

Г.П. Пастушков, В.Г. Пастушков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

О ПЕРЕХОДЕ НА ЕВРОПЕЙСКИЕ НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Республика Беларусь расположена на пересечении транзитных трансъевропейских магистралей, и весьма важно, чтобы наши транспортные сооружения соответствовали не только требованиям отечественных нормативных документов, но также нормам различных стран, в первую очередь наших соседей – ЕС и Российской Федерации. В Республике Беларусь с 01.01.2010 г. введены в действие технические кодексы установившейся практики (ТКП) и национальные приложения к ним по проектированию мостовых сооружений.

Ключевые слова: еврокод, метод расчёта, нормативные документы.

Единый метод расчета строительных конструкций по предельным состояниям был создан в СССР и применяется с 1955 г. В дальнейшем он был принят многими странами мира в качестве основного метода расчета строительных конструкций.

Действующий до настоящего времени в Республике Беларусь нормативный документ СНиП 2.05.03–84* «Мосты и трубы» [1] 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.

Назрела необходимость гармонизации национального нормативного документа СНиП 2.05.03–84* 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 по проектированию строительных конструкций – *Еврокодов (Eurocodes)*, которые базируются на методе расчета по предельным состояниям, направлена на обеспечение

возможностей свободного перемещения между государствами продукции, материалов, технологий, услуг и научной мысли в области строительства.

СТБ ISO EN 1990–2007 [2] содержит принципы и требования по несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности несущих конструкций.

Программа Строительных Еврокодов включает следующие стандарты, обычно состоящие из ряда частей:

| | | |
|---------|------------|---|
| EN 1990 | Еврокод: | Основы строительного расчета |
| EN 1991 | Еврокод 1: | Воздействия на конструкции |
| EN 1992 | Еврокод 2: | Расчет железобетонных конструкций |
| EN 1993 | Еврокод 3: | Расчет стальных конструкций |
| EN 1994 | Еврокод 4: | Расчет композитных железобетонных конструкций |
| EN 1995 | Еврокод 5: | Расчет конструкций из древесины |
| EN 1996 | Еврокод 6: | Расчет каменных конструкций |
| EN 1997 | Еврокод 7: | Инженерно-геологический расчет |
| EN 1998 | Еврокод 8: | Расчет сейсмостойчивых конструкций |
| EN 1999 | Еврокод 9: | Расчет алюминиевых конструкций |

Национальный Стандарт, реализующий Еврокоды, включает полный текст Еврокода в том виде, как это издано CEN, которому предшествует Национальный титульный лист и Национальное предисловие и который сопровождается Национальным Приложением.

Национальное Приложение содержит информацию только о тех параметрах, которые были оставлены неопределенными в Еврокоде, они подлежат национальному выбору и предназначены для использования при проектировании мостовых сооружений, которые будут построены в Республике Беларусь.

ГП «БелдорНИИ» совместно с Белорусским национальным техническим университетом подготовлены и Министерством строительства и архитектуры Республики Беларусь введены в действие с 01.01.2010 г. технические кодексы установившейся практики (ТКП) и национальные приложения к ним по проектированию мостовых сооружений, идентичные нормам проектирования Евросоюза: ТКП EN 1991-2 [3], ТКП EN 1992-2 [4], ТКП EN 1993-2 [5], ТКП EN 1994-2 [6].

Предлагаемые документы содержат последние достижения науки в области теории расчета и сохраняют все лучшее и передовое из СНиП 2.05.03–84*.

Требуемый уровень несущей способности или эксплуатационной пригодности в методе предельных состояний может быть достигнут применением в расчете частных коэффициентов безопасности.

Для каждого предельного состояния должно выполняться неравенство (рисунок)

$$E \leq R,$$

где E – расчетное значение усилия (или напряжения), вызванного внешним воздействием; R – расчетное значение предельного усилия (или сопротивления), воспринимаемого конструкцией в критическом сечении.

