

## **ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Нестеренко В.В., Рогатень С.С.  
(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Приведены технические функции исполняемые мостовым сооружением и его иерархия как строительной технической системы. Предложены критерии отказа мостового сооружения, Рассмотрена надежностная схема мостового сооружения и ее электрический аналог.

Под технической строительной системой понимается совокупность последовательно, параллельно и комбинировано соединенных элементов, которые в своем единстве представляют здание или сооружение определенного назначения [1,2]. В теории надежности систем под элементами понимаются любые структурные блоки, необходимые для обеспечения работоспособности системы [3]. Надежность технической системы определяют вероятности безотказной работы ее элементов.

К техническим строительным системам относятся подавляющее число строительных изделий и все без исключения здания и сооружения, в том числе мостовые сооружения. Признаком системы является одновременное исполнение техническим строительным изделием двух и более функций. Например, несущая железобетонная балка пролетного строения моста исполняет функции: прочности; долговечности; ремонтнопригодности и др. Поэтому балка является системой.

Мостовое сооружение должно выполнять несравненно большее количество технических функций, которые можно объединить в две большие группы: 1-я группа – обеспечение безопасности; 2-я группа – обеспечение комфортных условий (Рис. 1). Каждая из этих групп объединяет более мелкие по значению группы: прочности, устойчивости и др.

Мостовое сооружение, как строительная техническая система, имеет свою иерархию:

- системой первого уровня является мостовое сооружение, состоящее из последовательно соединенных систем второго уровня (которыми являются функции);

- каждая система второго уровня содержит системы третьего уровня, состоящих из последовательно и параллельно (комбинировано) соединенных элементов, которые, в свою очередь, являются системами четвертого уровня. Это иерархическое членение продолжается до нужной степени подробности (Рис. 2).



Рисунок 1–Функции, исполняемые мостовым сооружением

Способы оценки надежности исполнения одной функции строительным элементом мостового сооружения и множества функций

системой принципиально отличаются. Отличия обусловлены следующим:

- содержанием исходных данных – в первом случае используются статистические свойства строительных материалов, воздействий и пр. В другом случае – надежности системы элементов;
- содержанием понятия отказа – в первом случае под отказом однозначно понимается вероятность превышения интенсивности воздействия над соответствующим свойством элемента. В другом случае – понятие отказа не может быть определено так конкретно в силу многофункциональности любой системы, ее экономических и других возможностей;
- алгоритмами для вычисления вероятностей отказов.

При оценке надежности системы возникают различные методологические проблемы, в частности проблемы с понятием «отказа системы» и количественной оценкой отказа системы.

Понятие «отказ системы» не очевидное, так как строительная система, к которой относится мостовое сооружение, является, как правило, многоцелевой.

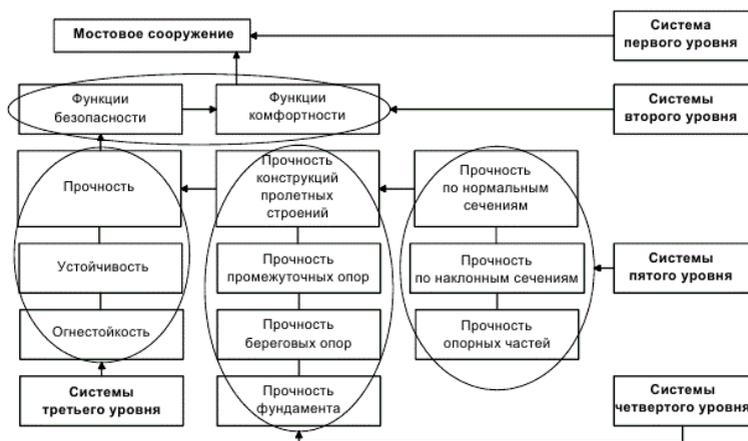


Рисунок 2–Иерархия мостового сооружения как технической строительной системы.

Исходя из классических представлений о системе, как о множестве элементов, соединенных последовательно, параллельно или комбинировано, за отказ мостового сооружения можно считать следующее [1]:

- математическое ожидание вероятностей отказов по всем исполняемым функциям;
- обеспеченное значение математического ожидания вероятностей отказов по всем исполняемым функциям;
- одно из математических ожиданий (или их обеспеченных значений) по группам функций.

Показатель надежности мостового сооружения, как многоцелевой системы, может быть записан в виде:

$$P = Ver \left\{ \begin{array}{l} X_1^H \leq X_1 \leq X_1^B \\ \dots \dots \dots \\ X_i^H \leq X_i \leq X_i^B \\ \dots \dots \dots \\ X_m^H \leq X_m \leq X_m^B \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $X$ ,  $X^H$ ,  $X^B$  – случайное, нижнее и верхнее значения результата функционирования системы.

Особенностью многоцелевых систем, к которым относятся мостовые сооружения, является невозможность определения вероятностных характеристик случайной величины  $X$  статистическими методами. Поэтому для вероятностного анализа поведения системы служат теоретические и логические обоснования вида распределения случайной величины  $X$ .

