



**Рис. 1. Модульний склад шатрового типу для тимчасового зберігання зерна**

Дах сховища являє собою просторову конусну конструкцію, зібрану з несучих тросів і мембрани (тарпаулін 300). Тарпаулін 300 – це міцний плетений поліетилен, товщиною 0,46 мм та вагою 300г на 1м<sup>2</sup>.

Конструкція покрівлі виключає потрапляння в склад атмосферних опадів, проникнення птахів і забезпечує максимальну місткість.

Плоске мембранне днище (підкладка) являє собою плоску мембрану виготовлену з секторів тарпауліну 120 зшитих між собою герметично.

Діаметр корпусу сталевого сховища 32м, висота стіни – 1.460 м.

#### *Література*

1. S. Pichugin, K Oksenenko, *Comparative analysis of design solutions of metal silos, Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 53 (2), 54-60 (2019). DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1890>.

2. *Австралійський бункер [ Інтернет ресурс ]. – Режим доступу – <https://agrarii-razom.com.ua/article/suchasna-tehnologiya-zberigannya-zerna-prihodit-v-ukrainu>*

**УДК 69.059**

*С.Ф. Пічугін, д.т.н., професор*

*Л.А. Клочко, аспірантка*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Полтава, Україна*

## **АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ МОЖЛИВОГО ВИНИКНЕННЯ АВАРІЇ ЯК ЧАСТИНА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТА**

На сучасному етапі розвитку будівельної справи в цілому по всьому світу вже не один рік піднімаються питання щодо подальшого вивчення прогресуючого руйнування. Цей термін є темою для наукових досліджень та

багатьох робіт вчених. Кожна розвинена країна представляє наробики своїх досліджень у всесвітньовідомих університетах із єдиною метою – підвищення рівня безпеки будівельного об'єкта.

На основі трагічного досвіду таких аварій як у Севезо, Італія [1], були розроблені та запроваджені директиви, норми та закони щодо методики ведення аналізу небезпеки та працездатності, як наприклад HAZOP [2]. На даний час такі методики та алгоритми потребують впровадження і у цивільному будівництві також. Про це говорять реалії будівельних проектів, їхня унікальність, масштабність та використання новітніх архітектурних форм та матеріалів, що повинно у максимальній мірі забезпечувати надійність конструкцій.

Таким чином, у ході проведення наукового дослідження було поставлено та вирішено питання розробки алгоритму, який би зміг інженерам-проектувальникам дати чітку методологію щодо ведення моделювання виникнення можливої аварії на будівельному об'єкті.

Даний алгоритм має бути використаним інженерами-проектувальниками на етапі розробки проектної документації будівельного об'єкта.

Будівлі, які включені в даний алгоритм, можуть та мають бути доповнені виходячи із практики сучасного будівництва в Україні (особливі конструктивні рішення, матеріали, системи зведення і т.д.).

Мета алгоритму постає у дослідженні можливості виникнення прогресуючого руйнування на будівельному об'єкті, визначенні найбільш уразливих ділянок проекту та в загальній перевірці, що дає змогу уникнути механічних помилок у розрахунках. Результатом перевірки є висновки інженера на основі візуалізації проведеного моделювання аварії будівельної споруди.

Для проведення алгоритму необхідно використовувати об'ємну візуалізацію запроектованої будівлі за допомогою програмного комплексу, що задовольняє вимогам проекту.

На основі проведеного аналізу можна за необхідності вносити зміни у проект. Після цього умова повторної перевірки за окремими пунктами алгоритму є обов'язковою.

Створений алгоритм дає змогу проведення повного аналізу будівлі, але також враховує рівень значущості та складності каркасу, завдяки чому виокремлює основні першочергові етапи. Така система дає змогу інженерам пропрацьовувати тільки необхідні моделі руйнування, без розгляду мало-важливих відмов конструкцій.

Структура послідовності використання алгоритму включає:

1. Вибір класу наслідків в залежності від типу будівлі [3]. Клас наслідків є основним критерієм у градації першочерговості виконання моделювання.

2. Визначення рівнів значущості етапу аналізу..

Усього заплановано до впровадження чотири рівня (етапи) проведення аналізу.

Рівень один – відповідає базовим вимогам, обов'язковим до виконання

для будь-якого інженерного проекту різного типу складності, класом наслідків та значущості. Перший рівень є базовим і повинен бути представлений в проектній документації цивільної чи промислової будівлі.

Рівень два – наступний етап проведення моделювання виникнення можливої аварії будівельного об'єкта. Відповідає вимогам, які необхідно виконати для будівель із класом наслідків СС2.

Рівень три – після проведення візуалізації та обробки висновків руйнування на етапі 1 та 2, необхідно проводити наступний аналіз для будівель із класом наслідків СС3.

Для кожного із типів будівель приведена інформація щодо рівня (етапу) проведення аналізу. Таким чином, інженер може виконати моделювання за алгоритмом у послідовності від найбільш важливого до найменш значущого можливого виникнення аварії.

Типи моделювання аварії представлені на основі багаторічного дослідження та аналізу причин аварій будівель та споруд по всьому світу, різних типів каркасів та класу відповідальності [4,5,6], що є найголовнішим фактором розробки даної методології.

Отриманий алгоритм є досить практичним для подальшого використання і ставить на меті його впровадження до проектної документації. Приведення у дію такого алгоритму надасть можливість інженерам перевіряти можливість виникання прогресуючого руйнування на будівельному об'єкті найбільш ефективно, так як алгоритм зосереджений на пропрацюванні найбільш вразливих ділянок будівельних каркасів різного типу.

#### *Література*

1. *Major Industrial Accidents. Tosco Refinery fire Flawed Management Supervision* [(accessed on 17 January 2018)]; Available online: <http://accidentsoilandgas.blogspot.com/2013/01/seveso-disaster-dioxin-crisis-icmesa.html>
2. *International Electrotechnical Commission (IEC) Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies)—Application Guide*. IEC; Geneva, Switzerland: 2016. IEC 61882:2001.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 *Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва*. – К., Мінрегіон України, 2013. – 40 с.
4. Pichugin S.F., Klochko L.A. *Building Accident Causes at a Stage of Construction and Acceptance in Operation-International Journal of Engineering & Technology – Vol 7, No 3.2 (2018) – P. 311–315*. Наукометрична база SCOPUS (за кордоном) DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14426
5. Pichugin S.F., Klochko L.A. *Accidents analysis of steel vertical tanks*. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_21) Наукометрична база SCOPUS (за кордоном) С. 193-204
6. Pichugin S.F., Klochko L.A. *Forecasting the possible accident scenario on the example of Self-framing metal buildings* In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 181, стр. 331–342* Наукометрична база SCOPUS (за кордоном) DOI:10.1007/978-3-030-85043-2\_31