

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП EN 1990-2011* (02250). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Введ. 2011-11-15. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 61.
2. ТКП EN 1997-1-2009. (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила. – Введ. 2009-12-10. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 121.
3. ТКП EN 1992-1-1-2009* (02250). Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Введ. 2009-12-10. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 205 с.
4. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Введ. 2007-04-02. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 136 с.
5. Пособие к выполнению 2-го курсового проекта и раздела дипломного проекта по курсу «Железобетонные конструкции» 2-ое изд. Брест 2014 г.

УДК69(083.75)

К РАСЧЕТУ СТАЛЬНЫХ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК ПО ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ

ДАВЫДОВ Е. Ю.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Цель публикации: Отметить некоторые особенности определения нагрузок по ТКП EN N1991-3 «Воздействия, вызванные кранами и механическим оборудованием» в сопоставлении с требованиями строительных норм и правил, используемых в Республике Беларусь. По СНиП II-23–81* «Нормы проектирования. Стальные конструкции» для изготовления подкрановых конструкций (эти конструкции относятся к 1-й группе) следует использовать сталь класса

прочности С255, если эксплуатация подкрановых конструкций предполагается при температуре не ниже -40°C . При более низкой температуре уже следует использовать сталь класса прочности С345 и выше. Согласно ГОСТ 27772 «Прокат для строительных стальных конструкций» листовой прокат из стали С 255 имеет нормируемые показатели по ударной вязкости (КСV) при -20°C . То же для стали С345 при температуре -40°C . Для фасонного проката ударная вязкость гарантируется только при температуре -20°C для сталей С255 и С345.

По европейским нормам (см. ТКП EN 1993-1-1 «Проектирование стальных конструкций» п. 3, 2, 3) следует, что ударная вязкость должна быть гарантирована при самой низкой температуре эксплуатации (самая низкая температура для Гродненской, Гомельской и Брестской областей – 38°C , для Могилевской -40°C , для Витебской и Минской -41°C). Из этих требований следует, что сталь С 255 (листовой и фасонный прокат) не может быть использована для изготовления подкрановых конструкций, эксплуатируемых в неотапливаемых помещениях или на открытом воздухе. То же ограничение относится к фасонному прокату из стали С 345. При этом следует учитывать, что для всех сталей повышенной прочности при толщинах меньше 8мм ударная вязкость не нормируется.

При расчете подкрановых конструкций учитываются следующие нагрузки: вертикальные, обусловленные собственным весом крана и поднимаемым грузом; горизонтальные, вызванные ускорением или торможением тележки крана; горизонтальные, вызванные перекосом моста крана; вертикальные на тормозные площадки.

В связи с динамическим характером крановой нагрузки при расчете подкрановых конструкций используются коэффициенты динамичности. В строительных нормах и правилах предусмотрен один коэффициент динамичности для вертикальной нагрузки на колесо крана, т. е. с учетом собственной массы крана и массы груза равный 1,2 и применяемый только для кранов весьма тяжелого режима работы (8К) и при пролетах подкрановых конструкций не больше 12м, и коэффициент динамичности равный 1,1 для кранов тяжелого и среднего режимов работы (7К, 6К) для всех пролетов. Для горизонтальной нагрузки также предусмотрен один коэффициент динамичности равный 1,1, который учитывается только при кранах весьма тяжелого режима работы (8К).

В европейских нормах предусматривается три коэффициента динамичности для вертикальной нагрузки (φ_1 ; φ_2 ; φ_4) и один коэффициент динамичности для горизонтальной нагрузки (φ_5).

