

НОРМИРОВАНИЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

В последние годы появились три основополагающих документа, серьезно повлиявших на нормирование в области мостостроения.

Во-первых, это федеральный закон № 384 ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в котором определены общие требования к механической безопасности, которые относятся и к мостовым сооружениям. Одним из важных положений, которое существенно влияет на проектирование мостов, является введение коэффициента надежности по ответственности 1,1 для сооружений повышенного уровня ответственности. В подготавливаемой новой редакции ГОСТ 27751 «Надежность строительных конструкций» к такому относятся мосты, имеющие пролеты длиной 100 м и более.

Во-вторых, это ГОСТ Р 52748-2007, в котором вводятся новые нормы нагрузок на автодорожные, городские и пешеходные мосты (имеется две группы поправок).

В-третьих, это утвержденная министром регионального развития РФ актуализированная версия СНиП 2.05.03-84* (приказ Министерства регионального развития РФ № 822 от 28.12.2010).

Перечисленные документы подвели некоторый промежуточный итог научным исследованиям и дискуссиям последних лет. Но, с другой стороны, они высветили ряд серьезных проблем, касающихся содержания норм, дальнейшего их совершенствования и, может быть, основную проблему – формирование нормативной политики как в области мостостроения, так и в транспортном строительстве в целом.

Основные изменения, внесенные в СНиП 2.05.03-84* (актуализированный)

Актуализация СНиПа проводилась НИЦ «Мосты» ОАО ЦНИИС (руководитель работы канд. техн. наук Ю.М. Егоруш-

кин) с привлечением других заинтересованных организаций и специалистов.

В актуализированный СНиП было внесено свыше 700 исправлений. К наиболее существенным изменениям можно отнести следующее:

- повышение нормативных нагрузок от автотранспортных средств и изменение структуры расчетных коэффициентов к ним;
- расширение номенклатуры мостов, при котором необходимо проводить проверку на аэродинамическую устойчивость;
- введение норм предельных относительных деформаций бетона арматуры;
- расширение номенклатуры разрешенных к использованию в мостостроении сталей;
- требования по учету изменения конструктивно-технологических характеристик сталежелезобетонных

пролетных строений в процессе их монтажа;

- требования по предотвращению прогрессирующего разрушения моста при повреждении отдельного элемента;
- внесение в СНиП определений и функций авторского контроля, научно-технического сопровождения и мониторинга технического и напряженно-деформированного состояния конструкций.

Краткие комментарии по перечисленным позициям:

1. Повышение нормативных нагрузок на мосты от автотранспортных средств – давно назревшая, но с большим трудом решенная проблема. Переход на нагрузки А14 и НК-10 (в настоящих нормах – Н14) предлагался еще в 1995 г., но был решительно отвергнут из-за нежелания переделывать типовые проекты. Таким образом, в тот момент «телега», т.е. интересы отрасли, была поставлена впереди «лошади» – объективной реальности, а именно

