УДК 624.954

Избаш М.Ю., Крутова Н.А.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПО EUROCODE И УКРАИНСКИМ НОРМАМ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СИЛОСОВ

Введение. История первых бетонных элеваторов началась еще в тридцатых годах прошлого столетия, большинство из этих сооружений были разрушены во времена войны и возводились снова в пятидесятых годах. За прошедшие десятилетия форма и вид зернохранилищ изменялась от каменных складов до крупных промышленных комплексов (элеваторов). В девяностых строительство элеваторов прекратилось, что стало причиной эксплуатации сооружений, которые исчерпали свой ресурс и требуют капитального ремонта.

С 1 июля 2014 года в Украине вступили в силу европейские нормы на проектирование строительных конструкций, которые распространяются как на новое строительство, так и на реконструкцию объектов, относящихся к I, II, III и IV категориям сложности. В течение переходного периода в Украине, наравне с европейскими, будут действовать и отечественные строительные нормы на проектирование. Согласно им, реконструкция элеваторного сооружения должна проводиться либо по строительным нормам, разработанным на основе национальных технологических традиций, либо по строительным нормам, которые были гармонизированы с нормативными документами Европейского союза. В такой ситуации становится актуальным вопрос о сопоставлении двух методик определения нагрузок и воздействий на силосные сооружения по украинским и европейским строительным нормам.

Цель и задачи. Выполнить сравнительный анализ гармонизированного документа ДСТУ – Н Б EN 1991-4:2012 Еврокод 1. Действия на конструкции. Часть 4. Бункеры и резервуары [11] и действующих нормативных документов Украины по расчету и проектированию железобетонных зерновых силосов.

Результаты исследования. Для проведения анализа в первую очередь необходимо разобраться с терминологией, используемой в украинских и европейских строительных нормах. В украинских нормах применяется понятия «силос» и «бункер», а в европейской используется понятие «bins». Так, согласно [15] силосом считается вертикальная цилиндрическая или призматическая ёмкость, которая предназначена для хранения сыпучего материала. При этом высота от верха воронки или набетонки (забутки) до низа надсилосного перекрытия должна быть, как правило, более 1,5А (где А – площадь горизонтального сечения силоса). Из этого можно сделать вывод, что различие между силосами и бункерами состоит в высоте вертикальной части сооружений: у силосов она больше, у бункеров меньше [21]. Из Eurocode [19] следует, что бункеры и силосы рассматриваются как однотипные емкости – bins, которые могут быть «приземистыми» (squat), что ближе к принятому понятию бункера, или «стройными» (slender), что соответствует понятию силоса, но между данными понятиями не проводится никакой количественной разницы. Как следствие, в гармонизированных строительных нормах [11] употребляется только одно понятие «бункер». Для украинских норм различие в понятиях являются очень важными, так как расчет бункера и силоса ведется по различным теоретическим концепциям, описывающим их взаимодействие с сыпучей средой – в первом случае используется теория Ренкина, а во втором теория Янсена. В результате получаются совершенно различные результаты, которые могут отличаться в разы. В [11] бункер – это конструкция для хранения измельченного твердого материала (бункер, короб или силос), то есть в гармонизированных строительных нормах нет количественной разницы между силосами и бункерами, как и в [19], хотя и предложен большой выбор расчетных схем.

В гармонизированных строительных нормах [11] четко оговаривается, что определение нагрузок на конструкцию бункеров должно осуществляться совместно с ДСТУ Н Б EN 1991 [4-10] и ДСТУ –Н Б EN 1990 [14], а в украинских нормах указан только СНиП 2.01.07 [17], который в данный момент является не действительным и заменен на ДБН В.1.2:2006. Легко заметить, что для определения нагрузок по европейским стандартам требуется значительно большее количество нормативной литературы, чем по украинским. К тому же работа с ДБН В.2.2-8 -98 осложняется тем, что ссылки на нормативы, а также используемая символика является устаревшей и требует сопоставления с действующими нормами [3,13,16].

Согласно действующим украинским нормам [15] и справочной литературе [1, 2] для расчета силосов должны быть учтены нагрузки и воздействия:

- временные длительные (от веса сыпучих материалов; равномерного и длительной части горизонтального неравномерно распределенного по высоте и периметру давления сыпучих материалов на стены силосов и звездочек; трения сыпучих материалов о стены силосов; давления сыпучих материалов на днище силосов; подвесок электрических термометров; веса технологического оборудования с учетом динамических воздействий; усадки и ползучести бетона; крена при неравномерных осадках фундаментов; неравномерно распределенного реактивного давления грунта на подошву фундамента и неравномерной загрузки силосов; изгиба силосного корпуса при сблокированных силосах);

- краткосрочные (возникающие при изменении температуры наружного воздуха; от кратковременной части горизонтального неравномерного давления сыпучих материалов; давления воздуха, который подаётся в силос при активной вентиляции, газации, гомогенизации и пневматической выгрузке сыпучего материала);

- временная особенная нагрузка от давления, которое развивается во время взрыва.