При подъеме груза возникают колебания моста крана и эти колебания сказываются на значениях вертикальных нагрузок, передаваемых на подкрановые балки. Для учета этого фактора сила тяжести массы грузоподъемного крана умножается на коэффициент динамичности φ_1 . В ТКП EN 1991-3 указан интервал значений этого коэффициента: $0,9 < \varphi_1 < 1,1$ (φ_1 не может быть равен 0,9 и 1,1) и отмечено, что приведенный интервал отражает верхнее и нижнее значение «колебательной пульсации» моста крана. Документация на используемые в Республике Беларусь мостовые краны не содержит такой характеристики, как «колебательная пульсация». Поэтому определение коэффициента φ_1 для конкретного мостового крана не представляется возможным. В ГОСТ 32579.1 «Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчётных нагрузок и комбинаций нагрузок», который предназначен для расчета металлических конструкций мостовых кранов, также указан интервал для этого коэффициента: $1 - \alpha < \varphi_1 < 1 + \alpha$, где $0 < \alpha < 0,1$. При этом отсутствуют какие-либо указания по определению значения параметра « α ».

Коэффициент динамичности φ_2 , учитывающий динамику в процессе подъема груза, применяется только к поднимаемому грузу. Его значение определяется по формуле:

$$\varphi_2 = \varphi_{2\min} + \beta_2 \cdot V,$$

где V – скорость подъема груза,

$\varphi_{2\min}$ и β_2 – назначаются в зависимости от класса подъемного оборудования.

Класс подъемного оборудования (в ТКП EN обозначается: HC1, HC2, HC3, HC4) зависит от S-класса (режима работы мостового крана) и типа крана (назначения крана). В свою очередь S-классы ($S_0 - S_9$) назначаются в зависимости от коэффициента спектра нагружения k_Q (коэффициента распределения нагрузки k_p) и общего количества циклов за весь период эксплуатации крана, как правило, за 25 лет. В скобках даны названия величин, принятые в нормативной документации Республике Беларусь.

В ТКП EN коэффициент динамичности φ_2 при $V=0,35$ м/с изменяется в пределах: 1,1–1,4 при этом не учитывается пролет

подкрановых балок, т. е. не учитывается амплитуда колебаний подкрановых балок.

В среднем значение этого коэффициента, вычисленное по ТКП EN при тяжелом режиме работы крана (7К по ГОСТ 25546 и S6 или S7 по ТКП EN) на 20–25% превышает значение коэффициента динамичности, принятого по СНиП.

При движении крана по неровной поверхности возникающая динамика учитывается коэффициентом динамичности φ_4 . Этот коэффициент применяется как к массе крана, так и к массе перемещаемого груза. В подавляющем большинстве случаев динамика при перемещении груза возникает при прохождении краном стыков рельсов. По ТКП EN 1991-3 $\varphi_4 = 1$ если стыков нет и соблюдены допуски на рельсовые пути (см. ТКП EN 1993-6). Если эти требования не соблюдены, то φ_4 определяется с помощью моделирования (для проектировщиков такой способ определения φ_4 является неприемлемым). По ГОСТ 32579.1 при расчёте металлоконструкций мостовых кранов φ_4 определяется в зависимости от скорости движения крана (см. таблицу):

Таблица

| | | | | |
|-------------|-------|------------|-----------|------------|
| V м/с | < 1,0 | 1–1,5 | 1,6–3 | > 3,0 |
| φ_4 | 1,0 | 1,1 (1,05) | 1,2 (1,1) | 1,3 (1,15) |

В скобках даны значения для рельсовых путей с заваренными стыками. По нормативным документам, действующим в Республике Беларусь стыки рельсов не рекомендуется заваривать, более того, с целью компенсации температурных деформаций в стыках необходимо предусматривать зазор (4мм при температуре $\mp 0^\circ\text{C}$). Поэтому при прохождении краном стыков рельсов наблюдается существенный динамический эффект, который в СНиП «Нагрузки и воздействия» при расчёте подкрановых конструкций определяется в зависимости от режима работы крана. При определении локальных напряжений в подкрановых балках динамика возникающая при движении крана учитывается в СНиП введением следующих коэффициентов: 1,6 (1,8) при жестком подвесе и 1,4 (1,7) при гибком подвесе для крайне тяжелого режима работы; 1,3 (1,6) для кранов тяжелого режима работы; 1,1 (1,2) для кранов остальных режимов работы. В скобках даны значения коэффициентов по СП20-13330.

