

трудоемкость проектирования, снизить материалоемкость, повысить надежность и безопасность мостовых конструкций.

Литература

1. Мосты и трубы: СНиП 2.05.03-84*. – М.: ЦИТП, 1985. – 200 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Минск : Стройтехнорм, 2002. – 274 с.
3. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования: СНиП 2.03.01-84*. – М.: ЦИТП, 1985. – 79 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: СП 52-101-03. – М.: ГУП «НИИЖБ», 2003.
5. Предварительно напряженные железобетонные конструкции: СП 52-102-04 – М.: ГУП «НИИЖБ», 2004.
6. Железобетонные сборно-монолитные конструкции. Правила проектирования: ТКП 45-5.03-97-2009. – Минск : Стройтехнорм, 2009. – 85 с.

УДК 624.21.04

О ПРИМЕНЕНИИ ЕВРОКОДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Пастушков Г.П.¹, д-р техн. наук, профессор,
Пастушков В.Г.², канд. техн. наук, доцент,
Вайтович О.М.³, канд. техн. наук

^{1,2}*Белорусский национальный технический университет*

³*Филиал «Институт дорожных исследований»
Республиканского унитарного предприятия «Белорусский
дорожный инженерно-технический центр»*

(г. Минск, Республика Беларусь)

Как отмечается в Решении Третьего республиканского совещания дорожников Беларуси по теме «Мосты Беларуси в XXI веке. Состояние. Проблемы надежности, повышение долговечности», по таким основным эксплуатационным характеристикам сооружений, как грузоподъемность, габарит и допустимая скорость движения,

ряд мостовых сооружений нашей страны в настоящее время уже не соответствует международным нормативным требованиям.

Правительство Беларуси приняло принципиальное решение о гармонизации белорусских норм и Европейских строительных норм в практике строительства, в том числе дорожно-мостового.

В первую очередь, это касается дорожно-мостового строительства в направлении транспортных коридоров. По территории Беларуси проходят два трансъевропейских транспортных коридора:

Критский коридор II (протяженность 610 км) – автомобильная дорога М1/Е30 Брест (Козловичи) – Минск – граница Российской Федерации (Редьки), км 0-км 610;

Критский коридор IX (протяженность 925 км) – автомобильные дороги М8, М-5, М-6, М-7 и Кольцевая дорога вокруг г. Минска М-9 (км 9,6 – км 34,6).

Транспортный коридор II имеет продолжение на запад в направлении Варшава-Берлин; на восток до Москвы, на Нижний Новгород и далее на восток Российской Федерации.

Транспортный коридор IX имеет продолжение от границы с РФ на Псков – Санкт-Петербург, Хельсинки – Стокгольм; от границы Республики Беларусь с Украиной – на Киев, Одессу, порт Ильичевск; до границы Молдовы, Дубоссары – Кишинев, Унгень – граница с Румынией.

Эти коридоры должны обеспечивать комфортное движение всех современных видов транспорта без ограничений скорости и грузоподъемности, со всеми необходимыми элементами сервиса и инфраструктуры в соответствии с международными стандартами.

Предусматривается два варианта решения проблемы:

- реконструкция и модернизация существующих автомобильных дорог с доведением их параметров до международных требований;

- строительство дорог и инженерных сооружений нового поколения с полным комплексом инфраструктуры в соответствии с международными стандартами.

Все сооружения на автомагистралях транспортных коридоров должны отвечать требованиям норм, принятым в Европе и в Республике Беларусь.

Метод расчета строительных конструкций по предельным состояниям был разработан в СССР к 1955 г.

Большое значение для разработки этого метода расчета имели предложения Н.С. Стрелецкого по выбору системы и обоснованию значений расчетных коэффициентов, а также работы других советских ученых – А.А. Гвоздева, В.М. Келдыша, И.И. Гольденבלата, А.Р. Ржаницына и др.

Его включили в нормы проектирования (Н и ТУ 123-55, СН 10-57 и др.), а во второй половине XX века он был внесен в нормативные документы ведущих стран мира, в том числе и в Еврокоды.

