехода (рис. 3).



Рис. 3. Несоблюдение габарита проезда под путепроводом

Балка упала на грузовики «HOWO» и «КамАЗ». После того, как самосвал HOWO разгрузился он с поднятым кузовом поехал в пролет. Водитель автосамосвала погиб.

#### **Железобетонные конструкции**

Железобетонные конструкции инженерных сооружений [3] в процессе длительной эксплуатации подвергаются воздействию сложных по своему характеру нагрузок, температурно-влажностных воздействий, деформаций, агрессивной среды, других внешних и внутренних по отношению к конструкции факторов.

Важным принципом современного проектирования железобетонных конструкций инженерных сооружений является обеспечение гарантированной безопасности в течение планируемого срока службы и сохранение эксплуатационных качеств, то есть заданной долговечности. Безопасность и эксплуатационная пригодность инженерных сооружений обеспечиваются усовершенствованием норм проектирования, качеством проектных работ, качества применяемых материалов, качества изготовления, способов монтажа и дальнейшей эксплуатации. Поэтому при проектировании и дальнейшей эксплуатации необходимы достоверные оценки: с одной стороны – фактической несущей способности и остаточной долговечности существующих железобетонных конструкций, получивших повреждения, с другой стороны – срока службы конструкций с использованием математических моделей на основании их износа.

Основная причина потери работоспособности конструкций заключается в изменении с течением длительного времени начальных свойств и состояний материала под влиянием внешней среды, превышение допустимого уровня нагрузок и воздействий, а также дефектов проектирования, низкого качества строительных работ.

Для железобетонных конструкций первые повреждения вызываются коррозионными процессами, развивающиеся в конструктивных элементах сооружения из-за неблагоприятного воздействия факторов внешней среды: агрессивных газов в атмосфере воздуха, загрязнение грунтов и грунтовых вод, значительного колебания температур.

Долговечность является важнейшим свойством и показателем надежности, которая способствует длительной эксплуатации при достаточно высоком уровне технического содержания, включая различные виды ремонтов.

В целом развитие проблемы долговечности железобетонных конструкций и сооружений реализуется путем разработки методов оценки, прогноза и повышения долговечности. При рассмотрении долговечности железобетонных конструкций можно выделить следующие особенности этой проблемы:

а) вероятностный характер силовых и несилловых воздействий, их комплексность и взаимосвязь;

б) изменчивость технических характеристик материалов и конструкций;

в) влияние фактора времени на характер воздействий и свойства материалов.

Повышение долговечности и других показателей надежности обычно гарантируется качеством проектных и строительных работ, а также учетом и отражением опыта строительства и эксплуатации ранее возведенных сооружений.

#### **Примеры разрушений**

Мост через реку Чалвенка в микрорайоне Венюково (Московская область) разрушился по причине коррозии несущей арматуры главных балок (рис. 4).



Рис. 4. Разрушение моста в результате отсутствия надлежащего текущего содержания

4 сентября 2006 г. обрушился пролет возводимого автодорожного путепровода над железнодорожными путями и автомобильной дорогой в Екатеринбурге.

Бригада строителей с помощью автомобильного крана находящегося на пролете поднимала стальные балки. После появления сильной вибрации 100 метровый пролет начал обваливаться, так как консоли ригеля промежуточной опоры обломались (рис. 5). Причиной аварии явилось нарушение условий строительных работ при бетонировании ригеля и качества примененных материалов.

13 Апреля 2010 г. в Казахстане (рис. 6) произошло обрушение первого пролета автомобильного моста через Сырдарью. Мост был построен в 2003 г., но при строительстве и проектировании не было учтено, что уровень воды в межсезонье поднимается выше расчетного.

Причиной стал подмыв устоя, из-за быстрого таяния большого количества снега в верховьях реки выпавшего зимой.



Рис. 5. Нарушение строительных работ при бетонировании ригеля



Рис. 6. Подмыв устоя моста паводком выше расчетного

24 Июня 2010 г. на окраине Тбилиси произошло обрушения одного пролета моста, с гибелью людей. Произошел подмыв фундамента промежуточной опоры в результате резкого подъема уровня воды в реке из-за сильных дождей (рис. 7), через что опора наклонилась и полетное строение обрушилось.



