

## АНОТАЦІЯ

*Клочко Л.А.* Прогнозування імовірних механізмів руйнування будівель. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія (19 «Архітектура і будівництво»). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2022.

### **Основний зміст дисертаційної роботи**

В дисертаційній роботі розроблений та реалізований алгоритм моделювання можливого виникнення аварії будівлі або споруди для виконання інженерами-проектувальниками на базі об'ємної моделі каркасу на етапі розроблення проектної документації. Основою для створення алгоритму була зібрана та опрацьована статистична інформація щодо аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр.

На сучасному етапі будівельної справи, в результаті виникнення широкого спектру конструктивних підходів, використання різних типів матеріалів та впровадження інженерно-архітектурних новітніх рішень, питання безвідмовності конструкцій є першочерговим. Складність поставлених завдань найчастіше полягає в унікальності об'єктів будівництва та в їх високому рівні відповідальності. Із іншого боку, вже існуючі конструктивні моделі проходять (або не проходять) перевірку часом, випробуються на стійкість до прогресуючого руйнування. Все вище наведене ініціює детальні дослідження питань виникнення можливих аварій будівель та споруд.

Необхідність розвитку напрямку у проектуванні, пов'язаному із дослідженням стійкості каркасу будівлі або споруди до прогресуючого руйнування, із метою зменшення ризику виникнення відмов на усіх етапах роботи несучих конструкцій каркасу будівельного об'єкту розкриває актуальність даного питання.

Метою дослідження було створення алгоритму моделювання механізму ймовірного виникнення аварії на будівельному об'єкті різного типу призначення з

метою забезпечення його надійності та безвідмовності.

*У першому розділі* дисертаційної роботи висвітлені загальні відомості про аварії в будівництві та прогнозування сценарію аварії. Розглянуто стан питання на сьогодні; історичний досвід аварій будівель та споруд; поняття аварії та статистичної обробки даних при них; методи оцінки ризику та прогнозування сценарію аварії будівельного об'єкта.

*Другий розділ* присвячений систематизації аварій у будівництві, приведені основні положення роботи на основі досліджень інформації аварій будівель за минуле століття. Визначені основні етапи обробки даних статистики аварій будівель та споруд. Проведена обробка інформації щодо аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр. Зібраний матеріал опрацьований та структурований у вигляді таблиць за класифікацією. При проведенні статистичного збору інформації об'єкти групувалися за стадіями роботи конструкції, за причиною аварії, за типом об'єкту, за зруйнованими конструктивними елементами (несуча стіна, колона, фундамент, перекриття, покриття, інші) та за факторами впливу на конструкцію.

Зібраний матеріал нараховує 283 випадки руйнувань будівель та споруд за період 2000-2022 рр. Представлені аварії під час будівництва та введення об'єкта в експлуатацію в обсязі 106 інцидентів; під час експлуатації – 109; реконструкції – 26 випадків; аварії внаслідок великого віку об'єкта – 42 аварії; аварії без встановлених причин; аварії, спричинені природними факторами; розглянуті аварії споруд підвищеної небезпеки, а саме резервуари.

*У третьому розділі* представлена класифікація аварій у будівництві за імовірністю їх виникнення. Проведений аналіз зібраного статистичного матеріалу аварій будівель та споруд за 2000-2023 рр. Результати аналізу представлені у вигляді графіків та відсоткових діаграм. Аналіз показав що найвищий відсоток виникнення аварій припадає на етап будівництва та введення в експлуатацію (54%) для житлових багатоповерхових будівель (55%), що спричинено здебільшого недотриманням норм при будівництві (50%) (порушенням правил техніки безпеки, помилками проектувальників, веденням незаконного будівництва та використання неякісних матеріалів).

Аналіз будівель та споруд дав змогу виділити найбільш розповсюджені руйнування будівель та споруд. До них належать недотримання норм під час будівництва 39% (а саме помилки будівельників 46%, незаконне будівництво 17%, використання невідповідного матеріалу або його економія 23% та недотримання техніки безпеки проведення будівельно-монтажних робіт 14%), помилки проектувальників 7%, некоректна експлуатація 28%, некоректна реконструкція та/або демонтаж 11% та аварії внаслідок високо віку об'єкта (недотримання терміну експлуатації, несвоєчасне проведення експертизи та реконструкції) 13%.