В соответствии с требованиями действующего СНиП 2.05.03-84*[1] расчет мостовой несущей конструкции производят полувероятностным методом. Однако он достаточно достоверен и соответствует принципам теории надежности строительных конструкций, так как в нем статистически обоснованно используется система частных коэффициентов. Изменчивость свойств материалов и нагрузок учитывают путем применения частных коэффициентов безопасности, что позволяет значительно упростить процесс проектирования.

Жизнь показала, что большая часть реализуемых по таким нормам несущих конструкций оказалась сравнительно надежной и пригодной к эксплуатации.

Однако действующий в настоящее время СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы» не отражает достижений науки и современных тенденций в области проектирования мостовых конструкций. За последние годы возросли весовые параметры транспортных средств, прочностные характеристики бетона, промышленность освоила выпуск новых эффективных видов сталей.

Выход на европейский рынок со строительной продукцией и проектными работами сдерживался из-за различных подходов, символов и определений, заложенных в Еврокодах и нормах, действующих в Республике Беларусь.

В 2002 году введены в действие строительные нормы проектирования Республики Беларусь СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции» [2], введенные взамен СНиП 2.03.01-84* [3], которые в основном гармонизированы с Еврокод-2 (Eurocode-2) [4] по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.

В настоящее время совершенно очевидна необходимость гармонизации между нормативными документами СНиП 2.05.03-84*[1] и СНБ 5.03.01-02 [2] в пределах Республики Беларусь, а также с зарубежными нормами (в первую очередь европейскими) в части

буквенных обозначений, выработки единых подходов к нормированию характеристик свойств материалов, назначению коэффициентов надежности.

Разработка единых европейских норм направлена на обеспечение возможностей свободного перемещения между государствами продукции, материалов, технологий, услуг и научной мысли в области строительства.

ГП «БелдорНИИ» совместно с кафедрой «Мосты и тоннели» БНТУ разработали технические кодексы установившейся практики (ТКП) и национальные приложения к ним по проектированию мостовых сооружений, идентичных нормам проектирования Евросоюза: ТКП ЕН 1991-2, ТКП ЕН 1992-2: ТКП ЕН 1993-2 и ТКП ЕН 1994-2.

СТБ ISO 2394-2007 [7] содержит принципы и требования по несущей способности, пригодности к использованию и долговечности несущих конструкций. Они основываются на концепции определения соответствия предельным состояниям с частными коэффициентами надежности.

Для каждого предельного состояния должно выполняться неравенство

$$E < R, \quad (1)$$

где E – расчетное значение усилия (или напряжения), вызванного внешним воздействием;

R – расчетное значение предельного усилия (или сопротивления), воспринимаемого конструкцией в критическом сечении.

Современные методы расчета на надежность, разработанные В.В. Болотиным, А.Р. Ржаницыным и др., дают возможность внедрять их в практику проектирования мостовых несущих конструкций.

Главная задача заключается в том, чтобы оценить уровень надежности принимаемого решения, а также – степень экономического или социального риска при достижении конструкцией отказов или предельных состояний.

Согласно концепции надежности строительных конструкций, сформулированной в международных нормах ISO 2394, EN 1990, введенных в действие на территории Республики Беларусь, проектирование строительных конструкций следует выполнять, опираясь на нормируемые показатели надежности, выраженные в значениях допустимых вероятностей отказа p_f или индексов надежности β .

Вероятность отказа p_f может быть выражена формулой предельного состояния $g = R - E$ таким образом, что при $g > 0$ наступает безотказная работа, а при $g \leq 0$ – отказ:

$$p_f = \text{Prob}(g \leq 0). \quad (2)$$

Когда R является сопротивлением, а E — влиянием воздействий, тогда функция предельного состояния

$$g = R - E, \quad (3)$$

при R , E и g в качестве случайных переменных.

При нормальном распределении g индекс надежности β определяется по формуле

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g},$$

где μ_g — среднее значение g ;

σ_g — стандартное отклонение от g .

При других распределениях, отличных от нормального, β можно рассматривать как обычный показатель надежности $P_S = (1 - P_f)$.

