

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ЕМКОСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Банников Д.О. (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, г. Днепропетровск)

Стаття присвячена аналізу сучасного стану питання щодо класифікації ємнісних конструкцій. Воно є досить важливим і актуальним, адже відповідно до неї виконуються подальше проектування таких споруд. В роботі подається авторська точка зору на порушене питання.

Емкостные конструкции для сыпучих материалов являются одним из достаточно распространенных классов строительных конструкций и в настоящее время используются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. Они предназначены для кратковременного или длительного хранения различных видов сыпучих материалов, которые используются в различных технологических процессах.

Несмотря на достаточно большое разнообразие видов сыпучих сред, емкостные конструкции для сыпучих материалов имеют достаточно однотипную конструктивную схему – необходимое для хранения материалов пространство образуется оболочками или пластинками различной конфигурации, подкрепленными для повышения их пространственной жесткости специальными ребрами [1]. Примерно такую же структуру имеют и другие емкостные конструкции – газгольдеры, предназначенные для хранения газов, и резервуары, предназначенные для хранения жидкостей.

Подобное единство, как в функциональном, так и конструктивном отношении таких конструкций было отмечено в одной из первых приводимых для них классификаций в известной монографии [2]. В ней емкости для сыпучих материалов вместе с резервуарами, газгольдерами, трубопроводами, трубами, кожухами доменных печей, барабанными печами и линейными ускорителями протонов были отнесены к одному большому виду листовых конструкций. Вот как они определяются в упомянутой работе: «Листовые конструкции представляют собой емкостные конструкции, состоящие из металлических листов и предназначенные для хранения, транспортирования, перегрузки и переработки жидкостей, газов и сыпучих материалов».

При этом прослеживаются два аспекта, положенные в основу такой классификации. Во-первых, это наличие во всех этих видах сооружений несущих оболочек, технологически выполнявшихся из стальных листов. И во-вторых, это объединенные вместе технологические операции хранения, транспортирования, перегрузки и переработки по отношению к трем видам сред.

В принципе подобная классификация, по мнению автора, вполне могла бы применяться и в настоящее время, если бы не ряд замечаний и оговорок.

Во-первых, листовые конструкции могут изготавливаться не только из металла, но также и из других строительных материалов, в первую очередь – из железобетона [3]. Причем достаточно сложно утверждать, чтобы какой-либо из этих материалов существенно доминировал [4]. Однако, по отношению к железобетону понятие «листовые конструкции» становится уже некорректным, поскольку отсутствуют сами «листы». Вместо этого применяют термин «складчатые конструкции», который также не может считаться удачным, поскольку силос цилиндрической формы довольно сложно считать «складчатым».

Во-вторых, все емкостные конструкции предназначены только для практической реализации технологической операции хранения какой-либо из сред (газообразной, жидкой или сыпучей). К технологическим операциям транспортировки и уж тем более перегрузки и переработки они не имеют никакого отношения.

И в-третьих, емкостные конструкции для сыпучих материалов исторически принято разделять на силосы (иногда их называют еще башни для сыпучих материалов) и бункера. Все отличие между ними согласно действующему нормативному документу [5] сводится к высоте вертикальной части сооружений: у силосов она больше, у бункеров меньше. При этом в количественном отношении граница между ними совершенно четко устанавливается упомянутыми нормами, но становится совершенно размытой при знакомстве с многочисленной справочной и специальной литературой:

- $1,5 \cdot A$ (где A – площадь горизонтального сечения емкости) согласно нормам [5];
- $1,5 \cdot \sqrt{A}$ согласно достаточно распространенному в среде инженеров-проектировщиков пособию [4];
- a (где a – наименьший размер воронки в плане) согласно уже ставшей классической работе [2, с.191];
- $1,5 \cdot a$ согласно все той же работе [2, с.192].

Ряд справочных изданий, в т.ч. и современных, как например [1, 6] никакой количественной границы между бункером и силосом вообще не приводит. Так же отсутствует подобная количественная характеристика и в широко популярной до сих пор учебной литературе (см., например, [7]).

При этом все источники оказываются единодушны в том, что бункера и силосы рассчитываются по совершенно 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.

На нелогичность подобной ситуации обратил внимание и один из современных исследователей работы емкостных конструкций - проф. Х. Ягофаров в своей монографии [8].