Для оценки надежности исполнения функций, предписанных мостовому сооружению, в качестве аналога целесообразно использовать схемы электрических соединений с параллельными, последовательными и комбинированными соединениями. При этом используются известные формулы для расчета различно соединенных цепей:

– при последовательном соединении

$$W_c = \prod_{i=1}^n W_i; \quad (2)$$

– при параллельном соединении

$$W_c = \prod_{i=1}^n W_i = \prod_{i=1}^n (1 - Q_i); \quad (3)$$

– при комбинированном соединении

$$W_c = 1 - \prod_{j=1}^m \left( 1 - \prod_{i=1}^n W_i \right)_j, \quad (4)$$

где:  $n$  – число последовательно соединенных элементов;  $m$  – число параллельно соединенных элементов;  $W_c$  – вероятность безотказной работы системы;  $W_i$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента;  $Q_i$  – вероятность отказа элемента;  $\Pi$  – произведение.

Схему предписанных для исполнения функций мостового сооружения можно представить в виде надежностной схемы мостового сооружения, используя различного рода соединения. На рисунке 3 приведена надежностная схема мостового сооружения и ее электрический аналог.

Все составляющие функции безопасности в составе надежностной схемы мостового сооружения должны быть соединены последовательно, так как отказ любой из них приводит к отказу всей функции безопасности.

При создании надежностной схемы функций комфортности, возможно объединение элементов системы в параллельные соединения за счет присвоения каждому элементу свойства иметь затраты при появлении отказа. Это позволяет считать элементы мостового сооружения однофункциональными и способными образовывать параллельные соединения.

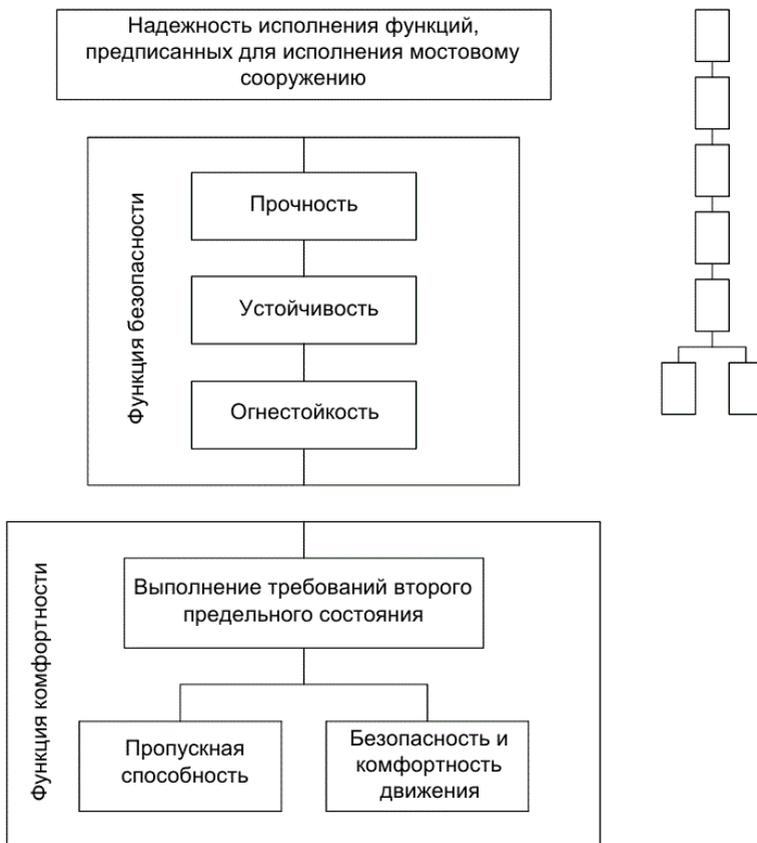


Рисунок 3 – Надежная схема мостового сооружения и ее электрический аналог

Группируя элементы в различных сочетаниях, возможно добиться такого сочетания, когда суммарные затраты на устранение всех отказов, объединенных в одну группу, окажутся максимально близко к директивным отчислениям.

Таким образом, для оценки надежности мостового сооружения необходимо создание его надежностной схемы, в которой теоретически и путем наблюдений обоснованы вероятности отказов каждого элемента и стоимость устранения каждого отказа.

### Заключение

Для оценки надежности исполнения функций, предписанных мостовому сооружению как технической строительной системы, в качестве аналога целесообразно использовать схемы электрических соединений с параллельными, последовательными и комбинированными соединениями. При этом используются известные формулы для расчета различно соединенных цепей:

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лычев, А.С. Надежность железобетонных конструкций: Учебное пособие / А.С. Лычев, В.П. Корякин. – Куйбышев, 1974. – 102 с.
2. Методы определения и контроля надежности больших систем / Под ред. А.А. Червоного. – М.: Энергия, 1976. – 264 с.
3. Тимашев, С.А. Надежность больших механических систем / С.А. Тимашев. – М.: Наука, 1982. – 184 с.

УДК 624.21

## **ПЕРЕХОД НА BIM-ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ AUTODESK REVIT 2013**

Петров М. П.

(Научный руководитель – Пастушков В. Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Статья посвящена особенностям революционно нового направления в проектировании – а именно BIM.

Наверняка многие слышали о таком термине как BIM-технологии, но всё же стоит ещё раз пояснить, что же это значит. BIM (Building Information Modeling) можно перевести как информационное моделирование здания или, если быть корректнее, создание модели сооружения с заложением в неё различного рода информации. В различных программных комплексах объём и разнообразие этой информации может варьироваться, поэтому