

АДАПТАЦИЯ МОСТОВЫХ НОРМ УКРАИНЫ К ЕВРОКОДАМ

Когда мы говорим о единых нормах проектирования, то полагаем, что мосты, построенные в разных странах, не будут отличаться друг от друга ни по способности нести нагрузку, ни по уровню надежности. Для Украины, в первую очередь, было важно сближение ряда основополагающих параметров, таких как индексы и коэффициенты надежности, величины нагрузок. Эта работа на сегодняшний день выполнена.

Сравнение же предельных состояний показывает, что в этой части еврокоды и ДБН (Державні будівельні норми) нуждаются в единстве позиций, особенно это касается стальных и сталежелезобетонных конструкций.

Историческая справка

В СССР на смену отдельным разрозненным нормам в 1962 году были приняты нормы проектирования железобетонных, стальных, сталежеле-

Сегодня мировой рынок диктует Украине скорейший переход к единым европейским нормам проектирования — по ее территории проходит четыре панъевропейских коридора. Сложный и трудоемкий процесс внедрения еврокодов начался здесь еще в 2007 году. Недавно на государственном уровне было озвучено, что уже с 1 июля текущего года в стране параллельно с отечественной будет действовать и европейская модель нормативной базы — сначала частично, а в следующем году — в полном объеме. Так что у представителей украинской школы мостостроения, гремевшей еще во времена Советского Союза, есть все основания надеяться на широкие перспективы завтрашнего дня.

зобетонных, каменных, деревянных мостов и фундаментов в едином документе СН 200-62.

Для стальных конструкций применялся метод расчета по допускаемым напряжениям. Их значения вычисляются делением номинальных напряжений, полученных при испытаниях материала, на коэффициент запаса, а затем сопоставляют с дей-

ствующими напряжениями, определенными при упругом расчете.

В 1984 году был издан СНиП 2.05.03-84, в котором при расчетах всех конструкций применялся метод предельных состояний. Украина, как и многие бывшие республики Советского Союза, вплоть до 2009 года, пользовалась этими нормами. Но за столь длительный период они во многом

устарели, несмотря на то что были разработаны очень качественно.

В 2004 году был принят Закон Украины №1629-IV «Об общегосударственной программе адаптации законодательства Украины к законодательству Европейского союза». В том же году вышли в свет ДБН В.2.3-14:2004 «Мосты и трубы. Правила проектирования», в основном повторявшие старый СНиП.

Затем решили разработать отдельные главы ДБН, в которых следовало максимально принять информацию еврокодов, не противоречащую основным положениям СНиП. Адаптированные к евростандартам ДБН должны действовать с ними на равных на протяжении переходного периода, до окончательного введения в Украине еврокодов. После этого нормы Украины определяют три документа:

1. Правила использования еврокодов.

2. Тексты еврокодов на украинском, русском и английском языках.

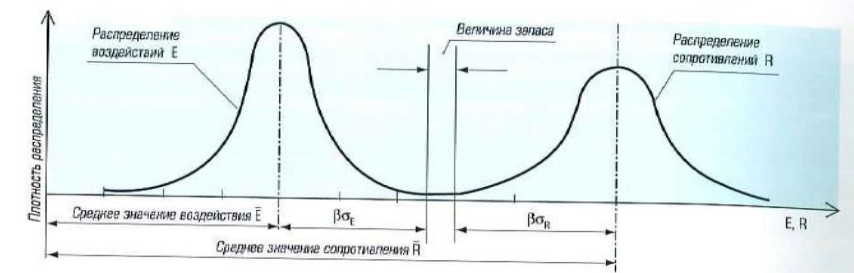
3. Национальные приложения. В 2009 году были изданы ДБН В.2.3-22-2009 «Мосты и трубы. Основные требования проектирования» и ДБН В.1.2-15-2009 «Мосты и трубы. Нагрузки и воздействия». Эти главы позволили инженерам в дальнейшем легко принять EN 1900 и EN 1991. В 2010-м вышла глава норм ДБН В.2.3-26:2010 «Мосты и трубы. Стальные конструкции», благодаря чему удалось сближить ряд понятий EN 1993 и СНиП. Но, очевидно, здесь не обойтись без пособий по проектированию.

EN 1992 «Железобетонные конструкции» может быть легко принят украинскими инженерами без выхода промежуточного ДБН или пособий, тогда как нормы EN 1994 «Сталежелезобетонные конструкции» нуждаются в дополнительных толкованиях, как, впрочем, и остальные еврокоды.