Рис. 7. Обрушение пролета автодорожного моста в результате подмыва опоры

11 марта 2010 года при резком потеплении, быстром снеготаянии и интенсивных осадках произошел прорыв Кызылагашской плотины, вызвавший затопление участков железной дороги, размыв земляного полотна и сбой в графике движения поездов. В результате стихийного бедствия на участках Сары-Озек – Уштобе – Матай Алматинского отделения дороги было разрушено и повреждено 16 сооружений, в том числе 8 мостов (рис. 8, а, б, в).

а)



б)



в)



Рис. 8. Примеры разрушения сооружений паводковой водой:

- а) – разрушение трубы и участка автодороги водным потоком; б) – полное разрушение моста на автодороге; в) – размыв насыпи за устоем с обрушением пролета

На автомобильной дороге Павлоград-Терновка (Днепропетровской обл.). В результате неправильной установки балок пролета на промежуточную опору произошел скол торцов блока и соскальзывание их с ригеля опоры.



Рис. 9. Разрушение бетона в опорном сечении и сползание балок с ригеля промежуточной опоры

### Деревянные мосты

В современной практике в мире деревянные мосты строят сравнительно редко. Чаще всего

их применяют как временные сооружения. Основной причиной ограниченного сооружения деревянных мостов есть их малая долговечность и необходимость частого ремонта.

Анализ причин аварий деревянных сооружений свидетельствует о том, что к их разрушениям приводит совокупность ошибок и отступлений от требований действующих нормативных документов на всех этапах: проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации. Наиболее опасны повреждения деревянных конструкций, накопленные в процессе эксплуатации, особенно в агрессивной среде.

Основные причины аварий деревянных конструкций и сооружений в мире примерно следующие (в процентном соотношении):

- 30 % – нарушение правил эксплуатации;
- 20 % – низкая прочность конструкций (дефекты изготовления);
- 16 % – дефекты узловых монтажных соединений;
- 10 % – недостаточная несущая способность оснований;
- 8 % – недостаточное опирание конструкций на каменную кладку;
- 8 % – нарушение правил производства монтажных работ;
- 4 % – ошибки в проектных решениях;
- 4 % – внешние воздействия, превысившие расчетные значения.

### Примеры разрушений

26 декабря 2010 года в городе Уси провинции Цзянсу на востоке Китая рухнул городской мост (рис. 10). Причиной аварии стал грузовик, который перевозил более 20 тонн мусора, что на 10 тонн больше фактической грузоподъемности моста.



Рис. 10. Значительное превышение грузоподъемности моста

05 октября 2010 года в Сахалинской области на трассе Мгачи-Виахту обрушились сразу два деревянных моста (рис. 11). Обрушение не стало внезапностью, так как конструкции, возведенные в 70-х годах прошлого века, планомерно переходили из аварийного в ветхое состояние.

Отрезанными от мира оказались несколько деревень. В результате обрушения никто не пострадал.



Рис. 11. Обрушение пролетов деревянного моста по причине естественного их старения

9 мая 2010 года в Орловской области произошло обрушение (рис. 12) городского деревянного пешеходного моста после праздничного салюта. Один пролет моста размерами 3 на 2 м от скопления на нем горожан переломился, и люди оказались в воде. Была значительно превышена нагрузка на пролетное строение.



Рис. 12. Перегруз пролета пешеходного моста

## Выводы

Всякая неисправность искусственного сооружения, а тем более его частичное или полное разрушение приводит к значительным материальным потерям, в некоторых случаях к невосполнимым людским жертвам, а также локального нарушения инфраструктуры района или целого региона.

В связи с этим, при проектировании, строительстве, текущем содержании и ремонте искусственных сооружений соответствующими службами должно уделяться повышенное внимание.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вестник мостостроения № 1 [Текст] / А. С. Платонов – М. – 2009.. – С. 28-32
2. Лашенко, М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений [Текст] / М. Н. Лашенко. – Л. – 1969. – С. 4-13.
3. Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений [Текст] / Л. М. Пухонто. – М. – 2004 – С. 6-13.
4. Мосты деревянные [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://mostderevo.ru/>

Поступила в редколлегию 21.09.2011

Принята к печати 20.10.2011.