

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ НОРМ ДЛЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Давыдов Е. Ю. д-р техн. наук, доцент (БНТУ)

Аннотация. Приведены результаты анализа нормативных документов ТКП EN 1990, ТКП EN 1991-1-3, ТКП EN 1991-1-4, ТКП EN 1991-1-5 и ТКП EN 1991-3 применительно к расчету металлических строительных конструкций. Рассмотрены спорные положения, отмечены правила, противоречащие действующим на территории РБ документам, предложены способы, облегчающие адаптацию Европейских норм к практике проектирования строительных конструкций на территории Республики Беларусь.

Статья написана по результатам анализа европейских норм:

ТКП EN 1990 «Основы проектирования строительных конструкций»;

ТКП EN 1991-1-3 «Снеговые нагрузки»; ТКП EN 1991-1-4 «Ветровые воздействия»; ТКП EN 1991-3 «Воздействия, вызванные краном» и ТКП EN 1991-1-5 «Температурные воздействия».

Целью проведенного анализа является: обсудить спорные положения, обратить внимание на обнаруженные неопределенности, неточности, ошибки и опечатки в указанных нормативных документах, а также способствовать пониманию этих документов, которые в настоящее время приказом по министерству архитектуры и строительства введены на территории РБ вместо СНиП 2.01.07 «Нагрузки и воздействия» (см. приказ N 340 от 10.12.2014). Следует также пояснить, что проведенный анализ сделан с точки зрения пользователя, имеющего опыт проектирования применительно к строительным металлическим конструкциям.

В европейских нормах, как и в СНИПах, используют метод предельных состояний, основы которого разработаны еще в 30-е годы прошлого столетия коллективом, под руководством д.т.н. проф. Стрелецкого П.С. Европейские нормы на основе этого метода, как это указано в ТКП EN 1990, появились в 80-е годы прошлого века. Одинаковость метода расчета строительных конструкций значительно облегчает нашим инженерам освоение Европейских нормативных документов. Но при этом могут возникнуть некоторые трудности, которые, по мнению автора, можно устранить.

Как известно, метод предельных состояний рассматривает две группы предельных состояний: 1-я группа предельных состояний несущей способности и 2-я группа предельных состояний эксплуатационной пригодности. В ТКП EN 1990 используется еще одна группа предельных состояний - группа *«необратимых предельных состояний эксплуатационной пригодности»* (п.4.1.3(1)Р), которая характеризуется тем, что *«некоторые параметры, обусловленные воздействиями, превышают установленные эксплуатационные требования после устранения данных воздействий»*. Согласно методу пре-

дельных состояний превышения здесь вообще не допускаются, тем более, что эти превышения являются необратимыми. Кроме того, концепция метода предельных состояний предусматривает, что предельные состояния не только не превышаются, но и не наступают в течение заданного срока эксплуатации. Если эта третья предельная группа проистекает из каких-то особенностей излагаемого в ТКП EN1990 метода предельных состояний, то, очевидно, должны быть какие-то обоснования. Но согласно ГОСТ 27751 «Надежность строительных конструкций и оснований», который действует на территории РФ, в методе предельных состояний рассматриваются только две группы предельных состояний.

В Приложении А1 и А2 ТКП EN 1990 так же без каких-либо пояснений и обоснований используются и другие названия предельных групп: «критические предельные состояния», «специальные предельные состояния», «значимые предельные состояния», «крайние предельные состояния» (ТКП EN 1991-3). Здесь тоже возникают вопросы, изложенные выше, и, кроме того, такие определения являются неправильной словесной формой, т.к. слово «предельное» не требует никакого смыслового усиления.

В ТКП EN 1990 в разделе 6 используется «метод частных коэффициентов». Из содержания этого раздела не следует, что в нем используются какие-то положения или параметры не соответствующие или выходящие за рамки метода предельных состояний и тогда возникает вопрос: «Зачем здесь используется другое название известного метода?». Если это не одно и то же, то тогда должны быть какие-то принципиальные отличия. Но судя по содержанию этого раздела, здесь нет отличий от метода предельных состояний. Это замечание тем более правомерно, если учесть, что в ГОСТ 27751 «метод частных коэффициентов» для расчёта строительных конструкций не упоминается.