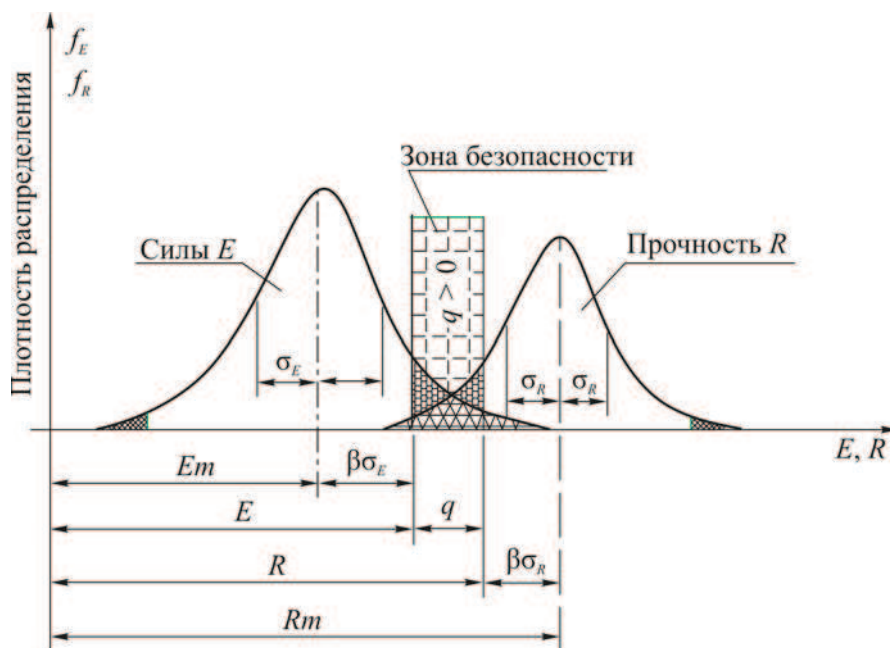


Рис. Плотности распределения E и R

Технико-экономическое обоснование принятых в новых ТКП EN решений:

- первая предпосылка – это необходимость гармонизации разработанных ТКП EN с нормами Российской Федерации и Европейскими нормами с сохранением правил проектирования, содержащихся в СНиП 2.05.03–84*, не противоречащих требованиям Еврокодов;

- вторая предпосылка – необходимость обеспечения более высокой степени надежности и долговечности мостовых конструкций;

– третьей предпосылкой является накопление новых экспериментально-теоретических данных в области проектирования мостовых конструкций. Это применение высокопрочных бетонов, переход на новые профили арматуры, дополнительные данные о работе материалов под нагрузкой, широкая компьютеризация инженерных расчетов при решении нелинейных задач.

Международная экономическая интеграция выдвигает в число важнейших в первую очередь проблему межгосударственной унификации нормативных требований к нагрузкам на мосты и трубы.

В проектных расчетах используются некоторые модельные представления описания поведения нагрузок на конструкции мостов от воздействия транспортного потока, однако в большинстве стран используются различные модели подвижных нагрузок.

ТКП EN 1991-2 определяет модели нагрузок от транспортных средств при расчете автодорожных, пешеходных и железнодорожных мостов.

Для автодорожных мостов ТКП EN 1991-2 предусматривает четыре модели LM:

- Load Model № 1 (главная модель) – сосредоточенные (TS – tandem system) и распределенные нагрузки (UDL – uniformly distributed load);
- Load Model № 2 – одиночная осевая нагрузка;
- Load Model № 3 – специальная колесная нагрузка (промышленный транспорт, военные нагрузки и т.п.);
- Load Model № 4 – нагрузка от толпы: 5 кПа.

Основная модель нагрузки LM1 предназначена в первую очередь для непосредственного применения при расчете новых мостов на автомобильных дорогах трансъевропейских транспортных коридоров.

В настоящее время 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).

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 нагрузок LM.

На остальных дорогах Республики Беларусь применение модели LM1 возможно с введением понижающих коэффициентов после сопоставления с белорусской моделью АК.

Для расчета прочности и устойчивости элементов моста применяется основная грузовая модель 1 (LM1), при которой сосредоточенные и равномерно распределенные по площади нагрузки имитируют воздействия на сооружение грузовых и легковых автомашин. Нормативные значения нагрузок по LM1 приведены в табл. 1. Эта модель предназначена для общих и местных проверок.