При расчете бункера по абсолютным предельным состояниям по Eurocode [18-20] гармонизированным европейским нормам [11,12] должны учитываться следующие нагрузки и воздействия: заполнения и хранения сыпучих материалов (называются нагрузками от заполнения в ДСТУ-Н Б EN 1991-4); выгрузки сыпучих материалов (называется нагрузками при выгрузке в ДСТУ-Н Б EN 1991-4); временные нагрузки [4]; снеговые нагрузки [6]; ветровые нагрузки для случаев заполненного и пустого бункера [7]; температурные воздействия [8]; вынужденные деформации: осадки основания (ДСТУ-Н Б EN 1997); сейсмические нагрузки (ДСТУ-Н Б EN 1998); нагрузки от взрыва пыли. Стоит отдельно отметить, что в ДСТУ-Н Б EN 1991-4 указывается более расширенный список аварийных воздействий (от взрыва, от удара автомобиля, от землетрясения, расчетная ситуация при пожаре).

В ДБН В.2.2-8-98 сочетания нагрузок и воздействий указываются в зависимости от вида конструкций силосного сооружения.

В ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 принцип определения воздействий базируется на их разделение на три класса (AAC1, AAC2, AAC3). В зависимости от емкости бункеров назначается класс воздействий (табл. 2.1 [11]). В ДСТУ-Н Б EN 1990 устанавливается четкая градация комбинаций нагрузок и воздействий в зависимости от их класса.

Определение вертикальных нагрузок на стены силосов в украинских нормах зависит от: формы силоса в плане (круглая, прямоугольная, многогранная и т.д.); материала стен (железобетон, металл); диаметра отдельного силоса; типа сыпучих материалов, который будет храниться в силосе; объемно-планировочной схемы силосного сооружения и т.д. [3, 15]. В случае с ДСТУ-Н Б EN 1991-4 вертикальные нагрузки на стены определяются в зависимости от гибкости бункеров.

Выделяются следующие типы бункеров (силосов): гибкие с $2{,}0 \leq h_c/d_c$; промежуточной гибкости с $1{,}0 < h_c/_{dc} < 2{,}0$; малой гибкости с $0{,}4 < h_c/d_c \leq 1{,}0$; опорные бункеры с горизонтальным днищем $h_c/d_c \leq 0{,}4$ (где h_c - высота вертикального ствола бункера от переходного узла в эквивалентной поверхности сыпучего материала, d_c - характеристический размер внутреннего поперечного сечения бункера).

Исключения из классификации бункеров по гибкости указаны в пункте 3.3 [11].

Существенные отличия можно заметить при определении нагрузок на днище (воронки) силосов в гармонизированных нормах и украинских. Согласно пункту 4.15 [15] следует учитывать вертикальное нормативное давление сыпучих материалов на днище силосов с учетом коэффициента повышения давления, который зависит от материала днища (воронки) и вида сыпучего материала. Для днищ (воронок), которые имеют уклон, необходимо определять нормальное и касательное давление от сыпучего материала к их поверхности (пункт 4.19 [15]) с учетом угла наклона. В гармонизированных нормах нагрузки и воздействия определяются в соответствии с разделом 6 [11], где дается четкая классификация типов днищ (воронок): плоские, крутые, пологие. В зависимости от типа днища (воронки) бункеров предлагается методика определения нагрузок и воздействий. Вводится также коэффициент, который учитывает форму воронки. Кроме вертикального нормативного давления от сыпучего материала на поверхность днищ, используются такие виды воздействий и нагрузок как: реализованное и мобилизованное трение, нагрузки при заполнении и выгрузке сыпучих материалов.

Определение снеговых нагрузок отличаются в гармонизированных нормах [6] от действующих украинских строительных норм [13] учитываемыми коэффициентами. Так в ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3 используются коэффициенты окружающей среды (0,8…1,2) и температурный (C_t=1), а в ДБН В.1.2:2006 коэффициент режима эксплуатации кровли (C_e=1) и коэффициент географической высоты (C_{alt}=1). Одним из значительных недостатков ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3 является отсутствие возможности определения характеристического значения снеговой нагрузки, так как данные представлены только для стран, входящих в состав Евросоюза. К положительным сторонам [6] можно отнести учет особых сочетаний нагрузок, предусматривающих образование чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных снеговых мешков.

В ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4 и в ДБН В.1.2:2006 ветровую нагрузку принято считать состоящей из таких составляющих как: наружное и внутреннее давление ветра, силы трения, направленные по касательной к внешней поверхности. Различия между нормативами заключаются в количестве используемых коэффициентов для определения наружного и внутреннего давления и в наличии описания методики определения сил трения в гармонизированных нормах. Так, для определения ветровой нагрузки по действующим украинским нормам достаточно определить порядка десяти основных коэффициентов, а для ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4 характерно использование гораздо большего их количества, благодаря чему учитывается больше факторов, влияющих на точность и численное значение ветровой нагрузки.