Другой привнесённой трудностью освоения указанных документов является использование непривычной терминологии. Расчет строительных конструкций основывается на таких основополагающих дисциплинах, как «Сопротивление материалов» и «Строительная механика», в которых используются уже устоявшиеся термины и понятия. Поэтому для инженеров, изучавших указанные дисциплины, использование других терминов или использование известных терминов, но обозначающих что-то совсем другое, создаёт дополнительные трудности в освоении Европейских норм. В качестве примера можно привести следующие термины: «конструкция» и «элемент конструкции». В понимании нашего инженера «конструкция» - это колонны, балки, фермы, прогоны и т.д., а не «организованная совокупность»; элемент конструкции - пояса, стенки, ребра, фасонки, стержни, накладки и т.д., а не колонны, балки, фермы (см. ТКП EN1990 п.1.5). Аналогичный пример связан с термином «сопротивление». В ранее разработанной нормативной литературе термин «сопротивление» используется как механическая характеристика материала - сопротивление сжатию, растяжению, смятию и т.д. В ТКП EN 1990 термин «сопротивление» обозначает совсем другое: несущую способность. Ещё примеры, где замена терминов затрудняют освоение документа: *эффект воздействия* - для наших инженеров это не что иное, как усилие (мо-

мент, осевая сила, поперечная сила и т.д.); *характеристическое значение* - нормативное значение (в некоторых ТКП используется именно такое название (см. например, ТКП EN 1991-1-3 п. 4.3 (1)); *эстакада крана* - мост крана и т.д. Т. е. при использовании терминов нужно как-то учитывать терминологию, принятую в Сопромате и Строительной механике, а также учитывать СТБ 1900 «Строительство. Основные термины и определения».

В ТКП EN 1990 нет деления на нагрузки и на воздействия, хотя по физической природе это не одно и то же: нагрузки - это собственный вес, снег, ветер, гололед, нагрузки от кранов и т.д.; воздействия - это преднапряжение, температурные, сейсмические воздействия, воздействия обусловленные осадкой грунтов. Т.е. нагрузки - это внешний механический фактор, действия которого уравниваются системой внутренних напряжений в конструкции. Воздействия - это фактор, который вызывает самоуравновешенную систему напряжений. В ТКП EN в некоторых пунктах термин «нагрузки» также используется, в том числе в названиях документов, например ТКП EN 1991-1-3, но без учета сделанных выше замечаний.

В ТКП EN 1991-3, в табл.2 в графе «учитываемые эффекты» используются необычные формулировки: «*возбуждение конструкции*», «*передача грузоподъемной нагрузки к крану*», «*высвобождение нагрузки*», «*в направлении применения крана*», «*пропорция грузоподъемности*». Понятно, что разъяснения не используемых у нас терминов, понятий или обозначений не всегда могут быть сделаны в тексте документа, но они могут быть приведены в национальном приложении.

В анализируемых документах имеются положения, которые, на взгляд автора, являются спорными. Например, вызывает вопросы, приведенное в Приложении А (обязательное приложение) ТКП EN 1990 следующее указание: « *в зависимости от назначения, формы и положения здания в сочетании воздействий учитывается не более двух переменных воздействий*» (см. А2.1(1)). При этом никаких разъяснений по поводу «назначения», «формы» и «положения здания» не приводится. Вряд ли это положение может быть использовано при проектировании объектов на территории РБ, т. к. в реальных сочетаниях количество нагрузок, как правило, оказывается больше двух. К тому же, в уже упоминавшемся ГОСТ 27751 нет ограничений по количеству временных нагрузок, да и сама запись формулы в ТКП по определению сочетаний нагрузок (6.10) предусматривает больше временных нагрузок, чем две. Также ограничивается количество временных нагрузок при расчёте покрытий. Из таблицы А1 Приложения А следует, что коэффициенты сочетаний (ψ_0, ψ_1, ψ_2) для временных полезных нагрузок равны нулю. Т. е. если при расчёте покрытий учитывается снеговая нагрузка как доминирующая (именно так чаще всего и бывает), то полезные временные нагрузки на покрытие уже не могут быть учтены. Эта часть таблицы А1 полностью продублирована в Национальном приложении.