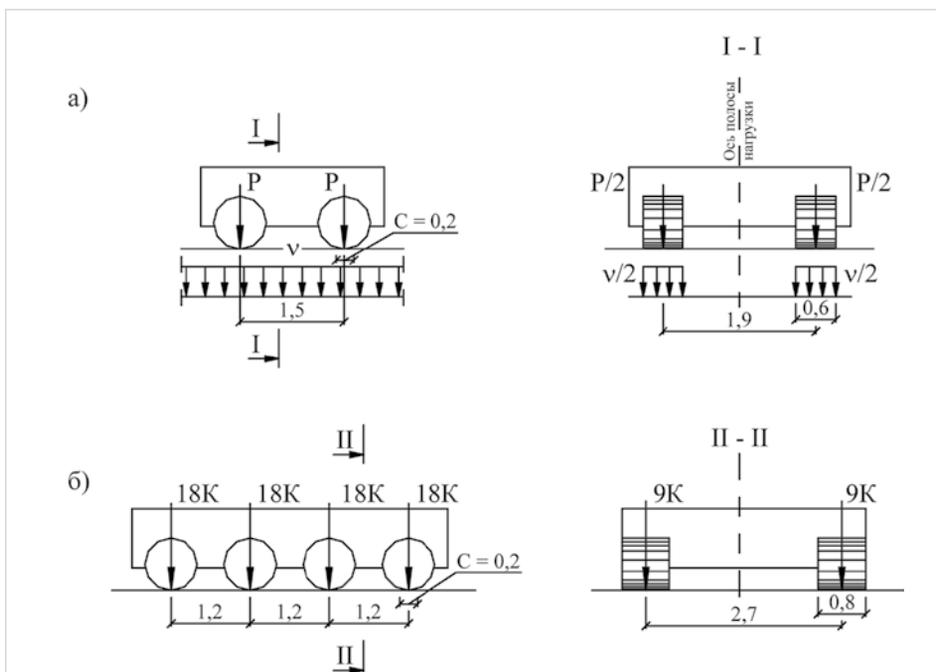


Рис. 1. Схемы нагрузок от подвижного состава для расчета автодорожных и городских мостов: а) автомобильная нагрузка АК в виде полосы равномерно распределенной нагрузки интенсивностью p и одиночной тележки; б) тяжелая одиночная нагрузка НК

мощного скачка в развитии автомобильного транспорта.

Тем не менее утвержденный в 2007 г. ГОСТ Р 52748-2007 ввел нормы нагрузок для капитальных мостов А14 и Н14. Здесь К=14 – класс нагрузки (рис. 1), оставив для деревянных мостов нагрузку А11 и Н11 (Н11 – то же самое, что и НК-80).

Если согласиться с тем, что тенденция увеличения массы и нагрузки на ось автотранспортных средств сохранится, то, чтобы обеспечить сроки службы мостов, необходимо каждые 10–15 лет повышать класс нормативных нагрузок на единицу (например, в 2020 г. следует принять К=15, в 2035 г. – К=16 и т.д.). Естественно, каждый раз должны уточняться прогнозы развития автотранспорта на отдаленную перспективу.

Важным в этом свете представляется положение, позволяющее при реконструкции в зависимости от остаточного срока службы принимать класс нормативной нагрузки К=12 или К=13.

В актуализированном СНИПе принята новая структура расчетных коэффициентов к нагрузке АК, использующая универсальный характер комбинированной схемы (двухосная тележка, имитирующая воздействие местной нагрузки и загрузка наибольших ординат линии влияния, и распределенная нагрузка, отражающая воздействие на конструкции автомобильных колес).

Введение отдельных коэффициентов надежности и динамики к тележке и распределенной нагрузке позволит избежать зависимости этих коэффициентов от длины загрузки. В актуализированном СНИПе эти коэффициенты имеют следующий вид.

2.22. Динамические коэффициенты $1 + \mu$ к нагрузкам от подвижного состава железных, автомобильных и городских дорог следует принимать равными:

- 2) к автомобильным нагрузкам АК и НК:
 - к тележкам нагрузки АК для расчета элементов проезжей части – 1,4;
 - к тележкам нагрузки АК для расчета элементов стальных мостов – 1,4;
 - то же, железобетонных мостов – 1,3;
 - то же, деревянных мостов – 1,0;

- к равномерно распределенной нагрузке АК – 1,0;
- к нагрузке НК – 1,0.

2.23. Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f к временным нагрузкам и воздействиям следует принимать равными: (см. табл. 1). Кроме того, изменены коэффициенты сочетаний нагрузки АК для разных полос загрузки, а также нормативная нагрузка на тротуары.

2.14. Во всех расчетах для элементов или отдельных конструкций мостов, воспринимающих временную нагрузку с нескольких путей или полос движения, нагрузку от подвижного состава с одного пути или полосы движения (где нагрузка приводит к самым неблагоприятным результатам) следует принимать с коэффициентом $s_1 = 1,0$.