Акцентовано увагу на наступній інформації, що була отримана в ході дослідження:

- прогресуюче руйнування в більшості випадків виникало для житлових багатоповерхових будівель (загалом 51% руйнувань за всіма типами будівель). Хоча нормативні документи із питань прогресуючого руйнування концентрують найбільшу увагу на будівлях громадського призначення, їх відсоток також досить значний – 24%, достатня увага для житлових будівель досі не привертається, що, виходячи із проведеного дослідження, потребує підвищеної уваги;

- аварії в результаті виходу несучих колон із ладу та втрати ними несучої здатності складають тільки 1% від загальних аварій;

- аварії, що спричинили повне раптове обвалення будівлі в результаті дії багатокомпонентного руйнування (одночасне руйнування декількох несучих конструкцій різного типу із лавиноподібним стрімким руйнуванням всього каркасу будівлі, що може визначатися як прогресуюче руйнування) складають 22% від загальної кількості аварій;

- аварії спричинені втратою несучої здатності перекриття будівлі складають 11% відсотків від загальної кількості проаналізованих аварій.

*У четвертому розділі* представлений алгоритм моделювання можливого виникнення аварії будівлі або споруди. Визначені основні етапи проведення алгоритму моделювання можливого виникнення аварії будівлі, які включають в себе: визначення типу будівлі, визначення послідовності моделювання можливого

виникнення аварії на будівельному об'єкті, аналіз та висновки по деформованій моделі каркасу.

На підставі основних положень розрахунків економічних та неекономічних наслідків аварій в будівництві, був розроблений алгоритм процесу розрахунків економічних та неекономічних наслідків.

Основні характеристики алгоритму наступні:

- виконується на основі об'ємної моделі каркасу будівлі;
- сценарії аварій досліджуються в залежності від класу відповідальності будівлі та її типу (рівні значущості);
- аналіз проведеного моделювання проводиться на можливість будівлі протистояти прогресуючому руйнуванню;
- враховуються економічні та неекономічні наслідки сценарію руйнування;
- якщо у ході моделювання виникають лавиноподібні руйнування, представлений перелік рекомендацій, щодо усунення можливості прогресуючого руйнування каркасу.

Надані рекомендації використання алгоритму, із метою попередження прогресуючого руйнування у результаті виникнення лавиноподібних руйнувань, які включають в себе проведення обліку локальних руйнувань, використання пластично-деформованих матеріалів та конструкцій у проектуванні, підвищення рівня статичної невизначеності системи, забезпечення стійкості до бічних навантажень для горизонтальних елементів та забезпечення мінімальним ступенем безперервності та горизонтальним та вертикальним з'єднанням між собою для всіх конструктивних елементів.

*П'ятий розділ* дисертаційного дослідження присвячений реалізації розробленого алгоритму моделювання можливого виникнення аварії на прикладі реального будівельного об'єкта.

У ході реалізації створеного алгоритму моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, а саме, промислової будівлі, було виконано 9 сценаріїв руйнування конструкцій із різних причин.

Шість сценаріїв аварій змодельовано для першого рівня значущості для

промислової будівлі, а саме:

- можливе виникнення аварії на етапі будівництва та введення в експлуатацію (2 сценарію): перевірка на розрахункові помилки (конструкції покриття) та дослідження роботи каркаса в умовах можливого порушення норм будівництва та відрогідності відхилення від проекту;

- можливе виникнення аварії на етапі експлуатації (4 сценарію): моделювання руйнування несучих конструкцій каркасу у умовах понаднормових вібраційних навантажень на конструкції перекриття, моделювання імовірності виникнення вибуху в будівлі, не проведення своєчасного ремонту (або виконання некоректної реконструкції) та сценарій проведення неправильного демонтажу конструкцій каркасу.

Три сценарію аварій змодельовано для другого рівня значущості для промислової будівлі, а саме:

- можливе виникнення аварії на етапі будівництва та введення в експлуатацію (2 сценарію): перевірка на розрахункові помилки (несучі конструкції каркасу) та використання невідповідного матеріалу.

- можливе виникнення аварії на етапі експлуатації (1 сценарій): руйнування несучих конструкцій каркасу у умовах понаднормових навантажень на конструкції перекриття верхніх прольотів.

Проведене моделювання зазначених сценаріїв руйнування на реальній будівлі промислового призначення, досліджено напружено-деформовану модель каркасу, проведений аналіз отриманих даних підходом до розрахунку Demand Capacity Ratio (DCR) із порівнянням значень з пороговими для виявлення руйнування конструкції.

Проведений розрахунок на економічні та неекономічні наслідки, що у свою чергу дало змогу встановити рівень відповідальності будівлі та можливі збитки у результаті можливого виникнення руйнування.