В анализируемом документе отсутствует деление нагрузок на временные длительные и кратковременные, что также вызывает вопросы. Известно, что длительность нагрузок имеет существенное влияние, особенно на свойства

металлов. В п.4.2 (8) указано, что длительность нагрузок следует учитывать, применяя различные соответствующие значения коэффициентов. Какие коэффициенты и с какими значениями - ответы на эти вопросы в ТКП EN отсутствуют, и нет никаких ссылок.

В ТКП EN 1990, таблица А.2 (В) для всех постоянных нагрузок рекомендуется одно и то же значение коэффициента (γ_F), учитывающего погрешности расчетной модели и отклонения от заданных размеров. Согласно формуле (6.2в) этот коэффициент есть произведение двух коэффициентов: $\gamma_F = \gamma_f \gamma_{sd}$, где γ_f - коэффициент, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений значений воздействий от репрезентативного (нормативного) значения, γ_{sd} - коэффициент, учитывающий неопределенности, касающиеся определения воздействия или эффекта воздействия. Коэффициент γ_f , как известно, - зависит от материала конструкции (металла, бетона и т.д.), места изготовления (на заводе или на строительной площадке) и поэтому его значения существенно различаются (если по СНиП 2-01-07 то $\gamma_f = 1,05 \dots 1,3$) и, следовательно, значения коэффициента « γ_F » также не могут быть одинаковыми. Однако, в ТКП EN 1990 значение этого коэффициента принято одинаковым и равным 1,35, т.е. для некоторых конструкций с превышением почти в 30%. В Национальном приложении значение этого коэффициента может быть принято равным 1,15 (см. таблицу А1.2 (В)), но только если постоянная нагрузка будет превышать временную нагрузку не менее, чем в 1,5 раза. Такое соотношение нагрузок в случае применения металлических конструкций маловероятно даже для большепролетных конструкций. Также подлежит сомнению постоянное значение этого коэффициента для временных нагрузок: $\gamma_Q = 1,5$, т.е. опять же для некоторых нагрузок имеется существенное превышение по сравнению со СНиП 2-01-07, которое может достигать 36%. Указанные превышения приводят к существенному увеличению усилий и соответственно к увеличению материалоемкости строительных конструкций.

Представляется спорным представление коэффициента для характеристик свойств материалов (γ_{Mi}) в виде произведения двух коэффициентов: « γ_m » и « γ_{Rd} ». (см. ТКП EN 1990, п. 6.3.5), которое принято равным единице. Коэффициент « γ_m » учитывает возможные неблагоприятные отклонения характеристик свойств материала. Коэффициент « γ_{Rd} » учитывает неопределенности расчетной модели сопротивления, включая отклонения геометрических параметров. Кроме указанных коэффициентов, коэффициент (γ_{Mi}) может включать еще один коэффициент «з», который учитывает: объемные и масштабные факторы; влияние влажности и температуры (см.п.6.3.3 и 6.3.5). Сомнение вызывает то, что несмотря на обилие и разнообразие факторов, учитываемых этими коэффициентами их произведение принимается равным единице (см. ТКП EN 1993-1-1, п.6.1), т.е. в итоге этот коэффициент « γ_{Mi} » ничего не учитывает.

В национальном приложении к ТКП EN1993-1-1 предлагается определять значение коэффициента (γ_{Mi}) как частное: γ_m / γ_c , где γ_c - коэффициент условий работы, т.е. из рассмотрения исключаются сразу два коэффициента: « γ_{Rd} » и «з». Здесь, прежде всего, возникает вопрос: насколько это правомерно - не учитывать эти коэффициенты при применении Евронорм и насколько