Учитывая это обстоятельство, иностранная нормативная и справочная литература не проводит никакой количественной границы между бункерами и силосами, но и в свою очередь, не ограничивает в выборе расчетных схем (см., например, [9]). Согласно Eurocode [10] и бункера, и силосы рассматриваются как однотипные емкости – bins, которые могут быть «приземистые» (squat), что ближе к принятому понятию бункера, или «стройные» (slender), что практически соответствует понятию силоса в русскоязычной литературе.

Таким образом, вопрос о классификации емкостных конструкций в настоящее время является достаточно запутанным и противоречивым, что в свою очередь, находит отражение и в методологии их проектирования. Сама же задача ее совершенствования является достаточно актуальной, поскольку в принципиальном отношении описанная выше ситуация сохраняется уже практически свыше 100 лет.

Проблемой изучения работы емкостных конструкций для сыпучих материалов, совершенствования теории их проектирования и эксплуатации, а также разработкой более рациональной конструктивной схемы автор настоящей публикации занимается уже достаточно продолжительное время. Первоначальные исследования были направлены на установление основных особенностей и закономерностей расчета емкостных сооружений с применением ряда современных численных методов строительной механики. Основные результаты нашли отражение в монографии [11].

Более поздние исследования направлены, в первую очередь, на изучение вопросов аварийности бункеров и силосов. Было установлено, что одной из причин повышенного износа таких конструкций является имеющая место двойственная методология проектирования – для силосов своя, для бункеров иная [12].

В работах по геометрическому формообразованию емкостей для сыпучих материалов была сделана попытка (и по мнению автора, довольно удачная) оценить эти два родственных вида строительных конструкций с единых позиций, демонстрируя их фактическую близость и единство [13].

Еще больше автор убедился в возможности однотипной оценки как бункерных, так и силосных конструкций, когда удалось теоретически на основе единой модели описать взаимодействие сыпучей среды с элементами конструкции. При этом стало очевидно, что в установлении какой бы то ни было границы вообще нет никакой необходимости. Как для бункеров, так и для силосов поведение сыпучего материала полностью описывается совершенно однотипными зависимостями, поэтому фактически их не следует различать [14].

Также с совершенно единообразных позиций может быть осуществлено и конструирование емкостей для сыпучих материалов [15]. При этом возможно использование предложенной автором панельной конструктивной схемы на основе гофрированных стальных листов. Как показывают, выполненные автором оценочные исследования эффективности применения подобного конструктивного решения, оно позволяет нивелировать ряд недостатков существующей традиционной схемы и снизить материалоемкость конструкции на 15 – 20 % [16].

Таким образом, очевидным становится необходимость изменения традиционной методологии проектирования и создания емкостных конструкций для сыпучих материалов, основанную на выделении бункеров и силосов как различных видов конструкций. Результаты приведенных выше исследований позволяют утверждать о единстве этих двух видов сооружений и существующей искусственности их выделения в самостоятельные виды.

Принимая это во внимание, а также опираясь на приведенные в обзорной части настоящей публикации аргументы, свидетельствующие о несовершенстве существующей классификации емкостных конструкций, автору представляется необходимым и обоснованным предложить альтернативный подход к данному вопросу.

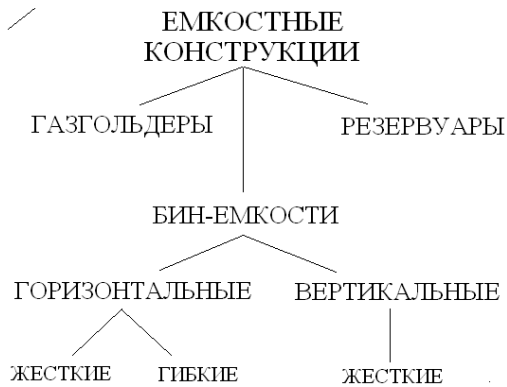
Во-первых, следует рассматривать емкостные конструкции, как самостоятельный класс строительных конструкций, осуществляющий отдельную технологическую операцию хранения различных сред, не включая их в надкласс листовых или складчатых конструкций. К ним следует относить газгольдеры, резервуары и емкости для сыпучих материалов, в соответствии с хранимой средой.

Во-вторых, возможно вместо термина «емкость для сыпучих материалов» использовать более короткий термин «бин-емкость», хотя автор не уверен в его жизнеспособности.

