

Б. В. САВЧИНСКИЙ (ДИИТ)

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

У роботі запропоновані значення коефіцієнтів системності для розрахунку балкових прогонових будов мостів установа впливу системності на надійність конструкцій і відображення цього впливу в рекомендаціях до розрахунку прогонових будов як систем.

В работе предложены значения коэффициентов системности для расчета балочных пролетных строений мостов, установление влияния системности на надежность конструкций и отражение этого влияния в рекомендациях к расчету пролетных строений как систем.

The basic criteria of an estimation of reliability and durability of ferro-concrete road bridges are generalized. Recommendations for increase of reliability and durability of ferro-concrete road bridges are offered.

Теория надежности и долговечности железобетонных автодорожных мостов позволяет решать задачи определения надежности и остаточного ресурса пролетных строений в процессе эксплуатации.

Большой вклад в развитие теории надежности и долговечности строительных конструкций внесли учёные: Ржаницын А. Н., Иосилевский Л. И., Лантух-Лященко А. И.

Основные положения концепции надежности железобетонных мостов изложены в работах Болотина В. В., Иосилевского Л. И., Пирадова К. А. [1-3]. Как известно надежность является комплексным свойством, которое включает безотказность, долговечность и ремонтпригодность. Показатель надежности – количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность конструкции. К таким свойствам относятся показатели прочности при различных видах разрушения, устойчивости, прогибов, углов поворота, амплитуд колебаний, образование и раскрытие трещин в железобетоне, степень коррозии арматуры.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение срока эксплуатации.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания.

Однако теория надежности и долговечности строительных конструкций сложна в практической реализации и поэтому ещё многие годы будет предметом научных исследований и поисков.

Целью настоящей работы является установление влияния системности на надежность про-

лётных строений мостов и отражение этого влияния в рекомендациях к расчету пролётных строений как систем.

В работе предложены значения коэффициентов системности для расчета балочных пролётных строений железобетонных мостов, а также величины коэффициентов условий работы для проектирования равнонадёжных сооружений.

Новизна работы состоит в предлагаемой модификации вероятностной оценки надежности железобетонных балочных пролётных строений автодорожных мостов.

Практическая значимость работы состоит в том, что доказана необходимость учета фактора системности в расчетах пролётных строений мостов, а также созданы предпосылки для проектирования балочных пролётных строений мостов с заданным уровнем надежности.

Реализация результатов работы начата на Днепропетровском заводе мостовых железобетонных конструкций, где внедрена методика оценки однородности и качества бетона балок автодорожных пролётных строений.

Методы оценки надежности делятся на две группы: одни используют аппарат теории случайных величин, другие – теорию случайных процессов.

Метод теории случайных процессов позволяет более полно описать поведение пролётных строений во времени и оценить их безопасность. Однако, вычисления довольно громоздкие, имеется много численных ограничений в практических приложениях.

Метод теории случайных величин отличается простотой, достаточной точностью и широко разработан для стержневых систем.

Под характеристическими значениями случайных величин, ощутимо реализуемых, понимаются значения, которые определяются в доверительных границах 5...95%.

В оценках прочности и выносливости материалов конструкции пользуются кривой снизу – отсекающей 5 % статистических данных, в оценках нагрузок и воздействий – кривой сверху – 95 % статистических данных.

Для расчета отдельных сечений с заданным уровнем надежности можно использовать зависимость для коэффициента надежности по ответственности.

$$\gamma_n = \frac{\gamma \sqrt{\gamma_Q + \xi^2 \gamma_R} - \gamma_R \nu_R \xi - \gamma_Q \nu_Q}{1 + \gamma_Q \nu_Q};$$

$$\xi = \frac{1 + \gamma \sqrt{\nu_R^2 + \nu_Q^2 - (\gamma \nu_R \cdot \nu_Q)^2}}{1 - (\gamma \nu_R)^2};$$

$$\gamma = \Phi^{-1}(H);$$

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\xi}} \int_{-\infty}^{\gamma} \exp\left(-\frac{\gamma^2}{2}\right) d\gamma,$$

где  $\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности;

$\gamma$  – коэффициент безопасности, определяющий заданный уровень надежности;

$\gamma_R$  – коэффициент безопасности по прочности;

$\gamma_Q$  – коэффициент безопасности по нагрузженности;

$\xi$  – запас прочности для требуемого уровня надежности;

$\nu_R$  – коэффициент вариации прочности;

$\nu_Q$  – коэффициент вариации нагруженности;

$H$  – безотказность;

$\Phi(\gamma)$  – интеграл Гаусса;

$\Phi^{-1}$  – преобразование, обратное интегралу Гаусса.