С остальных путей (полос) нагрузки принимают с коэффициентами полостности s_2 равными для: нагрузки АК (для тележек и равномерно распределенной нагрузки) – 0,6.

2.21. Нормативную временную нагрузку для пешеходных мостов и тротуаров (служебных проходов) следует принимать в виде:

1) вертикальной равномерно распределенной нагрузки:

- а) на пешеходные мосты – 4,0 кПа;
- б) на тротуары автодорожных мостов – при отсутствии нагрузки АК – 4,0 кПа, при учете совместно с нагрузкой АК – 2,0 кПа.

Введение новой структуры расчетных коэффициентов не повлияет существенно на результирующее усилие от нагрузки АК для расчета металлических и сталежелезобетонных мостов (рис. 2).

Исключение представляет динамический коэффициент для расчета железобетонных пролетных строений.

Его величина до последнего времени определялась по формуле:

$$1 + \mu = \frac{45 - \lambda}{135}$$

где λ – длина загрузки, м. Это означало, что при $\lambda > 45$ м динамика не учитывалась.

Приведенная формула была принята на рубеже 20-х и 30-х гг. XX столетия, когда железобетонные мосты были массивными (например, арки, своды) и, действи-

Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
Тележка нагрузки АК	1,50
Равномерно распределенная часть нагрузки АК	1,15
Нагрузка НК	1,10

Табл. 1

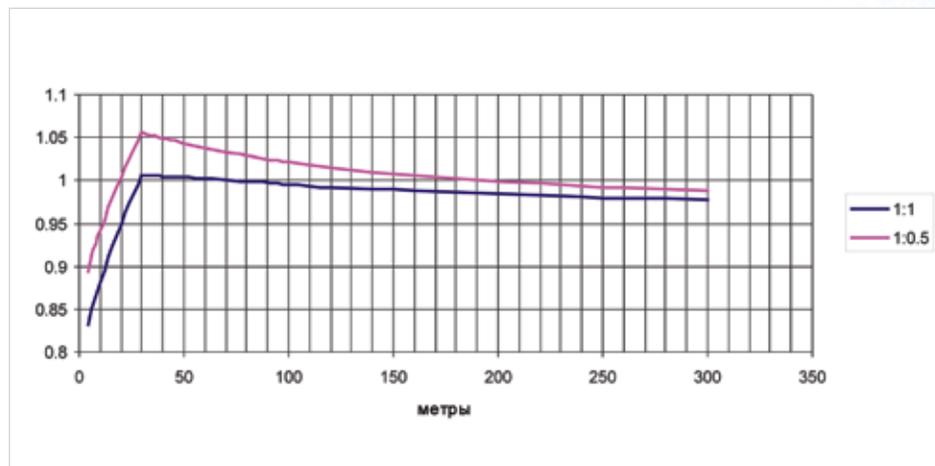


Рис. 2. Отношение суммарного нагрузочного эффекта от двух полос расчетной нагрузки АК для металлических пролетных строений при разных соотношениях коэффициентов поперечной установки (за 1 приняты усилия, соответствующие прежней структуре расчетных коэффициентов)