Расчет по предельным состояниям

Метод расчета по предельным состояниям не является новым для украинских специалистов. В ДБН В.2.3-22-2009 «Мосты и трубы. Основные требования проектирования» нужно было только уточнить индекс надежности β .

Зависимость между индексом надежности и вероятностью отказа описывается выражением:



Функции плотностей вероятности распределений

Зависимость между индексом надежности и вероятностью отказа

Индексы надежности	1,5	1,64	2,5	3,0	3,8
Вероятность отказа	0,0668	0,0505	0,00621	0,0014	0,00007
Надежность U_i	0,9332	0,9495	0,99379	0,9987	0,99993

Уровни надежности для стальных мостов

Вид расчетов	Индексы надежности	Вероятность безотказной работы U_i
На устойчивость положения	4,0	0,9997
На прочность (по M, N, Q)	3,0	0,998
На устойчивость формы	3,0	0,998
Стыки на ВПБ	2,0	0,98
На выносливость	2,0	0,98
По деформациям	1,64	0,95

Коэффициенты надежности по постоянным нагрузкам

Конструкции моста	Россия	Украина	EN	USA
Основные конструкции	1,1	1,25	1,35	1,25
Стальные (с учетом покрытия)	1,22	1,48	1,35	1,33
Железобетонные (с учетом покрытия)	1,16	1,36	1,35	1,29

Примечание: в ДБН В.1.2-15-2009 коэффициент надежности по постоянным нагрузкам увеличен с 1,1 до 1,25; для покрытия проезда $\gamma = 2$.

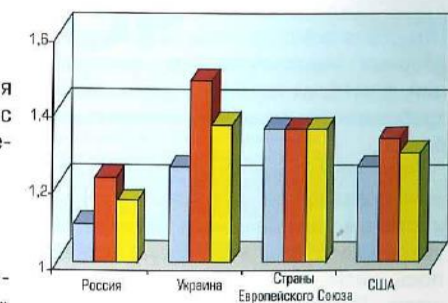
$$P_f = \Phi(-\beta),$$

где P_f — вероятность наступления предельного состояния; β — индекс надежности; Φ — функция распределения для нормального закона.

Адаптация нагрузок

Целью ДБН В.1.2-15-2009 «Мосты и трубы. Нагрузки и воздействия» было приблизить уровень нагрузок и коэффициентов надежности к еврокодам. При этом нормативные временные нагрузки возросли на 15–20%, а расчетные — до 30%. Было понятно, что это увеличение приведет к повышению объемов материалов, необходимых для строительства мостов.

Нормативные, или характеристические, в терминологии еврокодов, нагрузки используются для расчетов



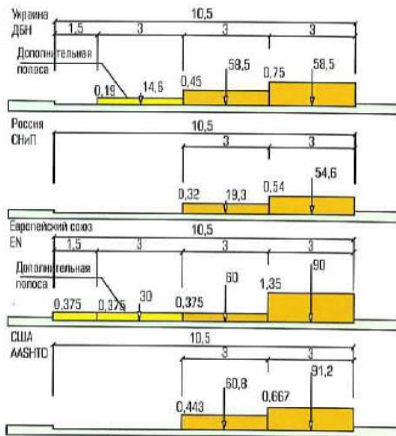
Сравнение коэффициентов надежности по постоянным нагрузкам в зависимости от нормативных документов разных стран

эксплуатационного предельного состояния, и не меняются. Учитывая, что доля собственного веса в общих нагрузках превалирует, расчеты эксплуатационного напряженного со-

Итоговые величины коэффициентов надежности по нагрузкам

Нормы	Страны	Постоянные нагрузки		Временные нагрузки			
		конструкции	покрытие	распределенная		сосредоточенная	
				γ_{11}	γ_{12}	γ_1	IM
ДБН	Украина	1,25	2,00	1,5	1	1,5	1,3
EN	Европа	1,35	1,35	1,5	1	1,5	1
СНиП	Россия	1,10	1,50	1,15	1	1,5	1,4
AASHTO	США	1,25	1,50	1,75	1	1,75	1,33

Примечание: IM — динамический коэффициент; γ_1 — коэффициент надежности.