Коэффициент безопасности определяет заданный уровень надежности, значение коэффициента безопасности находится в интервале 1,27...4,0. В строительстве и эксплуатации сооружений нельзя допускать даже малой вероятности (более 0,001) достижения внезапных отказов с мгновенной реализацией предельного состояния несущей способности. Такой результат достигается назначением при проектирова-

нии коэффициентов безопасности.

При высоких значениях коэффициентов безопасности  $\gamma > 3$  прямые вероятностные оценки отказов теряют практический смысл вследствие заданной точности вероятностных оценок на «хвостах» статистических распределений. Следует поощрять строителей улучшать качество изготавливаемого железобетона.

Характеристическое значение прочности (т.е. прочности с 95 % обеспеченностью) можно корректировать в зависимости от достигнутого на заводе коэффициента вариации  $v$ .

$$B = \bar{R}_0(1 - 1,64v),$$

где  $v = \bar{R}_0 / \bar{R}_b$  – коэффициент вариации;

$\bar{R}_0$  – среднеквадратичное отклонение (стандарт. распределение);

$\bar{R}_b$  – средняя величина прочности бетона (марка бетона).

Безотказность можно определить по формуле

$$H_s = 1 - V_s = \prod_{i=1}^n (1 + V_i),$$

где  $V_s$  – вероятность отказа балки,  $V_i$  – вероятность отказа сегмента.

Количественная оценка уровня надежности дается с использованием понятия «степени безопасности», которая выражается коэффициентом безопасности, т. е. количеством стандартных отклонений, откладываемых в большую (для нагрузок и воздействий) или меньшую (для прочности) сторону от математического ожидания силовых или прочностных параметров.

Задачи теории надежности в строительстве:

1. Распространение выводов теории надежности на малосерийные и уникальные сооружения (например, мосты).

2. Установление нормативных (оптимальных) значений надежности.

3. Связь теории надежности с действующими детерминированными нормами проектирования строительных конструкций массового изготовления.

Анализ материалов обследования автодорожных пролетных строений, выполненных ОНИЛ искусственных сооружений за последние 10 лет показывает, что значительная часть мостовых конструкций имеет дефекты, которые отражаются на снижении долговечности. Дефекты в обследованных железобетонных пролетных строениях связаны с низким качеством

материалов, изготовления и эксплуатации. Это, прежде всего, дефекты балок железобетонных автодорожных пролетных строений (трещины, сколы защитного слоя, коррозия рабочей арматуры), дефекты элементов комплекса проезжей части (разрушение деформационных швов, нарушение гидроизоляции, дефекты ограждающих устройств), дефекты конусов и регулиционных сооружений (размывы конусов, подмывы опор).

Относительная дефектность бетона составляет – 28,5 %, арматуры – 19,8 %, трещиноватость – 8,13 %. Основным видом дефектности железобетонных пролетных строений является малая толщина защитного слоя.

Для обеспечения долговечности конструкций следует, прежде всего, повысить уровень их эксплуатационного содержания. Первостепенное значение имеет освоение современных технологий по выполнению бетонных ремонтных работ, внедрение новых технологий по усилению железобетонных пролетных строений и опор на основе композиционных материалов, разработка новых проектных решений по обеспечению надежной водонепроницаемости проезжей части и сохранению деформационных швов, работы по исследованию фактической долговечности элементов мостового полотна как по физическому износу так и по моральному старению.

Практическая реализация данной методики довольно сложна и требует дальнейших научных подходов в определении равной надежности всех элементов моста в зависимости от сроков физического и морального их износа с целью обеспечения максимальной экономичности мостовых конструкций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность - М.: Стройиздат, 1978. - 239 с.
2. Иосилевский Л. И. Практические методы управления надежности железобетонных мостов. - М.: Науч-изд. центр «Инженер», 2005. – 324 с.
3. Болотин В. В. Методы теории вероятности и теории надежности в расчетах сооружений - М.: Стройиздат, 1982. - 351 с.
4. Мости та труби. Оцінка технічного стану мостів, які експлуатуються. ВБН В. 3.1 -218-174-2002. - К.: Державна служба автомобільних доріг України, 2002. 74 с.
5. Лантух-Ляшенко А. І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. // Вісник Транспортної Академії України, № 3. – К., 1999. - С.59-63.

Поступила в редакцию 11.11.2007.