Актуализированная редакция СНиП 2.01.07 «Нагрузки и воздействия». Столь существенные значения коэффициентов можно объяснить тем, что в стыках рельсов предусматривается зазор и торцы рельсов делаются прямыми. По европейским нормам стыки предусматриваются не прямые, а косые, что приводит к существенному снижению динамики в стыках рельсов. Здесь следует отметить, что локальные напряжения не являются доминирующими по сравнению с основными напряжениями, направленными вдоль подкрановых балок и к тому же совпадают с ними по знаку, что приводит к уменьшению приведенных напряжений.

Коэффициент динамичности φ_5 применяется для определения горизонтальных инерционных сил. При этом, его значение изменяется в довольно широком диапазоне: от 1 до 3,0. (см. ТКП EN 1991-3 п.2.6) При этом, формулировки, определяющие тот или иной диапазон являются довольно расплывчатыми: «силы изменяются плавно» ($1 \leq \varphi_5 \leq 1,5$); «могут произойти резкие изменения» ($1,5 < \varphi_5 \leq 2$); «для приводов, имеющих значительный мертвый ход» ($\varphi_5 = 3$). При этом режимы работы кранов (S-классы) не учитываются. Т.к. нет числового сопровождения для каждого диапазона, то невозможно определить точное значение коэффициента φ_5 и вследствие этого, при расчетах будут использоваться наибольшие значения этого коэффициента, что повлечет за собой увеличение усилий на подкрановые конструкции и увеличение их металлоемкости. Сопоставление коэффициентов динамичности для горизонтальных сил по СНиП и ТКП EN показывает, что превышение может составить 170 %.

В заключение, также следует сделать сопоставление коэффициентов надежности по нагрузке по СНиП и по ТКП EN. По СНиП коэффициент надежности по нагрузке для крановых нагрузок равен 1,1 (по СП 20-13330 этот коэффициент равен 1,2). По ТКП EN 1991-3 этот коэффициент равен 1,35. Для собственного веса подкрановых конструкций коэффициент надежности по нагрузке принят равным 1,05, а по ТКП EN 1990 этот коэффициент равен 1,35. Расчетная нагрузка на тормозные площадки определяется с коэффициентом надежности равным 1,3 по СНиП и 1,5 по ТКП EN 1990. Кроме того, в СНиП предусматривается снижение крановых нагрузок, если усилия определяются от нескольких кранов: вводятся понижающие коэффициенты равные 0,7–0,9 в зависимости от количества учитываемых кранов и режима их работы.

Выводы:

1. По европейским нормам для изготовления подкрановых балок, эксплуатируемых на территории Республики Беларусь в неотопливаемых помещениях, может быть использован только листовой прокат из сталей класса прочности С 345 и выше и толщиной не менее 8мм.

2. По ТКП EN 1991-3 определение точного значения коэффициента φ_1 , отражающего влияние колебаний металлоконструкций мостового крана на вертикальное давление колеса крана не представляется возможным.

3. Значение коэффициента φ_2 , учитывающего динамику в процессе подъема груза, вычисленное по ТКП EN 1991-3 на 20–25% превышает значение этого коэффициента, определяемого по СНиП.

4. Отсутствие в ТКП EN 1991-3 конкретных числовых характеристик механизмов передвижения может привести к существенному увеличению значений коэффициента динамичности φ_5 , до 170%.

5. Суммарное превышение расчётных вертикальных крановых нагрузок на подкрановые балки, вычисленных по европейским нормам на 20–25% больше, чем по СНиП. Увеличение горизонтальных нагрузок составляет 30–40%.

УДК 693.56

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТ-НАПРЯЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ДЕНИСЕНКО И. В., СИДОРОВА А. И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Пост-напряжение становится все более популярным в мире за последние 30 лет из-за совершенствования технологии. В свое время возникали проблемы с коррозией канатов, особенно при строительстве паркингов, где использовалась защита от обледенения соледержащими добавками. Но улучшение материалов и методов