правомерно вводить новый параметр, не предусмотренный ТКП EN. Возникает и другой вопрос, если принять значение « γ_m » согласно национальному приложению п.6.1(1)В, равным 1.025 или 1.05, а значение « γ_c » по СНиП II-23-81* равным в интервале 0,75...1,2, то значение коэффициента (γ_{Mi}) будет находиться в интервале 0,85...1,4, что может спровоцировать большое увеличение металлоёмкости конструкций даже по сравнению с еuronormами. Например, несущая способность металлического элемента из одиночного уголка по Еuronormам будет определяться по формуле: $N_{Rd} = A \cdot f_y$. То же с учетом национального приложения эта несущая способность будет на 40% ниже: $N_{Rd} = A \cdot f_y / 1,4$. В приведенных формулах: A = площадь сечения, f_y - предел текучести. Выше было отмечено, что СНиП II-23-81* отменен приказом министра, но другого источника для определения « γ_c » нет. Это, кстати, тоже большой вопрос, который возникает при внедрении Европейских норм.

В ТКП EN 1990 в зависимости от последствий отказов назначаются классы надежности зданий и сооружений. Но при этом отсутствуют конкретные правила по учету этой классификации, прежде всего при назначении сечений, конструктивных форм или при определении усилий. Ссылка на коэффициент « γ_F » (см. п. В.3.3) в этом случае не снимает всех вопросов, т. к. этот коэффициент по своему определению не учитывает уровень надёжности и не предназначен для разделения конструкций по классам надежности (см. п. 6.3.2), к тому же его дифференциация в зависимости от вида нагрузки является весьма ограниченной (см. выше). В этом же пункте предлагается учитывать классы надежности использованием коэффициента « K_{F1} », но применение этого коэффициента предусматривается при одинаковости контролируемых и проверочных мероприятий на этапах проектирования и исполнения и не является обязательным. В Национальном приложении к ТКП EN 1990 (см. таблицу НП.1, п. А 1.3 (1)) применение этого коэффициента уже является обязательным вне зависимости от условий, приведенных выше. Следует признать, что обязательное применение этого коэффициента не совсем соответствует п.В.3.3. Кроме того, обязательное применение коэффициента « K_{F1} » тем более вызывает сомнение, если принять во внимание Национальное приложение к ТКП EN 1993-1-1, где сказано: « в расчетах следует учитывать коэффициент надежности по ответственности « γ_R », приведенный в СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования» и в ГОСТ 27751. Здесь, прежде всего, возникает вопрос о правомерности использования коэффициентов, не предусмотренных Еuronormами. Если удастся положительно ответить на этот вопрос, то возникает необходимость корректировки значений других частных коэффициентов, т.к. в противном случае это приведет к еще большему неоправданному увеличению металлоёмкости конструкций. В любом случае, совместное применение этих двух коэффициентов (« K_{F1} » и « γ_R ») вряд ли можно считать допустимым.

Из ТКП EN 1990 также не следует, как в процессе проектирования учитывается долговечность зданий и сооружений. Перечисленные в п. 2.4 мероприятия носят декларативный, не конкретный характер. В национальном приложении, в таблице 2.1 приведены рекомендуемые значения проектных

сроков эксплуатации зданий и сооружений и примеры (нужно отметить, совсем не поясняющие), но без ответа на поставленный вопрос.

Из п. 5.1.2(3)Р ТКП EN1990 следует, что геометрическую нелинейность следует учитывать только, если деформации, перемещения конструкции значительно увеличивают внутренние усилия. Геометрическая нелинейность в большинстве случаев приводит к уменьшению усилий в конструктивных элементах, и не учет этого фактора, неоднократно экспериментально подтвержденного, приведет к излишнему увеличению материалоемкости. Например, учет геометрической нелинейности при расчёте стального опорного контура вантового покрытия может уменьшить усилия (изгибающие моменты) и, соответственно, металлоемкость на 30%. К тому же не учет геометрической нелинейности противоречит ГОСТ27751 п.1.6.