Відповідно поставленим задачам дослідження було створено статистику аварій будівель та споруд за 2000-2022 рр., запропоновано класифікацію за імовірністю їх виникнення, проаналізовані та застосовані методи розрахунку

економічних та неекономічних наслідків, проведено аналіз аварій будівель та споруд, на базі даного аналізу розроблений алгоритм моделювання можливого виникнення аварії будівлі або споруди, який буд реалізований на прикладі промислової будівлі.

Результати отримані автором в дисертаційній роботі за рахунок високої актуальності у використанні впроваджені в практичне проектування та навчальний процес.

Проведений перший досвід практичного застосування алгоритму показав його перспективність та можливість використання як інструменту забезпечення надійності та безаварійності будівель та споруд.

**Ключові слова:** аварія, алгоритм моделювання аварії, аварії на етапі будівництва, аварії на етапі реконструкції, аварії на етапі експлуатації, безвідмовність, вилучення елемента каркасу, економічні наслідки, живучість, імовірність аварії, класифікація аварій, неекономічні наслідки, надійність, прогресуюче руйнування, ризики в будівництві, руйнування, резервуари, рівень відповідальності будівлі, стійкість, сценарій аварії, споруди.

## ABSTRACT

*Klochko Lina* Forecasting of probable mechanisms of buildings destruction. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis on conferment of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 192 - Construction and civil engineering (19 “Architecture and construction”). National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". –Poltava, 2022.

### **The main content of the thesis.**

In the dissertation work, an algorithm for modelling the possible building or construction accident occurrence was developed and implemented for accomplishment by design engineers with using a three-dimensional frame model at the stage of design documentation development. Collected and processed statistical information on building and construction accidents for 2000-2022 is the main basis for creating the algorithm.

At the current stage of the construction industry, there are a wide range of constructive approaches with a various type of used materials and latest engineering and

architectural solutions implementation. Obviously, the question of the structure's reliability is in a primary importance. The complexity of the tasks most often based in the uniqueness of the construction sites and their high level of responsibility. On the other hand, already existing structural models pass (or do not pass) the test of time, and are tested for resistance to progressive destruction. All of the above initiates detailed research into possible building and construction accidents.

The need to develop a direction in design related to the study of the building or structure frame resistance to progressive destruction, in order to reduce the risk of failures at all work stages of the load-bearing frame structures, reveals this issue relevance.

The aim of the study was to create an algorithm for modeling the mechanism of the probable accident occurrence at a construction object in order to ensure its reliability and failure-free operation.

*The first chapter* of the thesis presents general information about accidents in construction and forecasting the accident scenario. There are considered the current state of the issue; historical experience of building and construction accidents; the concept of accidents and statistical data processing in them; methods of risk assessment and forecasting the accident scenario of a construction facility.

*The second chapter* is devoted to the systematization of accidents in construction, the main provisions of the work based on the research of information on building accidents for the past century are presented. The main stages of data processing of buildings and structures accident statistics are defined. The processing of information on buildings and structures accidents for 2000-2022 was carried out. The collected material was processed and structured in the form of tables according to classification. During the statistical information collection, the objects were grouped by the construction stages, by the cause of the accident, by the type of object, by the collapsed structural elements (bearing wall, column, foundation, overlapping, roof, others) and by the factors affecting the structure.

The collected material includes 283 cases of buildings and structures destruction for the period 2000-2022 years. Presented accidents during the construction and acceptance in operation in the amount of 106 incidents; during operation – 109;

reconstruction – 26 cases; accidents due to the big age of the facility – 42 accidents; accidents without established reasons; accidents caused by natural factors; considered accidents of high danger structures, namely tanks.

*The third chapter* presents the classification of accidents in construction according to the probability of their occurrence. The analysis of the collected statistical material of buildings and structures accidents for 2000-2023 years was carried out. The results of the analysis are presented in the form of graphs and percentage diagrams. The analysis showed that the highest percentage of accidents occurs at the stage of construction and acceptance in operation (54%) for residential multistory buildings (55%), which is mostly caused by non-compliance with construction rules (50%) (violation of safety rules, designers' errors, conducting illegal construction and use of low-quality materials).

The buildings and structures analysis made it possible to identify the most widespread buildings and structures destruction. These include non-compliance with the norms during construction 39% (namely, errors of builders 46%, illegal construction 17%, use of inappropriate material or its saving 23% and non-observance of safety techniques for construction and installation work 14%), errors of designers 7%, incorrect operation 28%, incorrect reconstruction and/or dismantling 11% and accidents due to the big building age (non-observance of the period of operation, untimely examination and reconstruction) 13%.