Рассмотрим определение температурных воздействий на силосные сооружения. В действующих украинских нормах [13] температурное воздействие от суточного изменения температуры наружного воздуха и перепада температуры по толщине стен допускает заменять дополнительным горизонтальным давлением сыпучего материала на наружные стены сблокированных или отдельно стоящих силосов, считая его равномерно распределенным по периметру и высоте. В гармонизированных строительных нормах [8] учитываются: температурные воздействия, вызванные климатическими воздействиями, в результате температурных изменений наружного воздуха и солнечного излучения; эффекты, которые возникают от взаимодействия между конструкцией и её облицовкой во время изменений температуры; распределение температуры при обычных и аномальных условиях эксплуатации. Из выше перечисленного видно, что европейские стандарты учитывают более детально влияние температурных воздействий на силосные сооружения.

Вывод. Рассмотрев основные виды нагрузок и воздействий на железобетонные силосные сооружения по действующим украинским нормам и гармонизированным европейским стандартам можно заключить, что принципы и методики определения нагрузок и воздействий значительно отличаются.

Так, нормы на основе европейских стандартов предоставляют более четкую и подробную информацию по определению нагрузок и воздействий, отличаются значительно большим количеством коэффициентов, которые позволяют полнее смоделировать реальные нагрузки и воздействия на силосные сооружения. Но также увеличение количества коэффициентов в гармонизированных строительных нормах приводит к количественному увеличению нагрузок в разы. В случае проведения реконструкции силосных сооружений следует учитывать, что большинство из них были построены в период с пятидесятых по девяностые года XX века и, как следствие, нагрузки на их конструкции изначально закладывались в соответствии с отмененными или действующими украинскими строительными нормами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Латышев Б.В. Практические методы расчета железобетонных силосных корпусов [Текст] / Б.В. Латышев - Л.: Стройиздат, 1985. 192 с., ил.
2. Липницкий М.Е. Железобетонные бункера и силосы [Текст] / М.Е. Липницкий, Ж.Р. Абрамович. - Л., Стройиздат, 1967. – 355 с.
3. Бетоні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. - Офіц. вид. - К.: Мінбуд України, 2011. – 75 с.
4. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд: ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 (EN 1991-1-1:2002, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2012.
5. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі: ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 (EN 1991-1-2:2002, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2011.
6. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження : ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 (EN 1991-1-3:2003, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2011.
7. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження: ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 (EN 1991-1-4:2005, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2012.
8. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Загальні дії. Теплові дії: ДСТУ-Н Б EN 1991 -1-5:2012 (EN 1991-1-5:2003, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2013.
9. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-6. Загальні дії. Дії під час зведення : ДСТУ-Н Б EN 1991-1-6:2012 (EN 1991-1-6:2005, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2013.
10. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Дії під час зведення : ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 (EN 1991-1-7:2006, IDT). - Офіц. вид - К. : Мінрегіон України, 2011.
11. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 4. Загальні дії. Бункери і резервуари: ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 (EN 1991-4:2006, IDT). - Офіц. вид - К. : Мінрегіон України, 2013.
12. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд: ДСТУ- Н Б EN 1992-1-1:2010 (EN 1992-1-1:2004, IDT). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2011.
13. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. - Офіц. вид. - К.: Мінбуд України, 2006. - 78 с. - (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Державні будівельні норми України).
14. Настанова основи проектування конструкцій: ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990:2002, IDN). - Офіц. вид - К.: Мінрегіон України, 2009.
15. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. Будинки і споруди: ДБН В.2.2-8-98. - Офіц. вид. - К.: Мінбуд України, 1998. – 110 с.
16. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009 - Офіц. вид. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. - 86 с. - (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Державні будівельні норми України).
17. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция: СНиП 2.01.07-85*. - Изд. офиц. - М.: Госстроя СССР, 1987. - 80 с.
18. Eurocode - Basis of structural design : EN 1990:2002+A1. - Brussels : Management Centre, 2002. - 116 c. - (European Standard).
19. Eurocode 1: Actions on structures - Part 4: Silos and tanks : EN 1991-4. - Brussels: Management Centre, 2006. - 107 c. - (European Standard).
20. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: EN 1992-1-1:2004.- Brussels: Management Centre, 2008. - 225 c. - (European Standard).
21. Банніков Д.О. Особливості класифікації ємнісних конструкцій для сипучих матеріалів [Електронний ресурс]/ Д.О. Банніков // Вісник ОДАБА. - 2009. - №17. - С. 12-17. – Режим доступу до журн.: http://eadnurt. diit. edu.ua/jspui/handle/123456789/753.