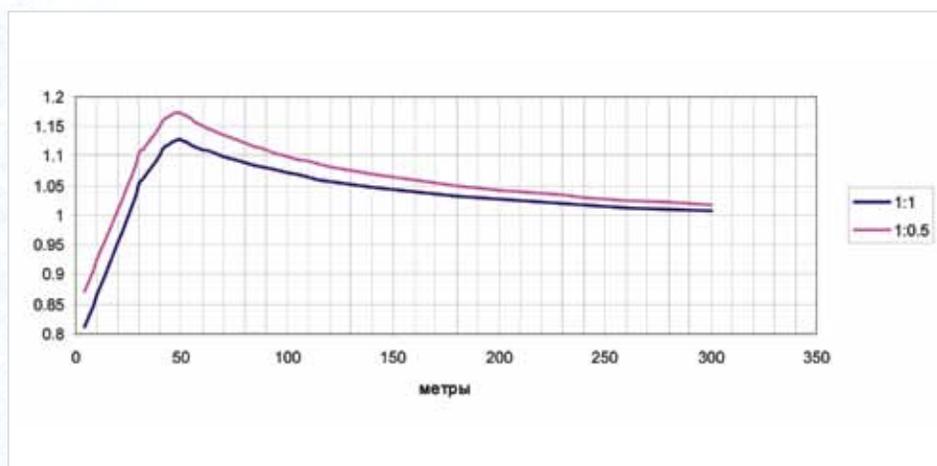


Рис. 3. Отношение суммарного нагрузочного эффекта от двух полос расчетной нагрузки АК для железобетонных пролетных строений при разных соотношениях коэффициентов поперечной установки (за 1 приняты усилия, соответствующие прежней структуре расчетных коэффициентов)

тельно, не очень сильно реагировали на динамическое воздействие автомобилей.

Сегодня железобетонные мостовые конструкции являются тонкостенными, и динамическое поведение больших железобетонных мостов аналогично поведению стальных и сталежелезобетонных мостов. Этот очевидный факт нашел отражение в новых нормах. Естественно, что для железобетонных мостов на пролетах более 40 м нагрузочный эффект, рассчитанный по актуализированной редакции, увеличится (рис. 3). Однако это отвечает фактическому положению вещей.

Исключение из норм зависимости величины расчетных коэффициентов от длины загрузки позволяет избежать неоднозначности при расчете усилий.

2. Феномен Волгоградского «танцующего» моста заставил распространить требование проверки аэродинамической устойчивости на большепролетные балочные мосты (при длине пролета свыше 100 м).

Следует отметить в этой связи, что выполненные по горячим следам исследования (Гипротрансмост, Гипростроймост Санкт-Петербурга, САГИ) недостаточны для более определенной записи в СНИПе.

Представляется, что расчетная проверка пролетных строений на воздействие ветрового флаттера должна включать два этапа. На первом этапе оценивается критическая скорость ветра, соот-

ветствующая резонансным колебаниям пролетного строения. Если эта скорость практически недостижима для данного района, в дальнейших расчетах нет необходимости. Такая проверка сама по себе несложна. Однако нормируемые параметры (число Струхаля, аэродинамический коэффициент подъемной силы, декремент колебаний) нуждаются в дополнительных уточнениях и обоснованиях. Если же критическая скорость ветра меньше расчетного значения, следует выполнять подробный расчет и (при необходимости) экспериментальные исследования.

3. Введенные в СНИП нормы предельных деформационных характеристик бетона и стали позволяют выполнять расчеты сечений железобетонных элементов с использованием диаграммы деформирования материалов, что расширяет класс решаемых задач, в частности, расчеты композитных элементов с поэтапным включением в работу различных частей сечения.

4. В разделе «Стальные конструкции» обосновано и регламентировано применение современных сталей:

- атмосферостойкой;
- нитродоупрочненной (экономно легированной ниобием);
- двухслойной коррозионностойкой.

5. Требования по учету непрерывного изменения жесткости сталежелезобетонных пролетных строений в процессе устройства железобетонной плиты проезжей части опираются на печальный опыт провисания пролетных строений

на ряде мостов, как раз из-за неучета последовательности устройства плиты, температурных перепадов, усадки и ползучести бетона в процессе твердения. Однако на ошибках учатся, что и нашло отражение в СНИПе.

6. Впервые в СНИПе появилось требование о предотвращении прогрессирующего разрушения при повреждении отдельного несущего элемента (так называемый «эффект домино»). Это весьма актуально сегодня, когда вследствие изменения климата возросла опасность всякого рода природных катаклизмов, участились техногенные катастрофы, возникли реальные угрозы террористических актов.

7. Также впервые в СНИПе появился раздел, касающийся инженерного и научно-технического сопровождения проектирования и строительства мостовых сооружений.