ТКП EN 1991-2 вместе с Еврокодами (Стандарты EN от 1990 до 1999 г.) предназначается для непосредственного применения при расчете новых мостов на автомобильных дорогах Европейских транспортных коридоров на территории Республики Беларусь. Основные положения для комбинации нагрузок от транспортных средств с нагрузками других типов даны в Стандарте EN 1990, раздел A2.

Таблица 1

Нормативные значения Q_{iK} и q_{iK}

| Установка нагрузки | Нагрузка на ось тандема Q_{iK} , кН | Распределенная нагрузка по площади q_{iK} , кПа |
|--------------------|--|--|
| Полоса 1 | 300 | 9 |
| Полоса 2 | 200 | 2,5 |
| Полоса 3 | 100 | 2,5 |
| Прочие полосы | 0 | 2,5 |
| Оставшиеся площади | 0 | 2,5 |

Дополнительные правила могут быть определены для индивидуальных проектов:

- когда нужно рассматривать такие нагрузки от транспортных средств, которые не определены в этой части Еврокода 1 (например, местные нагрузки, военные нагрузки, нагрузки от трамвайной линии);

- для мостов, предназначенных как для автомобильного, так и для железнодорожного сообщения;
- для воздействий, которые следует рассматривать в аварийных расчетных ситуациях.

Анализ показывает, что технико-эксплуатационные характеристики белорусских автомобилей типа МАЗ 64229 с полуприцепом, МАЗ 9506, МЗКТ 65158-420 и других позволяют перевозить грузы с осевыми нагрузками, близкими к нагрузкам, принятым в Еврокоде 1.

Необходимо провести оценку воздействия нагрузок на пролетные строения от нормативных моделей Еврокода 1 и сравнение их с моделями нагрузок действующих в Республике Беларусь норм. В ближайшие пять лет на переходном этапе следует рассмотреть возможность отказа от модели автомобильной нагрузки А14 с переходом на модель LM1 с обоснованным учетом пониженных коэффициентов α_i к нагрузкам для различных категорий дорог Республики Беларусь.

Хорошо известно, что усилия в элементах пролетного строения при применении новой главной модели LM 1 по Еврокоду 1 существенно превышают (до 30–40 %) усилия от нормативных нагрузок А11 и А14 по СНиП 2.05.03–84*.

Поэтому в ТКП EN 1991-2 предусмотрены также модели нагрузок АК для других категорий дорог, за исключением транспортных коридоров.

Применение нагрузок по моделям LM1 и А-14 носит временный характер.

Необходимо провести оценку воздействия нагрузок на пролетные строения от нормативных моделей Еврокода 1 и сравнение их с моделью нагрузки А14. В ближайшие пять лет на переходном этапе следует рассмотреть возможность отказа от модели автомобильной нагрузки А14 с переходом на модель LM1 с обоснованным учетом пониженных коэффициентов α_i к нагрузкам для различных категорий дорог Республики Беларусь.

Пониженные коэффициенты α_i не должны вводиться для трансъевропейских транспортных коридоров.

В соответствии с национальными приложениями к ТКП EN 1991-2 требуется проведение расчетов мостовых сооружений и сопоставление полученных данных в соответствии с нагрузками, принятыми в Европе и Республике Беларусь.

В табл. 2 приведено рекомендуемое деление категорий дорог, принятых в Республике Беларусь, и их привязка к классам нагрузок для мостовых сооружений по Еврокоду.

Таблица 2

Категории дорог и классы нагрузки

| Категории дорог, принятые в Республике Беларусь | Принятые классы нагрузки | Обязательный расчет на нагрузку по модели | Проверка на нагрузку по модели |
|---|--------------------------|---|--------------------------------|
| I а, I б | 1 класс | LM 1 | A14, НК112 |
| I, II, III | 2 класс | A14, НК112 | LM 1 |
| IV, V | 3 класс | A11, НК80 | LM 1 |

В первом приближении для различных классов нагрузок коэффициенты α_{Qi} и α_{qi} для главной модели LM 1 предложены в соответствии со значениями, приведенными в табл. 3.

Применение коэффициентов α_{Q1} менее 0,8 для 3-го класса нагрузки рекомендуется на дорогах низких категорий, однако в этом случае движение по данным мостам должно быть ограничено знаками.