Attention is focused on the following information obtained during the research:

- progressive destruction in most cases occurred for residential multistory buildings (in total, 51% of destruction for all buildings types). Although regulatory documents on progressive destruction mainly focus on public buildings, their percentage is also quite significant - 24%, residential buildings still do not receive enough attention, which, based on the conducted research, needs to be increased;

- accidents as a result of load-bearing columns failure and their loss of load-bearing capacity make up only 1% of total accidents;

- accidents that caused the complete sudden collapse of the building as a result of multi-component destruction (simultaneous several load-bearing structures destruction of various types with an avalanche-like rapid the entire building frame destruction, which



can be defined as progressive destruction) make up 22% of the total accidents number;

- accidents caused by the of the load-bearing capacity loss of the building overlapping account for 11% of the total analyzed accidents number.

*The fourth chapter* presents an algorithm for modeling the possible occurrence of a building or structure accident. The main stages of carrying out the algorithm for modeling the possible occurrence of a building accident are determined, which include determining: the building type, the sequence of modeling the possible accident occurrence an at the construction site, analysis and conclusions based on the deformed frame model.

Based on the main provisions of economic and non-economic consequences calculations of accidents in construction, an algorithm of the economic and non-economic consequences calculations was developed.

The main characteristics of the algorithm are as follows:

- performed on the basis of a three-dimensional building frame model;
- accident scenarios are investigated depending on the liability class of the building and its type (significance levels);
- analysis of the conducted modeling is carried out on the ability of the building to resist progressive destruction;
- economic and non-economic consequences of the destruction scenario are taken into account;
- if avalanche-like destruction occurs during modeling, a list of recommendations is presented to eliminate the possibility of progressive destruction of the frame.

Recommendations for the algorithm implementation are provided, with the aim of preventing progressive destruction as a result of avalanche-like destruction, which include accounting for local destruction, the use of plastically deformed materials and structures in design, increasing the level of static uncertainty of the system, ensuring resistance to lateral loads for horizontal elements and providing a minimum degree of continuity and horizontal and vertical connection between each other for all structural elements.

*The fifth chapter* of the thesis is devoted to the implementation of the developed algorithm for modeling the possible occurrence of an accident on the example of a real

construction object.

During the implementation of the created algorithm for modeling the possible occurrence of an accident at a construction site, namely, an industrial building, 9 scenarios of the structures destruction in various cases were performed.

Six accident scenarios are modeled for the first level of significance for an industrial building, namely:

- possible occurrence of an accident at the stage of construction and acceptance in operation (2 scenarios): checking for calculation errors (roof structures) and investigating the operation of the frame in conditions of possible violation of construction norms and the possibility of deviation from the project;

- possible occurrence of an accident at the operation stage (4 scenarios): simulation of the destruction of the load-bearing frame structures under conditions of excessive vibration loads on the floor structure, simulation of the probability of an explosion in the building, failure to carry out timely repairs (or incorrect reconstruction) and the scenario of improper frame structures dismantling.

Three accident scenarios are simulated for the second level of significance for an industrial building, namely:

- possible occurrence of an accident at the stage of construction and acceptance in operation (2 scenarios): check for calculation errors (supporting frame structures) and use of inappropriate material.

- possible occurrence of an accident at the operation stage (1 scenario): destruction of the load-bearing frame structures under conditions of overtime loads on the upper spans' structures.

Simulation of the specified destruction scenarios on a real industrial building was carried out, the stress-strain model of the frame was studied, the analysis of the obtained data was carried out using the Demand Capacity Ratio (DCR) with a values comparison with the threshold values for detecting the structure destruction.

The calculation of economic and non-economic consequences was carried out, which in turn made it possible to establish the level of building responsibility and possible damages as a destruction result.

In accordance with the research objectives, building and construction accidents statistics for 2000-2022 years were created, a classification based on the probability of their occurrence was proposed, the method of calculating economic and non-economic consequences was analysed and applied, an analysis of building and construction accidents was carried out, based on this analysis, an algorithm for modelling possible occurrence of a building or construction accident, which would be implemented on the example of an industrial building.

The results obtained by the author in this thesis due to their high relevance in use are implemented in practical design and the educational process.

The first experience of the practical algorithm application showed its perspective and the possibility of using it as a tool for ensuring the reliability and safety of buildings and structures in engineering.