В нем четко определены функции авторского контроля, научно-технического сопровождения, мониторинга состояния мостов.

Можно надеяться, что включение этих процедур в СНИП узаконит и упорядочит их воплощение в практику. На сегодняшний день подрядчики в угоду сиюминутной экономии зачастую не хотят их использовать. К сожалению, есть случаи, когда риск не оправдывается, и происходят аварии. Можно в качестве примеров привести обрушения пролетных строений в процессе монтажа на мостах в Нефтеюганске, в Белоруссии, Казахстане и еще в ряде случаев.

Вопросы, не раскрытые в СНИПе

Безусловно, утверждение актуализированного СНИПа является шагом вперед. Однако за бортом при этом остался ряд важных вопросов. Таким образом, недостатки, прежде всего неполнота СНИП 2.05.03-84*, не были по разным причинам преодолены.

Не включены в новый СНИП нормативные сроки службы. Предложения по ним для разных частей мостовых сооружений были основательно разработаны в РосдорНИИ (д-р техн. наук В.И. Шестериков) и автором статьи, но по настоянию эксперта Минрегиона

РФ не были приняты. Вопрос действительно спорный. Чтобы убедиться, соответствует ли проектная долговечность элементов моста нормативным срокам, необходимо задаться зависимостью их износа от времени и критериями предельного износа. Представляется, что эти критерии должны обосновываться на основе вероятного характера износа.

Заметим, что в последние 20 лет нормативы по срокам службы мостов были приняты в США, странах Европы, в Еврокодах. Они составляют порядка 100 лет.

Как и в предыдущей редакции, в новом СНИПе очень скупо представлены требования к проектированию мостов с гибкими элементами (вантовые, висячие мосты, сетчатые арки и т.п.). Между тем, именно сегодня строительство таких мостов набирает темпы во всем мире, в том числе и в России. Приходится пользоваться зарубежными нормами, хотя адаптировать их к нашим условиям очень непросто.

Не решены вопросы допустимого прогиба пролетных строений от нормативной временной нагрузки для висячих и вантовых автодорожных мостов. Сохранение нормы прогибов в размере 1/400 пролета для этих систем представляется неправомерным.

Нет в СНИПе конкретных указаний по расчетам, обеспечивающим предотвращение прогрессирующего разрушения. Справедливости ради отметим, что эти вопросы за рубежом также решаются на интуитивном уровне.

Не решены вопросы расчета на выносливость автодорожных мостов. Сохранена прежняя редакция, хотя в этом плане автодорожные мосты имеют свою специфику. По этой проблеме должны быть проведены серьезные исследования. Видимо, надо исходить из случайного характера автомобильной нагрузки и определять долговечность элементов по признаку усталости, используя теорию линейного накопления усталостных повреждений.

Кроме того, подвергается критике, вероятно справедливой, назначение единого класса $K=14$ для всех капитальных мостов независимо от назначения автодороги.

Осталась весьма сложной схема нормативной нагрузки СК для железнодорожных мостов, хотя она могла бы иметь значительно более простой вид по аналогии со схемой АК.

Утверждение актуализированного СНИПа на проектирование мостов и труб является важным, но только промежуточным этапом в нормировании мостовых сооружений.

Следует вести исследования в области нормирования в рамках автономных разделов планов НИОКР.

Составлять нормы и готовить изменения к ним должны независимые научные общественные организации.

Структура нормативных документов в области мостостроения и порядок их утверждения и изменения должны позволять производить эти изменения безболезненно и оперативно по отдельным разделам документа.

Использование зарубежных норм в случае отсутствия или недостаточности отечественных аналогов необходимо осуществлять после тщательного анализа всех возможных последствий для сооружения, в том числе и в эксплуатационный период. При этом вполне возможна их модификация.

Научно-организационные проблемы

Приведенный выше далеко не полный перечень вопросов, требующих научных исследований и включения в нормативные документы, свидетельствует о необходимости изменения подхода к формированию планов НИОКР.