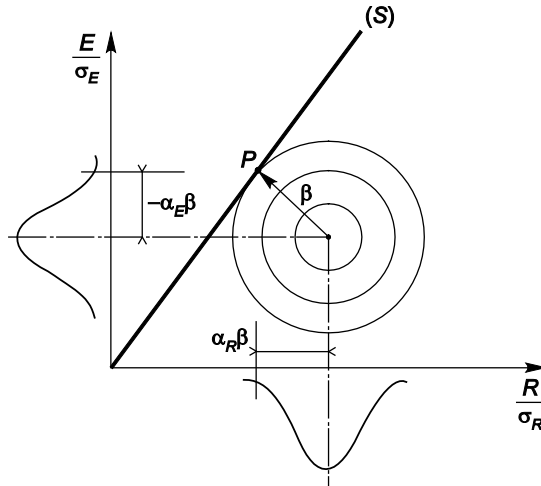


Рис. 1. Точка расчета и индекс надежности β по методу надежности 1 порядка (FORM) для нормально распределенных некоррелированных переменных [7]

(S) — функция предельного состояния $g = R - E = 0$;
 P — точка расчета

Применение предлагаемого подхода в практике проектирования, безусловно, потребует определенной перестройки мышления инженера на основе вероятностных оценок условий работы несущей строительной конструкции.

При этом важно отметить, что в процессе проектирования и строительства инженер неизбежно берет на себя ответственность, принимая решение в условиях неполной информации. Следует также иметь в виду, что по мере развития теории надежности усложняется расчетный аппарат.

Условие надежности в вероятностной форме связывает обе ранее независимые части неравенства (1) в единую систему, основной характеристикой которой является уровень надежности элемента $P(t)$.

Вероятность надежной работы проектируемой конструкции в течение установленного срока службы $P(t)$ остается объективной мерой надежности. Эта вероятность может быть использована для сопоставления с нормативной вероятностью P_n :

$$P(t) > P_n . \quad (4)$$

Во всех вероятностных расчетах требуется знать в явном или скрытом виде минимально допустимое нормативное значение показателя надежности конструкций. Для мостовых конструкций повышаются требования к обеспечению безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности конструкций, так как возникновение предельного состояния может стать причиной не только экономического, но и социального ущерба.

При нормировании показателей надежности конструкций должна быть учтена вероятность работоспособности конструкций эксплуатируемых сооружений.

В Республике Беларусь для определения состояния несущих конструкций мостовых сооружений используются следующие значения вероятности безотказной работы по предельным состояниям первой группы и технического состояния несущих конструкций мостовых сооружений:

$P\{g > 0\} > 0,9987$: – состояние отличное;

$0,99 < P\{g > 0\} \leq 0,9987$; – состояние хорошее, возможен ремонт через 10–15 лет;

$0,95 < P\{g > 0\} \leq 0,99$ – состояние удовлетворительное, ремонт в ближайшие 5–7 лет;

$0,85 < P\{g > 0\} \leq 0,95$ – состояние неудовлетворительное, ремонт в ближайшие два года;

$P\{g > 0\} \leq 0,85$ – состояние критическое, необходим срочный ремонт.

На первом этапе внедрения расчета надежности мостовых конструкций рекомендуется использовать статистические параметры, принятые в СНиП 2.05.03-84* [1] или полученные в результате анализа накопленной статистической информации.

В большинстве случаев нормальные законы распределения достаточно надежно отражают статистическую природу нагрузок, воздействий и прочности материалов.

Параметры статистических распределений $E(t)$ и $R(t)$ постоянно накапливаются и систематизируются в ходе обследований мостовых сооружений.

Литература

1. Мосты и трубы: СНиП 2.05.03-84*. - М.: ЦИТП, 1985. - 200 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Минск : Стройтехнорм, 2002. – 274 с.
3. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования: СНиП 2.03.01-84*. – М.: ЦИТП, 1985. – 79 с.
4. ENV 1992-1 EUROCODE 2: Design of Concrete Structures. Part I: General Rules and Rules for Building. – Brussels. – 2001– 67 p.
5. ENV 1990-2001. EUROCODE : Basis structural Design . – Brussels. – 2001 – 67 p.
6. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету: ГОСТ 27751-88. – Введ. 01.07.1988. – Москва : Госстандарт СССР : ЦНИИСК им. Кучеренко, 1988. – 9 с.
7. Надежность строительных конструкций. Общие принципы: СТБ ISO 2394-2007. - Введ. 01.07.2008. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2007. – 69 с.