В-третьих, внутри подкласса «бин-емкость» представляется возможным выделить гибкие и жесткие разновидности конструкций.

И в-четвертых, предлагается не разделять отдельно бункера и силосы, объединив их в разновидность жестких вертикальных «бин-емкостей».

Схематически предлагаемая классификация приведена на рисунке.



Выводы

Таким образом, внося определенные коррективы в существующие представления о классификации емкостных конструкций, по мнению автора, удастся разрешить ряд противоречивых ситуаций, имеющих место при использовании традиционной классификации. Кроме этого предлагаемая классификация является более строгой, наглядной и, что самое важное, имеющей соответствующее аргументированное обоснование.

Автор полностью осознает неоднозначность и сложность затронутого в настоящей публикации вопроса. Вполне возможно его неприятие в среде инженеров-проектировщиков, к которым автор относится с глубочайшим уважением и почтением. Однако, вместе с тем автор – человек, привыкший опираться на факты и делать научные логические заключения. И поэтому считает, что предлагаемый подход все-таки имеет право на существование и может оказаться полезен во многих практических ситуациях.

Литература

1. Справочник проектировщика. Металлические конструкции: В 3 т. / Под ред. В.В. Кузнецова. – Т. 2: Стальные конструкции зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 526 с.
2. Лессиг Е. И. Листовые металлические конструкции / Лессиг Е. И., Лилеев А. Ф., Соколов А. Г. – М.: Стройиздат, 1970. – 488 с.
3. Липницкий М.Е. Проектирование железобетонных бункеров и силосов / Липницкий М.Е., Абрамович Ж.Р. – Л.: Стройиздат, 1960. – 288с.
4. Руководство по расчету и проектированию железобетонных, стальных и комбинированных бункеров / Ленпромстройпроект. – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.
5. Підприємства, будівлі та споруди по зберіганню та переробці зерна: ДБН В.2.2-8-98. – [Введ. 01.07.98]. - К.: Держбуд України, 1988. – 41 с.
6. Справочник проектировщика инженерных сооружений / Под ред. Д. А. Коршунова. – К.: Будівельник, 1988. – 352 с.
7. Металлические конструкции: учебн. для вузов. / Под общ. ред. Е. И. Беленя / Изд. 5-е перераб. и дополн. – М.: Стройиздат, 1976. – 600 с.
8. Ягофаров Х. Основы теории проектирования листовых металлических конструкций. Пирамидально-призматический бункер / Ягофаров Х., Собакин Н.Н. – Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 234 с.
9. Structural Engineering Handbook / Edited by Edwin H. Gaylord, Jr., Charles N. Gaylord, James E. Stallmeyer. - 4th ed. - McGraw-Hill, 1997. – 624 p.
10. Design of steel structures: prEN 1993-4. Eurocode 3, Part 4: Tanks, silos and pipelines. - CEN, 1998.
11. Банников Д. О. Расчет пирамидально-призматических бункеров методом конечных элементов / Банников Д. О., Казакевич М. И. - Днепропетровск: Наука и образование, 2003.- 150 с.
12. Банников Д. О., Казакевич М. И. Основные причины аварий жестких стальных бункеров и низких силосов / Д. О. Банников, М. И. Казакевич // Металеві конструкції. – 2002. – Том 5, номер 1. - с. 59-66.
13. Банников Д. О. Выбор рациональной геометрической формы емкостей для сыпучих материалов / Д. О. Банников // Proc. of 13th Polish-Ukrainian sem. “Theoretical Foundations of Civil Engineering”. – Warsaw: Warsaw University of Technology. – 2005. – с. 53-60.
14. Банніков Д. О. Особливості розподілу тиску сипучого матеріалу в одноступінчастих ємнісних конструкціях / Д. О. Банніков // Збірник наукових праць ПолтНТУ. Серія “Галузеве машинобудування, Будівництво”. – Полтава: вид-во ПолтНТУ. – 2008. - Вип. 21. - с. 79-87.
15. Банников Д. О. Новая конструкция бункерной емкости из стальных панелей / Д. О. Банников, М. И. Казакевич, Л. М. Рабер // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2007. – № 6. – с. 98-102.
16. Банников Д. О. Модернизация конструктивной схемы стальных емкостей / Д. О. Банников // Наук.-техн. зб.: Автомобільні дороги та дорожнє будівництво. – К.: Нац. трансп. ун-т. – 2006. - № 73. - с. 30-35.