В этих планах, наряду с направлениями по инновациям в конструктивно-технологические решения и использование новых строительных материалов, должен быть самостоятельный блок исследований, посвященный вопросам нормирования, с автономным финансированием в форме госзаказа.

Главным условием выбора исполнителя для этих работ должна быть не наименьшая предлагаемая стоимость, а квалификация и опыт конкретных исполнителей.

Основные принципы формирования нормативных документов

Представляется, что разработка любого нормативного документа, в том числе в мостостроении, должна предусматривать следующее.

1. Нормативный документ должен обладать достаточной полнотой, чтобы обеспечить проектирование в области его применения.
2. Нормативный документ должен содержать требования и допущения, но не рекомендации.
3. Требования нормативного документа не должны сдерживать применение инновационных решений.

Например, в СНИПе 2.05.03-84* сохранилось ограничение номенклатуры сталей, применяемых в мостостроении. Применение новых сталей было исключено. Более правильно включать в СНИП требования к физико-механическим характеристикам и химическому анализу мостовых сталей и условия их контроля.

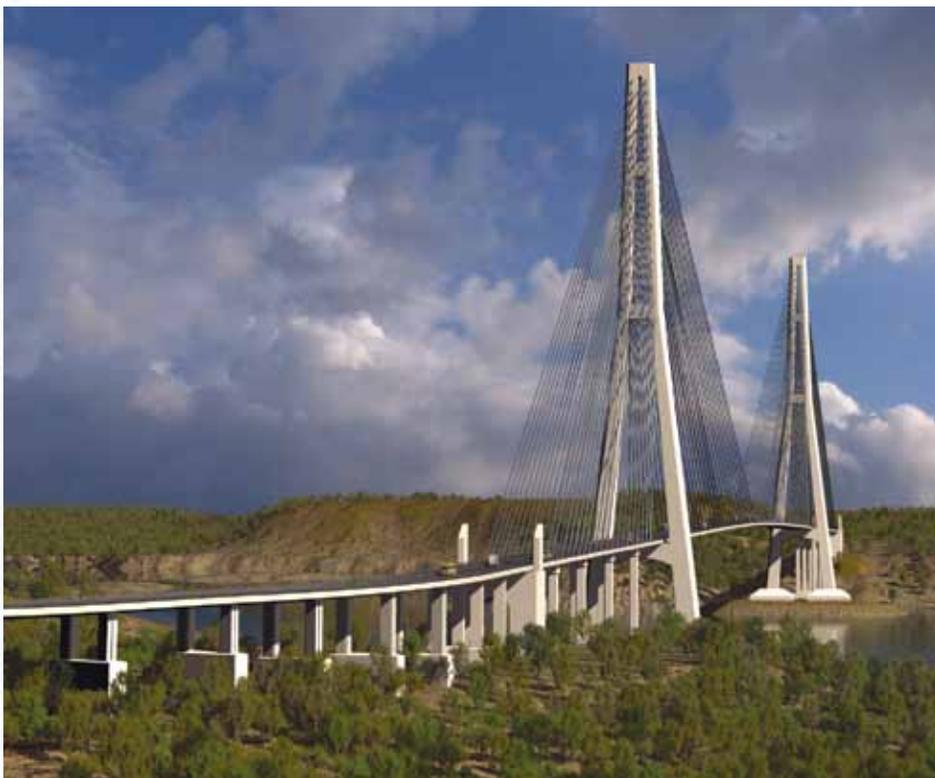
4. Нормативный документ должен в максимальной степени исключать двойное толкование норм или их неоднозначность.

В этом плане введение новой структуры расчетных коэффициентов к нагрузке АК, исключающее многовариантность величины усилия от временных нагрузок, является правильным.

5. Нормативный документ необходимо увязать с другими нормами в данной области. В частности, для мостовых сооружений должны согласовываться СНИПы на проектирование, строительство, испытания, а также нормативные документы по эксплуатации мостов.