ТКП EN 1991-1-4, п.4.2 в формуле (4.1) используется коэффициент, учитывающий направление ветра (c_{dir}), который рекомендуется принимать равным единице. При этом, нет никаких пояснений, как определяется этот коэффициент, какие значения его возможны и почему его можно принимать равным единице. Поскольку всего этого нет, то возникает вопрос: с какой целью введен этот коэффициент, если его значение принимается равным единице, т.е. получается, что в конечном итоге он ничего не учитывает. Этот вопрос тем более уместен, т.к. в Национальном приложении (п.4.2(2)Р) приведенные значения этого коэффициента не равны единице, его значения изменяются в интервале 0,7...1, но опять же без каких либо обоснований. Аналогичные проблемы возникают и в отношении сезонного коэффициента (c_{season}), который также принимается равным единице по ТКП EN и по Нац. приложению (п. 4.2(2)Р).

Вызывает сомнение правило, согласно которому требуется учитывать силу трения на поверхностях здания, расположенных параллельно ветровому потоку и на которых ветровое давление направлено перпендикулярно от поверхности, т. е. является отрицательным (см. ТКП EN 1991-1- 4 п.5.3; 7.5).

Согласно ТКП EN 1991-1- 4 п.7.2.2 увеличение ветрового давления на внешнюю поверхность здания начинается с отметки, равной ширине здания, а до отметки равной ширине здания давление остается неизменным, значение которого определяется по наивысшей отметке. Вопрос возникает в связи с тем, что согласно статистическим данным скорость ветра не является величиной постоянной и с увеличением отметки увеличивается по степенному закону. Переход к схеме ветрового давления по Евронормам дает превышение усилий на 10...15% по сравнению с прежними схемами, когда ветровое давление в пределах высоты здания принималось не одинаковым, начиная с отметки 5 м.

В нормативных документах используемые формулировки не должны допускать неопределённостей или субъективных толкований. В ТКП EN 1990 такие формулировки имеются и не в единственном числе. Например: п. 4.1.1(3) «*Воздействия, обусловленные действием воды, допускается рассматривать как постоянные и/или переменные, в зависимости от изменения их величины во времени.*» В последующих разделах никаких разъяснений «зависимости от изменения» не приводится. Аналогичные неопределенности

имеют место и в других пунктах, например: п.4.1.2(2)Р «если изменчивость величины G может рассматриваться как «малая»; не может рассматриваться, как «малая»; п. 4.1.2 (4) «если конструкция «чувствительна» к изменениям величины G » и т. д. Все используемые в формулировках прилагательные: «малая», «не малая», «чувствительная», «не чувствительная» и т.д. должны иметь числовое сопровождение. Аналогичные неопределенности встречаются и в других ТКП EN.

В ТКП EN 1991-1-3 в Национальном введении (с.VI) написано, что Приложение «В» является обязательным, а в Национальном приложении этого же ТКП (НП.1, п.1.1(4)) указывается, что это Приложение не используется на территории Республики Беларусь. В п.5.3.5(1), прим.2 этого же документа упоминаются снеговые нагрузки с учетом снегоудерживающих ограждений, но при этом никаких значений коэффициентов формы ни в самом ТКП, ни в Национальном приложении не приводится.

В анализируемых документах имеется большое количество ссылок, что существенно затрудняет их применение. Также в анализируемых документах обнаружены многочисленные ошибки, опечатки и формулировки с неправильным использованием слов, например: «переменные нагрузки» вместо «временные нагрузки»; «ведомые колёса» вместо «ведущие колёса»; «усилие» вместо «давление»; «усталостность» вместо «усталость» и т. д.

Выводы. Анализируемые документы не готовы для применения в реальном проектировании объектов на территории РБ.

Анализируемые документы по многим параметрам не соответствуют нормативным документам, действующим на территории РБ.

Для внедрения указанных ТКП EN в практику проектирования необходимо после их корректировки, разработать к ним учебные пособия.

Внедрение Европейских норм повлечет существенное увеличение металлоёмкости строительных конструкций (на 25...30%). Это подтверждается расчетами, выполненными на кафедре Металлических и деревянных конструкций БНТУ, а также расчетами, выполненными в Российской Федерации (см. журнал ПГС №12 за 2013год).

На период адаптации ТКП EN, разработки пособий и подготовки специалистов, представляется неизбежным использование СНиП II 23-81* «Стальные конструкции» и СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».