Пример расстановки нагрузки поперек двухполосного моста

стояния в еврокодах и других нормах будут мало отличаться между собой. Так как сечения железобетонных блоков в основном определяют расчеты трещиностойкости, то есть расчеты с участием нормативных нагрузок, то возрастание временных нагрузок в общей доле мало сказалось на увеличении объемов конструкций мостов. Это стало заметно лишь для типовых сборных железобетонных конструкций, в которых новые нагрузки иногда требовали установки дополнительной балки.

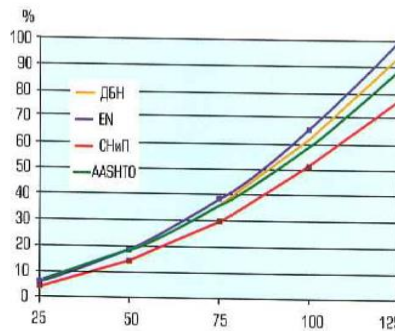
Рост расчетных нагрузок в основном сказался на объемах стальных и сталежелезобетонных мостов. Но увеличение объемов стали оказалось незначительным и не превышало 5–8%. Расчетные нагрузки, которые используются в расчетах по предельному состоянию по прочности, связаны с нормативными коэффициентами надежности. Они показывают разницу между нормативными и расчетными нагрузками, то есть дистанцию между расчетами на стадии эксплуатации и по предельным состояниям, предшествующим разрушению конструкции. Поэтому сближение коэффициентов

надежности является также частью адаптации норм.

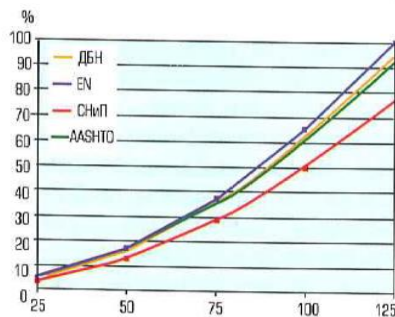
Графики сопоставления пролетных моментов в балке моста

Рассмотрим примеры сопоставления изгибающих моментов в сечениях балки двухпролетного стального моста в середине пролета и над опорой, полученные от загрузки постоянной и временной нагрузкой по нормам Украины, Европы, России и США.

Сравнение усилий показывает сближение украинских норм ДБН с еврокодами и нормами США. Разница в усилиях, полученных по ДБН и EN, составляет 5–12%, по СНиП и EN — 25–35%.



Пролетные моменты в двухпролетной балке. Габарит = 18 м



Опорные моменты в двухпролетной балке. Габарит = 18 м

Коэффициенты надежности

Расчетное сопротивление стали — это номинальное значение текучести, деленное на частный коэффициент. В еврокоде частный коэффициент для расчетов по пределу текучести, включая местную потерю устойчивости, обозначен как $\gamma_{M2} = 1,0$.

В ДБН В.2.3-26:2010 этот коэффициент $\gamma_m = 1,1$ для низколегированных сталей и 1,05 — для углеродистых.

Помимо этого, в ДБН В.2.3-26:2010 введены следующие коэффициенты надежности:

- $\gamma_n = 1,0$ — для всех элементов моста, кроме ключевых;
- $\gamma_n = 1,1$ — для элементов, разрушение которых вызовет разрушение моста;
- $\gamma_n = 1,1$ — для элементов, которые рассчитываются по временному сопротивлению;
- $\gamma_{wm} = 1,25$ — по расчету сечений сварных швов;
- $\gamma_m = 1,6$ — по расчету прочности канатов.

Адаптация классов сечений

В ДБН В.2.3-26:2010 введено понятие классов сечений и рассмотрены только два:

- класс 1 — упругая работа сечения;
- класс 2 — полная пластика с возможностью образования пластического шарнира.

Класс 2 рекомендован для компактных сечений, то есть для тех, в которых местная потеря устойчивости невозможна. Данный в еврокоде класс 4, предполагающий возможность местной потери устойчивости, в настоящее время в ДБН не допускается.

Адаптация материалов

Для возможности применения зарубежных сталей в приложении Г ДБН В.2.3-26:2010 принята такая же классификация, как в EN 10025.

Стали разделены на следующие виды:

- углеродистые;
- низколегированные нормализованные;
- низколегированные термоупрочненные;
- атмосферостойкие;
- стали с высоким пределом текучести.