6. Нормативный документ должен допускать безболезненную замену отдельных его разделов. С этой целью в следующей редакции нашего СНИПа, которую надо постараться подготовить не позднее 2015 г., следует более четко выделить разделы и подразделы с соответствующей рубрикацией.

7. Целесообразна разработка в развитие нормативного документа Указаний по его применению, содержащих методики и алгоритмы расчетов, пояснения к различным требованиям, примеры расчета и т.п. Причем эти Указания также целесообразно выпускать к отдельным разделам. При этом методические приложения к СНИПу можно исключить.



Мостовой переход на о. Русский

Система разработки и принятия норм

Самостоятельное и очень важное значение имеет система разработки нормативных документов и процедуры их апробации.

Накопленный опыт показывает, что ведомственный принцип составления нормативных документов неэффективен.

Отдавая должное высокой квалификации и самоотверженности сотрудников ЦНИИСа, приходится признать, что работа над актуализацией СНиП 2.05.03-84*, малооплачиваемая и вечно срочная, не являлась для них приоритетной, поскольку в условиях рыночной экономики в первую очередь выполняются хорошо оплачиваемые заказы.

Кроме того, ведомственный подход, вольно или невольно, препятствует объективной оценке предложений по нормам.

Отсюда следует, что нормативная работа должна быть передана научным общественным организациям (например, Академии транспорта РФ, Ассоциации мостовиков и т.п.) или специально сформированным комиссиям специалистов, не зависящим от какого-либо ведомства. Это же относится и к экспертизе нормативных документов.

Отметим, что в США и Европе нормативной деятельностью занимаются именно общественные научные ассоциации. Например, в США нормы проектирования железнодорожных мостов составляет AREA, а автодорожных – AASHTO.

Вопросы гармонизации и использования зарубежных норм

К системе гармонизации разработки нормативных документов следует отнести и работу по использованию, адаптации зарубежных норм и задачи гармонизации норм.

Представляется, что смысл гармонизации заключается не в механическом переносе норм одной страны в другую, а в сближении уровня потребительских свойств строительной продукции.

Для автодорожных мостов это означает возможность беспрепятственного пропускa всех автотранспортных средств на всех транспортных коридорах Евразии. Выполненный анализ отечественных и зарубежных автотранспортных средств показывает, что в этом плане нормы на грузок А14 и Н14 гармонизированы с Еврокодами.

В технологическом аспекте гармонизация может доходить до полной унифи-

кации технологий, крепежных изделий и т.п.

Использование зарубежных строительных норм, в частности, в области проектирования мостов, следует осуществлять с учетом того обстоятельства, что в России, как, впрочем, и в Европе, нормы проектирования представляют собой сложный комплекс взаимоувязанных требований, и замена любого из них зарубежным аналогом требует серьезного анализа всех этих взаимных связей.

Необходим не только анализ возможного использования тех или иных зарубежных норм, но и активное участие в их разработке и совершенствовании. Мы в течение многих лет упускали возможности созидательного сотрудничества с международными профессиональными общественными организациями. Необходимо восполнить этот пробел. В частности, следует смелее входить в деятельность различных комиссий таких авторитетных ассоциаций, как IABSE, FIBA, RILEM и др.

Утверждение нормативных документов

Очень важным моментом в нормировании является процедура утверждения нормативных документов или изменений к ним.

В России, как раньше в СССР, эта процедура обставлена многочисленными бюрократическими приемами. В результате мы имеем в своем «активе» десятилетия прохождения подготовленных документов до их утверждения.

На наш взгляд, надо стремиться, чтобы СНиП включал автономные, относительно небольшие разделы, которые можно было бы обновлять самостоятельно. Примерами могут служить нормы или системы DIN в Германии.

Периодичность таких обновлений не должна превышать 2–3 лет.

А.И. Васильев, д-р техн. наук, профессор, директор по науке ЗАО «Институт ИМИДИС», профессор кафедры мостов и транспортных тоннелей МАДИ