Увеличение материалоемкости моста от повышения нагрузок установить сложно, так как эта функция зависит от материала, типов пролетных строений, значений пролетов, габаритов проезда и ряда других конструктивных факторов. Поэтому на переходном этапе требуется проведение большого количества сравнительных расчетов и уточнение понижающих коэффициентов, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Рекомендуемые значения коэффициентов α_{Qi} и α_{qi}

| Класс нагрузки | α_{Q1} | α_{Qi} $i \geq 2$ | α_{q1} | α_{qi} $i \geq 2$ | α_{qi} |
|----------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Класс 1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Класс 2 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| Класс 3 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 |

Повышение уровня подвижных нагрузок вызывает увеличение материальных расходов на сооружение, но в то же время приводит к увеличению долговечности мостового сооружения.

В связи с существенным повышением временных подвижных нагрузок на эксплуатируемые мостовые сооружения необходимо строгое определение их грузоподъемности с учетом фактора времени.

Особое внимание следует обращать на пропуск сверхнормативных нагрузок по эксплуатируемым мостовым сооружениям.

Для обеспечения пропуска таких нагрузок по мостовым сооружениям требуется, чтобы их пространственные расчеты, в которых расчетная схема принимается без искажения реальной конструкции, были предельно строгими. Пространственные расчеты мостовых сооружений с применением метода конечных элементов позволяют более глубоко проводить научные исследования, полнее учитывать в расчетах физические свойства материалов, взаимодействие элементов, условия работы и характер деформирования элементов и, в ряде случаев, позволяют отказаться от усиления мостового сооружения.

В ТКП 45-5.03-97–2009 [7] включены современные компьютерные методики расчета составных сечений мостовых конструкций с учетом диаграмм деформирования материалов.

Деформационная модель широко используется для решения двумерной задачи для поперечного сечения железобетонных, сталежелезобетонных, стальных, сборно-монолитных, композитных и других конструкций.

Из имеющихся в настоящее время компьютерных программ, реализующих деформационную модель, следует отметить:

- БЕТА (www.psu.by);
- XTRACT (www.imbsen.com);
- ЕТАР-D (dortransproekt.pilorama.ru);
- FPLASTIC (helpstud.narod.ru);
- SOFiSTiK (sofistik.de).

Использование деформационной модели в расчетах поперечных сечений стержневых конструкций позволяет сократить сроки и трудоемкость проектирования, снизить материалоемкость, повысить надежность и безопасность мостовых конструкций.

Гармонизация нормативных документов будет способствовать повышению качества строительства, расширению возможностей проектных и строительных организаций по созданию мостовых сооружений с уровнем надежности, который гарантирует безопасную их эксплуатацию в течение проектного срока службы.

В заключение сделаем следующие выводы:

1. Отказ от нагрузки АК с переходом на модель нагрузки LM 1 на автомобильных дорогах на всей территории Республики Беларусь возможен только после проведения большого количества сравнительных

расчетов мостовых сооружений различных конструктивных решений с обоснованным уточнением понижающих коэффициентов для параметров нагрузки LM 1 для различных категорий автомобильных дорог.

2. Расчетная деформационная модель поперечных сечений стержневых строительных конструкций применима для сечений произвольной формы из любых материалов и базируется на использовании трансформированных диаграмм деформирования материалов.

Список литературы

1. СНиП 2.05.03–84*. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1985. – 200 с.

2. Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций: СТБ EN 1990–2007. Введ. 01.01.2008. – Минск: Госстандарт, 2008.

3. Еврокод 1. Воздействие на конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты: ТКП EN 1991-2–2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Минск: МАиС, 2010.

4. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 2. Железобетонные мосты. Правила проектирования и расчета: ТКП EN 1992-2–2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Минск: МАиС, 2010.

5. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 2. Стальные мосты: ТКП EN 1993-2–2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Минск: МАиС, 2010. – 106 с.

6. Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 2. Основные принципы и правила для мостов: ТКП EN 1994-2–2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Минск: МАиС, 2010. – 84 с.

7. Железобетонные сборно-монолитные конструкции. Правила проектирования: ТКП 45-5.03-97–2009 (02250). Введ. 01.01.2010. – Минск: МАиС, 2009. – 85 с.

Получено 15.09.2011