**Key words:** accident scenario, accident, progressive destruction, accident classification, accident probability, accident modeling algorithm, accidents at the construction stage, accidents at the reconstruction stage, accidents at the operation stage, destruction, economic consequences, non-economic consequences, reliability, risks in construction, removal of the frame element, stability, survivability, structures, tanks, the level of building responsibility.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗАТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

**Публікації у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз**

1. 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. P. 331–342. DOI:10.1007/978-3-030-85043-2\_31* (SCOPUS, закордоне видання). *(Особистий внесок – У ході реалізації створеного алгоритму моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, а саме, промислової будівлі, було виконано 9 сценаріїв руйнування конструкцій із різних причин).*

2. 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. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14426. (SCOPUS, закордоне видання). (Особистий внесок – проведена класифікація аварій за типом будівлі, за причиною аварії та за стадією роботи конструкції. Зібрано інформацію щодо аварій будівель та споруд на етапі будівництва та введення в експлуатацію, в обсязі 106 інцидентів. Приклади аварій здебільшого призвели до значних економічних втрат та десятків загиблих та поранених).

3. 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. P. 193-204. doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3\_21. (SCOPUS, закордоне видання). (Особистий внесок – проведена класифікація аварій за типом будівлі, за причиною аварії та за стадією роботи конструкції. Зібрано інформацію щодо аварій будівель та споруд на етапі будівництва та введення в експлуатацію, в обсязі 106 інцидентів. Приклади аварій здебільшого призвели до значних економічних втрат та десятків загиблих та поранених).

#### **Публікації у наукових фахових виданнях України**

4. Pichugin S.F., Klochko L.A. Особливості аварій у будівництві. *Academic journal Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2019. Полтава: ПНТУ. Т. 1 (52). С. 91-101. doi:https://doi.org/10.26906/znp.2019.52.1681. (Фахове видання, Index Copernicus). (Особистий внесок – проведено аналіз існуючої статистики в будівництві).

5. Pichugin S.F., Klochko L.A., Dmytrenko A.O., Dmytrenko T.A. Algorithm for modeling possible failures at the construction site. *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2021. 2(57). С. 14-19. (Фахове видання, Index Copernicus). (Особистий внесок – розроблено алгоритм моделювання можливого виникнення аварії будівлі для використання інженерами-проектувальниками на етапі проектної документації). <https://doi.org/10.26906/znp.2021.57.2578>.

6. Pichugin S.F., Klochko L.A. Structural system collapse risk limitation strategy (Стратегія обмеження ризику обвалення конструктивної системи). *Academic journal Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2020. Полтава: НУПП. Т. 1 (54). С. 19-25. <https://doi.org/10.26906/znp.2020.54.2265>. (Фахове видання, Index Copernicus). (Особистий внесок – Визначені основні етапи проведення алгоритму моделювання можливого виникнення аварії будівлі, які включають в себе: визначення типу будівлі, визначення послідовності моделювання можливого виникнення аварії на будівельному об'єкті, аналіз та висновки по деформованій моделі каркасу).

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

7. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Аналіз аварій в будівництві. *Вісник ОДАБА*. 2016. Одеса. С. 331-338.

8. Патент Вузол з'єднання монолітного залізобетонного безбалкового перекриття з трубобетонною колоною. Пат. 98330. № и 2014 11959; заявл. 05.11.14. опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8. 4 с.

9. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Причини аварій будівель на етапі зведення та прийняття в експлуатацію. *Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Зб. наук. статей*. 2016. Вип. 12. Полтава: ПолтНТУ. С. 194-203.

10. Pichugin S.F., Klochko L.A. Modern problems of reliability in construction : manual for students of specialty 192 "Construction and civil engineering". 2021. Poltava: National University "Yuri Kondratyuk Poltava Politechnic". 147 p.

11. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Повчальний досвід аварій будівель. *Тези доповідей 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка*. 2015. Том 2. Полтава: ПолтНТУ. С. 171-172.

12. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Характеристика аварій в будівництві. *Матеріали всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів «Проблеми і перспективи сталого розвитку та просторового планування територій»*. 2015. Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка. С. 256-260.

13. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Економічні й неекономічні наслідки аварій будівельних об'єктів. *Тези доповідей 68-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка*. 2016. Полтава: ПолтНТУ. С. 196-197.

14. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Аналіз аварій будівельних об'єктів. *Тези доповідей 69-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка*. 2017. Полтава: ПолтНТУ. С. 232-234.

15. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. Визначення економічних та неекономічних наслідків аварії будівельного об'єкту. *Збірник наукових праць X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки»*, 6 – 8 грудня 2017 р. Полтава: ПолтНТУ. С. 315-322.

16. Пічугін С.Ф., Дмитренко Л.А. The reasons of buildings accidents at a stage of construction and acceptance in operation. *Збірник наукових праць за матеріалами I міжнародної азербайджансько-української конференції «Building innovations – 2018»* 2018. Полтава: ПолтНТУ. С. 86-88.  
<http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/4614>.

17. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Визначення економічних та неекономічних наслідків аварії будівельного об'єкту. *II Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методи і проблемно-орієнтовані комплекси розрахунку конструкцій і їх застосування у проектуванні і навчальному процесі»*. 2018. Київ. С. 96-99 <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/4613>.

18. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Особливості аварій в будівництві. *Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: зб. тез*. 2018. Полтава: ПолтНТУ. Вип. 13. С. 27-30.

19. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Питання прогресуючого руйнування будівель і споруд. *Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки : зб. наук. пр. за матеріалами XI Міжнар. наук.-практ. конф.* 20 – 21 груд. 2018 р. Полтава: ПолтНТУ. С. 213–216.

20. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Передумови створення статистики аварій будівельних об'єктів. *Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.)*. Полтава: ПолтНТУ. Т. 1. С. 404-405.

21. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Причини та наслідки аварій сталевих вертикальних резервуарів. *Building Innovations – 2019: зб. наук. пр. за матеріалами II Міжнар. укр.-азерб. конф.*, 23 – 24 трав. 2019 р. Полтава: ПолтНТУ. С. 174-175.

22. Pichugin S.F., Klochko L.A. Accidents analysis of steel vertical tanks. *Сучасні методи і проблемно-орієнтовані комплекси розрахунку конструкцій і їх застосування у проектуванні і навчальному процесі : тези доп. III Міжнар наук.-практ. конф.*, 24-25 верес. 2019 р. К. : КНУБА. С. 90-93.

23. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Оцінювання збитків від відмов будівельних об'єктів. *Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р.)*. Полтава : НУПП. Т. 1. С. 489-491.

24. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Статистическая обработка классификации аварий в строительстве за этапом эксплуатации строительного объекта. *The IV th International scientific and practical conference «Integration of scientific bases into practice» (October 12-16, 2020)*. Stockholm, Sweden. P. 27-29.

25. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Оцінювання збитків від відмов будівельних об'єктів. *Building innovations – 2020 : зб. наук. пр. за матеріалами III Міжнар. Азерб.-укр. Наук.-практ. конф. (1 – 2 черв. 2020 р.)*. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка. С. 159–160.

26. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Класифікація аварій будівельних об'єктів різного призначення. *Тези Міжнародної науково-практичної конференція «Тренди та тенденції розвитку будівельної галузі»*. 2020. Харків. С. 18-19.

27. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Моделювання можливого виникнення аварії будівельного об'єкту. *Збірник наукових праць IV Міжнародної українсько-азербайджанської науково-практичної конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2021», 20 – 21 травня 2021 року*. Полтава: Національного університету

«Полтавська політехніка». С. 159-161.

28. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Класифікація аварій будівельних об'єктів, що експлуатуються. *Тези 73-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 21 квітня – 13 травня 2021 р.)*. Полтава : НУПП. Т. 1. С. 134-135.

29. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Статистичний аналіз аварій у будівництві. *Тези IV Міжнародної конференції «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд»*. 2021. Одеса. С. 138-140.

30. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Забезпечення надійності сталевих резервуарів – запорука їх екологічної безпеки. *Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження», присвяченої 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (2-3 грудня 2021 року)*. 2021. Полтава: НУПП, ПП «Астроя». С. 262-263.

31. Pichugin S.F., Klochko L.A. Statistical analysis of accidents in construction. *Збірник наукових праць XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Академічна й університетська наука: результати та перспективи»*. 09 грудня 2021 року. Полтава: Полтавська політехніка. С. 331-333.

32. Пічугін С.Ф., Клочко Л.А. Алгоритм моделювання можливого виникнення аварії як частина проектної документації будівельного об'єкта. *Тези 74-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 26 квітня – 19 травня 2022 р.)*. С. 107-109.

33. Pichugin S.F., Klochko L.A. Algorithm for modeling possible failures at the construction site. *Зб. наук. пр. за матеріалами XIV Міжнародної науково-технічної конференції*. 2022. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. С. 96-98.