Для сталей в ДБН В.2.3-26:2010 даны требования по следующим показателям:

- отношение временного сопротивления к пределу текучести;
 - относительное удлинение после разрыва;
 - значения ударной вязкости;
 - значения углеродного эквивалента.
- Если сталь отвечает выдвинутым требованиям, она может беспрепятственно применяться для конструкций мостов на Украине. Такой подход позволил использовать произведенный в этой стране прокат класса прочности S355 толщиной до 100 мм по EN 10025.

Адаптация расчетов выносливости

Расчеты выносливости, представленные в российских нормах, были построены по классической теории усталостной прочности. Методика учитывает характеристики циклов. К сожалению, набор узлов и элементов в СНиП крайне ограничен, что не позволяет оценивать выносливость новых узлов моста, например плиты с коробчатыми ребрами.

При разработке еврокодов была выполнена огромная работа по ис-

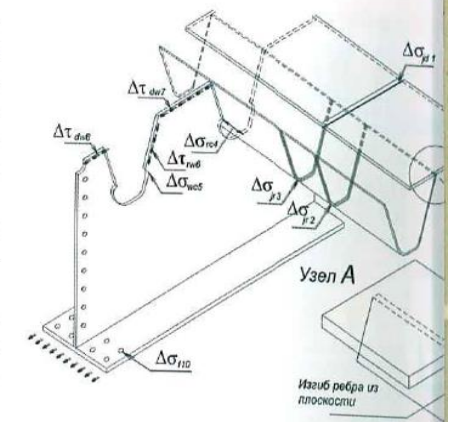
пытаниям разнообразных элементов и деталей с целью определения относительных порогов усталости. Набор библиотеки испытаний позволяет оценить усталость элементов моста практически любого вида.

Конструкции и пороги усталости в американских нормах и еврокодах похожи, но методики расчета разные. В ДБН была принята методика, позволяющая использовать определенные в европейских нормах относительные пороги усталости. При этом предполагается вести подсчет числа циклов за проектную жизнь моста. Для расчетов усталости принята специальная грузовая модель.

Оценки выносливости указанных мест на узле ортотропной плиты не могут быть выполнены по методике СНиП, только по EN и ДБН.

Адаптация конструкций

Проектирование стальных мостов в СССР находилось на высоком уровне, что позволило оптимизировать конструкции большинства узлов и элементов стальных мостов. Однако в последнее время появились зарубежные аналоги, а именно:



Специальная грузовая модель для расчета усталости

- канатные элементы и их закрепления;
- ортотропные плиты с замкнутыми ребрами.

Опыт еврокодов был перенесен в приложение П «Ортотропные плиты» и приложение С «Стальные канатные элементы» ДБН В.2.3-26:2010 с минимальными изменениями.

М.М. Корнеев, к.т.н., главный инженер ООО «Киевстройпроект»

27-28 ноября 2013

Выставочный центр «КОРМЕ»
ул. Достык, 3

Республика Казахстан
г. Астана

КАЗАВТОДОР

Разделы выставки:

- ▲ Дорожно-строительная, землеройная, коммунальная техника, техника для ремонта и содержания дорог, дробильные и сортировочные комплексы, асфальтобетонные и цементобетонные заводы и комплексы укладки.
- ▲ Инновационные технологии и материалы для строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог, мостов и путепроводов
- ▲ Технологии, техника и материалы для строительства, ремонта и содержания аэродромов.

- ▲ Спецтехника и оборудование для наземных служб аэродромов.
- ▲ Тоннельное и мостовое строительство, ремонт и содержание сооружений.
- ▲ Дорожные битумы и смазочные материалы.
- ▲ Приборы и оборудование для контроля материалов, диагностики и оперативного контроля качества выполнения дорожных работ и текущего состояния дорожных покрытий, мостовых и тоннельных сооружений.
- ▲ Проектирование. Современные технологии проведения

предпроектных и проектных работ на основе использования систем Глонасс/GPS. 3D проектирование.

- ▲ Программное обеспечение и связь.
- ▲ Геодезическое, инженерно-геологическое, буровое оборудование, взрывные работы.
- ▲ Спецдежда.
- ▲ Система образования, подготовки и переподготовки кадров.
- ▲ Аренда и лизинг строительной техники и оборудования.
- ▲ Финансовые и страховые услуги.
- ▲ Специализированные средства массовой информации.

Официальная поддержка:

Организатор:

STINEX

ООО «СТИНЕКС»
т. +7 7172 54 26 80
моб. +7 701 795 72 28
fairexpo_mnv@mail.ru

Генеральный информационный спонсор: