

Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
Праця на правах рукопису

БУРЛАКА ЮЛІЯ МИКОЛАЇВНА

УДК 725.4:621.311.25

ДИСЕРТАЦІЯ

**Принципи архітектурно-планувальної організації
атомних електростанцій**

191 – Архітектура та містобудування

19 – Архітектура і будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Ю.М. Бурлака

Науковий керівник: Ковальська Гелена Леонідівна, доктор архітектури,
професор.

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Бурлака Юлія Миколаївна., **Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтована актуальність обраної теми, визначений зв'язок роботи з науковими програмами та стратегічними цілями, сформульовано мету, завдання, методи дослідження, наукову новизну результатів та їх практичне значення.

Дослідження присвячене визначенню ключових принципів архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій та визначенню низки прийомів для їх реалізації.

У **першому розділі «Аналіз досвіду та сучасні тенденції проєктування атомних електростанцій»** виконано комплексний аналіз розвитку атомної енергетики у світовому та національному вимірах із фокусом на чинники, що формують архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій. Розглянуто еволюцію атомної енергетики від перших промислових АЕС до сучасних станцій нового покоління, визначено ключові проблеми галузі, пов'язані з техногенною та радіаційною безпекою, утилізацією відпрацьованого ядерного палива, екологічними ризиками та суспільним сприйняттям атомної енергетики. Було проведено аналіз міждисциплінарних наукових досліджень, соціологічного дослідження та аналіз зарубіжних і вітчизняних АЕС.

У **підрозділі 1.1 «Аналіз досліджуваної проблеми енергетичної інфраструктури»** розглянуто історичні етапи формування атомної енергетики та проаналізовано її роль у сучасних енергетичних системах різних країн. Особливу увагу приділено значенню атомної енергетики для енергетичної

безпеки України в умовах кризових і воєнних викликів. Здійснено узагальнення вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень, які мають міждисциплінарний характер та охоплюють технічні, екологічні, соціальні й економічні аспекти розвитку атомної енергетики. Показано зростання наукового інтересу до питань безпеки, ефективності функціонування АЕС, впливу надзвичайних ситуацій та формування суспільної довіри. Водночас встановлено, що в архітектурній науці проблематика АЕС залишається недостатньо дослідженою і представлена переважно опосередковано — через питання промислової архітектури, ревіталізації промислових територій, розвитку міст-супутників, формування поліфункціональних виробничих будівель, постіндустріальних ландшафтів, сталого розвитку, інклюзивності та цифрових методів проєктування (М. Дьомін, О. Івашко, Г. Ковальська, О. Кащенко, І. Булах, В. Смілка, Н. Білошицька, Г. Татарченко, Л. Ю. Брідня, Г. І. Дорохіною, І. Л. Кравченко, І. О. Мерилова, Т. М. Мазур, О. О. Фоменко).

У підрозділі 1.2 «Тенденції, що впливають на розташування та архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій» виокремлено ключові тенденції, які визначають архітектурно-планувальну організацію АЕС: підвищення стандартів безпеки (багатобар'єрні системи, подвійні оболонки реакторів, пасивні системи охолодження); модульність і стандартизація, що дозволяють скоротити строки будівництва та вартість проєктів; необхідність урахування екологічних обмежень і вимог Паризької угоди; роль соціального сприйняття, довіри населення та створення позитивного образу атомної енергетики. Визначено, що нове покоління реакторів (EPR, AP1000, ESBWR, ACR-1000) не лише технологічно досконаліші, а й передбачають нові архітектурно-планувальні рішення: інтеграцію систем у компактні блоки, підвищену енергоефективність, використання гнучких паливних циклів.

У підрозділі 1.3 «Аналіз вітчизняних та закордонних прикладів атомних електростанцій» здійснено порівняльний аналіз архітектурно-планувальних рішень атомних електростанцій у різних країнах світу та в Україні.

Виявлено характерні підходи до організації промислових майданчиків, що стали основою для подальших узагальнень і рекомендацій. Наведено приклади проєктів у Франції, США, Китаї, Південній Кореї, а також проаналізовано українські атомні електростанції (РАЕС, ХАЕС, ЗАЕС, ПАЕС).

У другому розділі **«Методичні засади та особливості архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій»** обґрунтовано комплекс методів дослідження архітектурно-планувальної організації АЕС (історико-аналітичних, натурних, експериментальних). Визначено зовнішні й внутрішні фактори впливу на проєктування АЕС. Сформульовано особливості функціонально-просторової організації промислових майданчиків — компактність, раціональне зонування, безпека, інтеграція з інфраструктурою. Запропоновано класифікацію груп будівель і споруд АЕС та типологію основних виробничих будівель та споруд АЕС.

У підрозділі **2.1 «Методика дослідження»** описано загальну методику дослідження шляхом застосування наступних методів: історико-еволюційний метод; аналіз передумов формування енергетичних комплексів у певних регіонах; аналіз факторів, що впливають на функціонально- та архітектурно-планувальну організацію; метод натурних обстежень існуючих АЕС; метод комплексного та порівняльного аналізу об'єктів-аналогів АЕС; класифікація типів АЕС; визначення концептуальних засад проєктування АЕС; поділ будівель і споруд АЕС за принципом ієрархії; комплексна оцінка території з точки зору природних, містобудівних і ландшафтних характеристик; метод експериментального проєктування; графоаналітичний аналіз та систематизація даних; метод комп'ютерного моделювання; метод комплексної оцінки; визначення принципів функціонально- та архітектурно-планувальної організації; естетично-образна оцінка архітектурних рішень; виявлення особливостей розміщення АЕС; формування номенклатури архітектурно-композиційних прийомів; функціональне моделювання території АЕС.

У підрозділі **2.2 «Фактори, що впливають на архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій»** встановлено зовнішні і

внутрішні фактори, що впливають на проєктування та будівництво атомних електростанцій: природньо-кліматичні; соціально-економічні; політичні; містобудівні; функціонально-технологічні; інженерно-технологічні; санітарно-гігієнічні; архітектурно-планувальні; образо-просторові; екологічні. Також проаналізовано вітчизняний та закордонний досвід проєктування міст-спутників АЕС (Україна, Франція), виявлено їх основні архітектурні та містобудівні особливості; описані методи проєктування санітарно-захисної зони та зони спостереження в Україні та світі (Німеччина, США);

У підрозділі **2.3 «Функціонально-просторова організація промислового майданчика атомних електростанцій»** визначено особливості вибору та просторово-планувальної організації промислового майданчика АЕС; названо особливості функціонально-просторової організації промислового майданчика АЕС: компактність; раціональне зонування; економічність; безпечність; інтеграція з інфраструктурою регіону; розроблено класифікацію груп будівель і споруд АЕС відповідно їх характеристик: основні виробничі об'єкти (ядро станції); допоміжні виробничі споруди; загальностанційні інженерні споруди; соціально-побутова та інфраструктурна зона; захисні та спеціальні споруди.

У підрозділі **2.4 «Типологія основних виробничих будівель та споруд атомних електростанцій»** сформовано типологію основних виробничих будівель та споруд АЕС: реакторний відділ (енергоблоки); турбінний зал; системи охолодження (градирні, бризкальні басейни, водосховище-охолоджувач); Виділено критерії, на яких може базуватися типологія реакторного відділення (енергоблоку) АЕС: за конструктивною схемою будівельного комплексу; за планувально-просторовою структурою; за типом енергоблока; за ступенем індустріалізації будівництва; виділено критерії на яких може базуватися типологія систем охолодження (градирні, бризкальні басейни, водосховище-охолоджувач) АЕС; сформовано типологію головного корпусу АЕС: радіальний, блокований, лінійний, дзеркальний, центральний; схематично зображено існуючі компоновальні рішення головних корпусів АЕС.

У третьому розділі **«Рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій»** на основі проведеного дослідження визначено принципи архітектурно-планувальної організації АЕС та розроблено практичні прийоми для реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС. Запропоновано заходи щодо створення публічних і інформаційних зон, естетизації фасадів, використання сучасних матеріалів, кольорових і світлових рішень. Апробовано результати дослідження методом експериментального проектування. Окрему увагу приділено створенню зон релаксації для персоналу АЕС, що сприяють підвищенню психологічної стійкості та ефективності праці. Запропоновано внесення змін та доповнень у державні нормативні документи.

У підрозділі **3.1 «Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій»** сформовано принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій: принцип функціонально-технологічного розподілу; принцип багаторівневого захисту; принцип експлуатаційної зручності; принцип гнучкості; принцип комплексної безпеки; принцип гуманізації архітектурного середовища АЕС.

У підрозділі **3.2 Пропозиції щодо архітектурно-планувальної організації захисту АЕС в умовах військових загроз (Принцип багаторівневого захисту)** розглянуто сучасні методи цивільного та інфраструктурного захисту атомних електростанцій. Проаналізовано просторово-планувальні рішення захисних споруд, систем безпеки та заходи підвищення стійкості АЕС до надзвичайних ситуацій техногенного й воєнного характеру. Запропоновано архітектурно-інженерні прийоми захисту вітчизняних АЕС.

У підрозділі **3.3 «Рекомендації до реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС»** запропоновано підходи до формування позитивного сприйняття архітектури АЕС шляхом зняття бар'єрів, підвищення відкритості, формування відчуття безпеки та надійності, інтеграції об'єктів у ландшафт і створення «людяного» образу АЕС. Визначено основні прийоми

гуманізації архітектурного середовища: просторово-планувальні, інженерно-технічні, комунікаційно-інформативні, архітектурно-композиційні та естетично-рекреаційні, що передбачають створення публічних і рекреаційних просторів, оглядових майданчиків, інтеграцію з місцевою інфраструктурою, застосування світлопрозорих конструкцій, сучасних матеріалів, кольорових і освітлювальних рішень. У межах експериментального проєктування здійснено апробацію результатів дослідження на прикладі ескізних фасадних рішень турбінного відділення енергоблоків Хмельницької АЕС та концепції Науково-дослідного центру ядерної фізики.

У підрозділі 3.4 «Рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації зон релаксації на АЕС» надано рекомендації щодо вдосконалення архітектурно-планувальних рішень АЕС шляхом впровадження зон релаксації та відпочинку персоналу АЕС; сформовано типологію зон релаксації; визначено принципи розташування цих зон та доступність до них; розроблено схеми приміщень для відпочинку персоналу АЕС: сенсорна кімната; кімната сну; кімната психологічного розвантаження; спортзал; кімната відпочинку (дозвілля); кімната індивідуальної роботи та відеозв'язку з сім'єю; медичний пункт. Запропоновано внесення змін та доповнень у державні нормативні документи.

Ключові слова: атомні електростанції, промислова архітектура, архітектурно-планувальна організація, адаптивність архітектури, BIM-технології, критична інфраструктура, гуманізація промислового середовища, безпека об'єктів, екологічна інтеграція промислових територій, виробничі та громадські будівлі комплексів АЕС.

ABSTRACT

Burlaka Yulia Mykolaivna, Principles of Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plants. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 191 “Architecture and Urban Planning.” – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2026.

The introduction to the dissertation substantiates the relevance of the chosen topic, defines the connection between the work and scientific programs and strategic goals, and formulates the purpose, objectives, research methods, scientific novelty of the results, and their practical significance.

The research is devoted to identifying the key principles of architectural and planning organization of nuclear power plants and defining a number of techniques for their implementation.

The first chapter, “Analysis of Experience and Current Trends in Nuclear Power Plant Design,” provides a comprehensive analysis of the development of nuclear energy on a global and national scale, focusing on the factors that shape the architectural and planning organization of nuclear power plants. The evolution of nuclear energy from the first industrial nuclear power plants to modern new-generation plants is considered, and key problems in the industry related to technological and radiation safety, spent nuclear fuel disposal, environmental risks, and public perception of nuclear energy are identified. An analysis of interdisciplinary scientific research, sociological research, and foreign and domestic nuclear power plants was conducted.

Subsection 1.1, “Analysis of the Energy Infrastructure Problem Under Study,” examines the historical stages of nuclear energy development and analyzes its role in the modern energy systems of various countries. Particular attention is paid to the importance of nuclear energy for Ukraine's energy security in the context of crisis and military challenges. A summary of domestic and foreign scientific research of an

interdisciplinary nature covering the technical, environmental, social, and economic aspects of the development of nuclear energy has been carried out. The growth of scientific interest in issues of safety, the efficiency of NPP operation, the impact of emergencies, and the formation of public trust is demonstrated. At the same time, it has been established that in architectural science, the issue of nuclear power plants remains insufficiently researched and is presented mainly indirectly — through issues of industrial architecture, revitalization of industrial territories, development of satellite cities, the formation of multifunctional industrial buildings, post-industrial landscapes, sustainable development, inclusiveness, and digital design methods (M. Dyomin, O. Ivashko, G. Kovalskaya, O. Kashchenko, I. Bulakh, V. Smilka, N. Biloshitskaya, G. Tatarchenko, L. Yu. Bridnya, G. I. Dorokhina, I. L. Kravchenko, I. O. Merylova, T. M. Mazur, O. O. Fomenko).

Subsection 1.2, “Trends Affecting the Location and Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plants,” highlights the key trends that determine the architectural and planning organization of NPPs: higher safety standards (multi-barrier systems, double reactor shells, passive cooling systems); modularity and standardization, which reduce construction time and project costs; the need to take into account environmental constraints and the requirements of the Paris Agreement; the role of social perception, public trust, and the creation of a positive image of nuclear energy. It has been determined that the new generation of reactors (EPR, AP1000, ESBWR, ACR-1000) are not only technologically more advanced, but also feature new architectural and planning solutions: integration of systems into compact units, increased energy efficiency, and the use of flexible fuel cycles.

Subsection 1.3, “Analysis of Domestic and Foreign Examples of Nuclear Power Plants,” provides a comparative analysis of architectural and planning solutions for nuclear power plants in various countries around the world and in Ukraine. Characteristic approaches to the organization of industrial sites have been identified, which have become the basis for further generalizations and recommendations. Examples of projects in France, the USA, China, and South Korea

are given, and Ukrainian nuclear power plants (RNPP, KNPP, ZNPP, PNPP) are analyzed.

The second section, “Methodological Foundations and Features of the Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plants,” substantiates a set of methods for researching the architectural and planning organization of NPPs (historical-analytical, field, experimental). External and internal factors influencing the design of NPPs are identified. The features of the functional and spatial organization of industrial sites are formulated—compactness, rational zoning, safety, and integration with infrastructure. A classification of groups of buildings and structures of nuclear power plants and a typology of the main production buildings and structures of nuclear power plants are proposed.

Subsection 2.1, “Research Methodology,” describes the general research methodology using the following methods: historical-evolutionary method; analysis of the preconditions for the formation of energy complexes in certain regions; analysis of factors influencing functional and architectural-planning organization; method of field surveys of existing NPPs; method of comprehensive and comparative analysis of NPP analogues; classification of NPP types; definition of conceptual principles of NPP design; division of NPP buildings and structures according to the principle of hierarchy; comprehensive assessment of the territory in terms of natural, urban planning, and landscape characteristics; experimental design method; grapho-analytical analysis and systematization of data; computer modeling method; comprehensive assessment method; determination of the principles of functional and architectural-planning organization; aesthetic and visual assessment of architectural solutions; identification of the specific features of the NPP location; formation of a nomenclature of architectural and compositional techniques; functional modeling of the NPP territory.

Subsection 2.2, “Factors Affecting the Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plants,” identifies external and internal factors that influence the design and construction of nuclear power plants: natural and climatic; socio-economic; political; urban planning; functional and technological; engineering

and technological; sanitary and hygienic; architectural and planning; image and spatial; environmental. It also analyzes domestic and foreign experience in designing satellite cities for nuclear power plants (Ukraine, France), identifies their main architectural and urban planning features, and describes methods for designing sanitary protection zones and observation zones in Ukraine and around the world (Germany, USA).

Subsection 2.3, “Functional and spatial organization of the industrial site of nuclear power plants,” defines the features of the selection and spatial planning of the industrial site of a nuclear power plant and lists the features of the functional and spatial organization of the industrial site of a nuclear power plant: compactness; rational zoning; cost-effectiveness; safety; integration with the region's infrastructure; a classification of groups of NPP buildings and structures according to their characteristics has been developed: main production facilities (core of the plant); auxiliary production facilities; general plant engineering structures; social and domestic and infrastructure zone; protective and special structures.

Subsection 2.4, “Typology of Main Production Buildings and Structures of Nuclear Power Plants,” provides a typology of the main production buildings and structures of NPPs: reactor department (power units); turbine hall; cooling systems (cooling towers, spray pools, cooling reservoir); Criteria are identified on which the typology of the reactor compartment (power unit) of a nuclear power plant can be based: by the structural design of the building complex; by the spatial layout; by the type of power unit; by the degree of industrialization of construction; criteria have been identified on which the typology of cooling systems (cooling towers, spray pools, cooling reservoirs) of NPPs can be based; a typology of the main building of NPPs has been formed: radial, block, linear, mirror, central; Existing layout solutions for the main buildings of nuclear power plants are schematically depicted.

In the third section, “Recommendations for the architectural and planning organization of nuclear power plants,” based on the research conducted, the principles of the architectural and planning organization of nuclear power plants are defined and practical techniques for implementing the principle of humanizing the architectural environment of nuclear power plants are developed. Measures are

proposed for the creation of public and information areas, the aestheticization of facades, and the use of modern materials, color, and lighting solutions. The results of the study were tested using experimental design methods. Particular attention is paid to the creation of relaxation areas for NPP personnel, which contribute to increased psychological stability and work efficiency. Amendments and additions to state regulatory documents are proposed.

Subsection 3.1, “Principles of Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plants,” sets forth the principles of architectural and planning organization of nuclear power plants: the principle of functional and technological distribution; the principle of multi-level protection; the principle of operational convenience; the principle of flexibility; the principle of comprehensive safety; the principle of humanization of the architectural environment of nuclear power plants.

Subsection 3.2, “Proposals for the Architectural and Planning Organization of Nuclear Power Plant Protection in Conditions of Military Threats (Principle of Multi-Level Protection),” examines modern methods of civil and infrastructure protection of nuclear power plants. It analyzes spatial planning solutions for protective structures, security systems, and measures to increase the resilience of nuclear power plants to man-made and military emergencies. It proposes architectural and engineering techniques for protecting domestic nuclear power plants.

Subsection 3.3, “Recommendations for implementing the principle of humanizing the architectural environment of nuclear power plants,” proposes approaches to forming a positive perception of nuclear power plant architecture by removing barriers, increasing openness, creating a sense of safety and reliability, integrating facilities into the landscape, and creating a “human” image of nuclear power plants. The main techniques for humanizing the architectural environment are identified: spatial planning, engineering and technical, communication and information, architectural and compositional, and aesthetic and recreational, which involve the creation of public and recreational spaces, observation decks, integration with local infrastructure, the use of translucent structures, modern materials, color and lighting solutions. Within the framework of experimental design, the results of the

study were tested using the example of preliminary facade solutions for the turbine department of the Khmel'nitsky NPP power units and the concept of the Research Center for Nuclear Physics.

Subsection 3.4, “Recommendations for the architectural and planning organization of relaxation areas at NPPs,” provides recommendations for improving the architectural and planning solutions of NPPs by introducing relaxation and recreation areas for NPP personnel; a typology of relaxation areas has been developed; the principles for the location of these areas and their accessibility are defined; layouts for NPP staff recreation areas are developed: sensory room; sleep room; psychological relief room; gym; recreation (leisure) room; room for individual work and video communication with family; medical center. Changes and additions to state regulatory documents have been proposed.

Keywords: nuclear power plants, industrial architecture, architectural and planning organization, architectural adaptability, BIM technologies, critical infrastructure, humanization of the industrial environment, facility security, ecological integration of industrial territories, industrial and public buildings of nuclear power plant complexes.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Бурлака, Ю. (2025). Об'ємно-просторова композиція головних корпусів атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (72), 307–317. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.307-317> [1].

2. Ковальська, Г., Бурлака, Ю. (2025). Гуманізація архітектурного образу атомних електростанцій. *Просторовий розвиток*, (15), 14-25. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.14-25> [2].

Особистий внесок здобувача: збір, аналіз та обробка інформації і участь у формулюванні основних висновків щодо методів гуманізації та естетизації промислового середовища АЕС для підвищення довіри громадськості та інтеграції об'єкта в суспільне життя.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

3. Ковальська, Г., Бурлака, Ю. (2024). Особливості архітектури атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (68), 280–292. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.280-292> [3].

Особистий внесок здобувача: збір, аналіз та обробка інформації і участь у формулюванні основних висновків щодо особливостей архітектури атомних електростанцій в Україні та світі.

4. Бурлака, Ю. (2024). Фактори та принципи, що впливають на формування функціонально-планувальної організації атомних електростанцій. *Архітектурний вісник КНУБА*, (30-31), 142-149. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2024.30-31.142-149> [4].

5. Бурлака, Ю. (2025). Особливості застосування вім-технологій у будівництві та архітектурі атомних електростанцій в Україні. *Просторовий розвиток*, (13), 53-68. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.53-68> [5].

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

6. Бурлака Ю. Особливості формування міст-супутників Атомних електростанцій. *Містобудування: проблеми і перспективи розвитку* : тези доп. п'ятої науково-практ. конф., м. Київ, 25 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 21 (53 с.) [6].

7. Ковальська Г., Бурлака Ю. Будівництво АЕС з реакторами нового покоління. *Програма та тези доповідей. Архітектура та Будівництво: Відновлення України. Наука, Технологія, Практика* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 17–18 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 186–187 [7].

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо проєктів АЕС нового покоління.

8. Ковальська Г., Бурлака Ю. Впровадження BIM-технологій у будівництво та проєктування атомних електростанцій. Програма та тези доповідей. *Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 16–17 жовт. 2024 р. Київ, 2024. С. 212–213 [8].

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо впровадження BIM-технологій як обов'язкових для проєктування АЕС.

9. Ковальська Г., Бурлака Ю. Роль енергетичної промисловості у відновленні України. Філософія науки, техніки і архітектури в гуманістичному вимірі: Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф. Частина II, м. Київ, 10–11 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 84-86 (192 с.) [9].

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо значення атомної енергетики для України.

10. Ковальська Г., Бурлака Ю. Технополіси та технопарки як інноваційні простори. Програма та тези доповідей. *Архітектура, Дизайн та Будівництво:*

Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 15–16 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С.215 (568 с.) [10].

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо створення інноваційних технократичних просторів.

11. Бурлака Ю. Основні особливості міст-супутників АЕС. Проблеми і методи відновлення і розвитку архітектурномістобудівного середовища в Україні: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої до 95-річчя КНУБА, до 35-річчя кафедри дизайну архітектурного середовища, до 35-річчя кафедри теорії архітектури і архітектурного проєктування та співпраці з кафедрою міського дизайну та планування Технічного університету Дармштадта (9 квітня 2025 року, м. Київ). – Київ: КНУБА, 2025. – 79 с. (с. 56) [11].

12. Бурлака Ю., Ковальська Г. Вітчизняний досвід фасадних рішень АЕС: еволюція та сучасні підходи. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 24–25 листоп. 2025 р. Київ, 2023. С. 265-266 [12].

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо застосування сучасних матеріалів в композиції фасадів для промислових об'єктів типу АЕС.

13. Бурлака Ю., Ковальська Г. Досвід проєктування підземних атомних електростанцій. *Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17 [13].*

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо проєктування підземних атомних електростанцій в сучасних умовах.

ЗМІСТ

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	19
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	22
ВСТУП	23
РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	33
1.1 Аналіз досліджуваної проблеми енергетичної інфраструктури.....	33
1.2 Тенденції, що впливають на розташування та архітектурно- планувальну організацію атомних електростанцій	46
1.3 Аналіз вітчизняних та закордонних прикладів атомних електростанцій.....	52
Висновки до першого розділу	61
РОЗДІЛ ІІ. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	63
2.1 Методика дослідження	63
2.2 Фактори, що впливають на архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій	66
2.3 Функціонально-просторова організація промислового майданчика АЕС	78
2.4 Типологія основних виробничих будівель та споруд АЕС	85
Висновки до другого розділу	100
РОЗДІЛ ІІІ. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АРХІТЕКТУРНО- ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	103
3.1 Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій.....	103
3.2 Пропозиції щодо архітектурно-планувальної організації захисту АЕС в умовах військових загроз (Принцип багаторівневого захисту).....	107
3.3 Рекомендації до реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС	114
3.4 Рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації зон релаксації на АЕС	133
Висновки до третього розділу	154
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	156

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	159
ДОДАТКИ.....	180
Додаток А	181
Додаток Б	184
Додаток В	188
Додаток Г	190
Додаток Д	201
Додаток Е	202
Додаток Ж.....	204
Додаток И.....	208

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Атомна електростанція (АЕС) — це комплекс промислових будівель, систем, пристроїв, обладнання та споруд, призначених для перетворення ядерної енергії в електроенергію [14].

АЕС нового покоління — це енергоблоки (переважно III+ та IV поколінь) та малі модульні реактори, що відрізняються підвищеною безпекою, використанням пасивних систем захисту (автономна робота без втручання оператора), покращеною економічністю та меншим впливом на довкілля та можливість інтеграції з ВДЕ (авторське визначення [на базі джерела 15]).

Відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП) — це паливо, яке було витягнуте з активної зони ядерних реакторів після завершення його роботи. Це паливо вже не може виробляти енергію шляхом ядерних реакцій, але воно все ще містить радіоактивні ізотопи, які випромінюють протягом тисяч років. ВЯП є стратегічним ресурсом, оскільки з нього можна видобувати цінні компоненти для переробки, хоча це складний і дорогий процес [16].

Водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР) — Це ядерний реактор корпусного типу з водою під тиском, у якому вода одночасно виконує функції теплоносія та сповільнювача нейтронів. Реактори цього типу належать до II та III поколінь, мають чотири циркуляційні петлі та розраховані на теплову потужність 3000 МВт (електрична потужність — 1000 МВт) [17].

Гуманізація промислової архітектури — це комплексний підхід до проектування та організації промислових об'єктів, спрямований на підвищення комфорту, безпеки та естетичної сприйнятності середовища для людей, що працюють або перебувають поруч, шляхом врахування соціальних, психологічних та екологічних аспектів у архітектурному та функціональному рішеннях (авторське визначення).

Зона спостереження (ЗС) — це територія, встановлена навколо певних об'єктів, таких як ядерні установки чи території, що зазнали впливу шкідливих речовин, з метою моніторингу та контролю за ситуацією. У такій зоні

здійснюється постійний радіаційний, хімічний або інший контроль для забезпечення безпеки населення, що там проживає [18].

Каверна (в геології) — це порожнина в гірській породі, яка утворюється переважно внаслідок вилуговування водою розчинних порід (карст) або при застиганні лави, насиченої газами. Це порожнина, що більша за пори, але менша за печеру, може мати неправильну або округлу форму [19].

Корпусний реактор (КОР) — це посудина під тиском, що містить теплоносії ядерного реактора, колону активної зони і активну зону реактора [20].

Контейнмент — це спеціальна захисна споруда, що оточує реакторну установку і призначена для утримання радіоактивних речовин у разі аварійних ситуацій (порушення герметичності першого контуру). Вона є останнім фізичним бар'єром на шляху поширення іонізуючого випромінювання в навколишнє середовище та захищає реактор від зовнішніх механічних впливів [21].

Малих модульних реакторів (ММР (SMR)) — це вдосконалені ядерні реактори, які мають потужність до 300 МВт(е) на один блок (що становить приблизно третину потужності традиційних великих реакторів). Термін «модульні» вказує на можливість виготовлення компонентів реактора на заводі та їх транспортування до місця встановлення, що значно скорочує терміни будівництва, знижує капітальні витрати та підвищує рівень безпеки завдяки використанню пасивних систем охолодження [22].

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) — це провідна міжурядова організація в системі ООН, яка діє як глобальний форум для науково-технічного співробітництва в галузі використання ядерної енергії в мирних цілях. Агентство розробляє міжнародні стандарти безпеки, здійснює контроль за нерозповсюдженням ядерної зброї (гарантії МАГАТЕ) та сприяє передачі технологій для сталого розвитку енергетики, медицини та сільського господарства [23].

Оператор — оператор ядерної установки (юридична або фізична особа), яка несе відповідальність за ядерну установку, її експлуатацію та ядерну безпеку [24].

Радіоактивні відходи (РАВ) — матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені нормами, за умови що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається в будь-якому технологічному процесі або виробництві. До радіоактивних відходів належать також відпрацьовані закриті джерела іонізуючого випромінювання після внесення відповідної інформації до Державного реєстру радіоактивних відходів [25].

Реактор великої потужності каналний (РВПК) — це каналний киплячий ядерний реактор, у якому теплоносієм є легка вода, а сповільнювачем нейтронів — графіт. Конструктивною особливістю є розміщення паливних елементів у вертикальних каналах, що проходять крізь графітову кладку. Така система дозволяє здійснювати перевантаження ядерного палива без зупинки реактора, проте вимагає специфічних архітектурно-будівельних рішень для захисту реакторного простору та системи вентиляції [26].

Реветменти (англ. *revetment*) — це захисне укриття або облицювання (часто бетонне або з іншого міцного матеріалу), яке використовується для захисту від зовнішніх впливів або для екранування радіоактивних компонентів. У контексті АЕС реветмент може бути частиною конструкцій захисту (наприклад, укриття або захисні споруди навколо ядерних частин) [27].

Санітарно-захисна зона (СЗЗ) — територія навколо АС, де рівень оцінки людей може перевищувати квоту ліміту дози для категорії В. У санітарно-захисній зоні забороняється проживання населення, встановлюються обмеження на виробничу діяльність, яка не відноситься до АС, а також здійснюється радіаційний контроль [28].

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС — атомна електростанція

ВВЕР — водо-водяний енергетичний реактор

ВДЕ — відновлювальні джерела енергії

ВЯП — відпрацьоване ядерне паливо

ЗС — зона спостереження

КОР — корпусний реактор

ММР — малих модульних реакторів

МАГАТЕ — міжнародне агентство з атомної енергії

РАВ — радіоактивні відходи.

РВПК — реактор великої потужності канальний.

СЗЗ — санітарно-захисна зона.

СВЯП — сховище відпрацьованого ядерного палива

КПП — контрольно-пропускний пункт

ВСТУП

Актуальність обраної теми зумовлена комплексом економічних, соціальних, екологічних і технологічних викликів, що стоять перед Україною у сфері розвитку енергетики та архітектури промислових об'єктів. Енергетична безпека є однією з ключових складових національної стратегії держави, адже забезпечує стійкість економіки, незалежність політичних рішень і соціальну стабільність.

В умовах воєнного стану та постійних загроз для енергетичної інфраструктури, Україна змушена переосмислити підходи до розвитку власного енергетичного комплексу. Згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2050 року [29] атомна енергетика визначається як базовий і стратегічно важливий напрям розвитку, покликаний забезпечити стабільне постачання електроенергії, скорочення викидів парникових газів та інтеграцію до європейського енергетичного простору.

Після початку повномасштабної агресії Російської Федерації, Україна втратила частину енергогенеруючих потужностей, а також доступ до традиційних джерел вугілля й нафти. Водночас, відповідно до Паризької кліматичної угоди (2015) [30], держава взяла на себе міжнародні зобов'язання щодо декарбонізації енергетичного сектору, що робить розвиток атомної генерації одним із ключових елементів переходу до «чистої» енергетики.

У контексті цих процесів особливого значення набуває питання оновлення архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій. Більшість існуючих в Україні АЕС проєктувались у 1970–1980-х роках за радянськими нормами, що не відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки, ергономіки та гуманізації промислового середовища. Відсутність упродовж двох десятиліть масштабного будівництва нових енергоблоків призвела до втрати науково-проєктного досвіду, методичних напрацювань і кадрового потенціалу у сфері промислової архітектури.

Світовий досвід свідчить про формування нової парадигми проектування АЕС, у межах якої архітектура перестає бути лише «оболонкою» для технологічних процесів і перетворюється на важливий засіб формування гуманного середовища праці, соціального простору й культурного сприйняття енергетики суспільством. Проекти нових поколінь реакторів (EPR, AP1000, ESBWR, SMR тощо) демонструють поєднання технологічної безпеки, енергоефективності та естетичного осмислення промислових об'єктів, що підвищує їх соціальну прийнятність і довіру населення.

Для України ці тенденції мають особливе значення, адже атомні електростанції не лише виконують енергетичну функцію, а й виступають потужними містоформуючими центрами, що стимулюють розвиток регіонів, формують нові урбаністичні осередки та соціальну інфраструктуру. Відповідно, архітектурно-планувальні рішення повинні враховувати не лише технологічні вимоги, а й гуманітарні аспекти — зокрема, комфорт, психологічну безпеку персоналу, естетизацію фасадів і гармонійне інтегрування промислових об'єктів у ландшафт.

Особливу увагу слід приділити гуманізації промислової архітектури, що передбачає поєднання технічної раціональності з емоційно-позитивним архітектурним образом. Це узгоджується з європейськими підходами до промислового дизайну, а також із положеннями Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [31], яка передбачає адаптацію українських стандартів до норм ЄС у сфері будівництва, енергоефективності та екології.

Таким чином, актуальність дослідження полягає у необхідності:

- відновлення та систематизації вітчизняного архітектурно-інженерного досвіду проектування атомних електростанцій;
- адаптації архітектурно-планувальних рішень до сучасних вимог безпеки атомних електростанцій;
- інтеграції принципів гуманізації та екологічного мислення в архітектуру промислових об'єктів;

- розроблення практичних рекомендацій щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій та створення нормативної бази з урахуванням сучасних методів проектування (зокрема BIM-технологій).

Отже, дослідження принципів архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій відповідає стратегічним завданням Енергетичної стратегії України до 2050 року, державній політиці відновлення критичної інфраструктури та тенденціям сталого розвитку архітектури XXI століття. Воно поєднує технічні, містобудівні, екологічні та гуманістичні аспекти, сприяючи створенню нового типу архітектури безпечної, естетичної та соціально відповідальної атомної енергетики.

Гіпотеза даного дослідження полягає у тому, що ефективність, безпечність та гуманістичний потенціал атомних електростанцій можуть бути значно підвищені за умови комплексного впровадження принципів архітектурно-планувальної організації, що враховують технологічні, екологічні, соціальні та психологічні фактори. Зокрема, використання інтегрованих ієрархічних схем зонування, модульних структур, сучасних конструктивно-просторових систем і прийомів естетизації промислового середовища сприятиме формуванню комфортного, енергоефективного та безпечного архітектурного середовища атомних електростанцій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до стратегічних напрямів розвитку енергетичної, будівельної та архітектурної галузей України, визначених у Енергетичній стратегії України на період до 2050 року [29], схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. Відповідно до положень цього документа, одним із пріоритетів державної політики є забезпечення енергетичної незалежності шляхом модернізації існуючих і будівництва нових атомних електростанцій із підвищеним рівнем безпеки, ефективності та екологічності.

Тематика дослідження узгоджується з основними положеннями Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [31], яка передбачає

адаптацію національного законодавства до європейських норм у сферах енергоефективності, екологічного проектування та безпеки критичної інфраструктури. У цьому контексті робота спрямована на розвиток вітчизняної архітектурної науки у руслі інтеграції до європейського дослідницького простору та гармонізації технічних і гуманітарних аспектів проектування об'єктів ядерної енергетики.

Дисертація безпосередньо пов'язана з Паризькою кліматичною угодою (2015) [30], яка визначає скорочення викидів парникових газів та розвиток «чистих» технологій виробництва енергії як основні шляхи протидії глобальним змінам клімату. Відповідно до цих положень, робота спрямована на розроблення архітектурно-планувальних рішень для нових атомних електростанцій, що відповідають принципам сталого розвитку, мінімізації екологічного впливу та гуманізації промислового середовища.

Наукове дослідження виконано у межах плану науково-дослідних робіт кафедри Теорії архітектури та архітектурного проектування Київського національного університету будівництва і архітектури за темою «Теоретичні основи цивільної і промислової архітектури» (державний реєстраційний № 0123U100260 від 2023 р.), що передбачає вивчення тенденцій розвитку промислової архітектури, формування архітектурно-планувальних принципів сучасних виробничих комплексів та розроблення методичних основ гуманізації техногенного середовища.

Дослідження узгоджується з державними та галузевими програмами післявоєнного відновлення інфраструктури України, зокрема з ініціативами Міністерства відновлення України щодо розвитку енергетичних кластерів, технопарків і технологічних міст-супутників при енергетичних об'єктах [32]. Таким чином, отримані результати мають не лише теоретичне, а й прикладне значення для практики архітектурного проектування, містобудівного планування та оновлення нормативної бази у сфері атомної енергетики.

Отже, зв'язок роботи з науковими програмами полягає у поєднанні державних стратегічних завдань енергетичної незалежності та екологічної

безпеки з розвитком архітектурно-наукового напрямку гуманізації промислової архітектури, що забезпечує міждисциплінарний характер дослідження і його відповідність сучасним науковим пріоритетам України та Європейського Союзу.

Мета дослідження. Метою дисертаційного дослідження є наукове обґрунтування та формування системи принципів архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій, спрямованих на забезпечення безпеки, ефективності та гуманізації промислового середовища у контексті сталого розвитку енергетичної інфраструктури України.

Завдання дисертаційного дослідження.

- проаналізувати сучасний стан атомної енергетики України та світу, визначити головні тенденції формування архітектурних рішень АЕС;
- дослідити світовий та вітчизняний досвід проєктування АЕС, виокремивши перспективні архітектурні рішення;
- дослідити стан сучасних наукових досліджень та напрямки на тему проєктування та будівництва атомних електростанцій в Україні та світі;
- визначити ключові фактори, що впливають на проєктування атомних електростанцій;
- розробити класифікацію будівель і споруд АЕС та визначити архітектурні домінанти, встановити типологію основних виробничих будівель та споруд АЕС;
- сформулювати принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій;
- проаналізувати досвід організації заходів цивільного та інфраструктурного захисту АЕС, а також їх вплив на архітектурно-планувальні та технологічні рішення у мирний та воєнний час;
- запропонувати архітектурно-інженерні прийоми захисту АЕС в Україні;
- запропонувати прийоми для реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС;

- надати практичні рекомендації щодо вдосконалення архітектурно-планувальних рішень для гуманізації промислового середовища АЕС, зокрема просторів для персоналу, публічних зон, об'єктів комунікації з громадою та композиції фасадів.

- надати пропозиції та практичні рекомендації щодо внесення змін/доповнень в нормативні документи України щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій.

Об'єкт дослідження. Атомні електростанції.

Предмет дослідження. Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій.

Методи дослідження.

Загальна методика даного дослідження базується на комплексному підході, який включає: історико-еволюційний метод; аналіз передумов формування енергетичних комплексів у певних регіонах; аналіз факторів, що впливають на функціонально- та архітектурно-планувальну організацію; метод натурних обстежень існуючих АЕС; метод комплексного та порівняльного аналізу об'єктів-аналогів АЕС; класифікація типів АЕС; визначення концептуальних засад проєктування АЕС; поділ будівель і споруд АЕС за принципом ієрархії; комплексна оцінка території з точки зору природних, містобудівних і ландшафтних характеристик; метод експериментального проєктування; графоаналітичний аналіз та систематизація даних; метод комп'ютерного моделювання; метод комплексної оцінки; визначення принципів функціонально- та архітектурно-планувальної організації; естетично-образна оцінка архітектурних рішень; виявлення особливостей розміщення АЕС; формування номенклатури архітектурно-композиційних прийомів; функціональне моделювання території АЕС.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- визначено ключові фактори, що впливають на архітектурно-планувальне проєктування атомних електростанцій;

- розроблено класифікацію будівель та споруд АЕС і встановлено архітектурні домінанти;
- визначено сучасні підходи, що передбачають інтеграцію архітектурно-інженерних рішень, організаційних механізмів та містобудівних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків аварійних ситуацій і підвищення стійкості АЕС до зовнішніх загроз;
- сформульовано принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій;
- визначено прийоми для гуманізації промислового середовища та покращення соціального образу АЕС.

Удосконалено:

- типологію основних виробничих будівель і споруд атомних електростанцій;
- рекомендації щодо архітектурно-просторової організації території АЕС з урахуванням функціонального зонування та композиційних рішень;
- прийоми формування архітектурного середовища, спрямовані на забезпечення психологічного комфорту персоналу.

Отримали подальший розвиток:

- методичні підходи до систематизації архітектурно-планувальних рішень атомних електростанцій;
- пропозиції щодо вдосконалення архітектурно-будівельних норм і регламентів у частині створення комфортного та безпечного архітектурного середовища АЕС;
- практичні рекомендації з урахуванням соціально-психологічних аспектів у проєктуванні атомних електростанцій.

Практичне значення одержаних результатів.

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки дисертаційного дослідження можуть бути використані у подальших наукових дослідженнях, при коригуванні наявних та створенні нових нормативних положень та методичних рекомендацій щодо атомних електростанцій, в

педагогічній роботі під час підготовки лекційних курсів та практичних занять для студентів архітектурно-будівельної спеціалізації, а також при проектуванні нових і реконструкції діючих атомних електростанцій. Результати даного дослідження та рекомендації впроваджені при розробці концептуальних проєктних пропозицій фасадів турбінного відділення, деаераторного відділення та прибудови ЕЕТП енергоблоку № 3 Хмельницької АЕС, а також в дипломному проєктуванні під керівництвом автора «Науково-дослідний центр ядерної фізики» (КНУБА, 2025 р.) та при виконанні науково-дослідної роботи учениці Київської Малої Академії Наук (2024 р.).

Основні висновки та розроблені рекомендації наукового дослідження можуть бути використані при внесенні доповнень до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», ДБН В.1.2-4:2019 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту», НП 306.2.245-2024 «Загальні положення безпеки атомних станцій», ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», ДСТУ 7251:2011 «Дизайн і ергономіка. Вимоги дизайну та ергономіки. Номенклатура та порядок вибору», ВБН В.1.1-034-2003. (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003) «Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами», ДСТУ EN 17632-1:2024 «Будівельне інформаційне моделювання (BIM). Семантичне моделювання та пов'язування (SML). Частина 1. Загальні шаблони для моделювання (EN 17632-1:2022, IDT)».

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційного дослідження, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Підготовку до друку та публікацію наукових праць [2; 3] здійснено разом із науковим керівником – доктором архітектури Ковальською Геленою Леонідівною. В опублікованих у співавторстві статтях, автору належить розкриття питання специфічності індустріальної архітектури атомних електростанцій на прикладах вітчизняного та закордонного досвіду та доведення важливості адаптації цих промислових комплексів з важким технологічним

режимом до сучасних архітектурних постіндустріальних вимог [3]. А також формулювання основних висновків щодо методів гуманізації та естетизації промислового середовища АЕС для підвищення довіри громадськості та інтеграції об'єкта в суспільне життя [2].

Апробація результатів дослідження. Усі результати досліджень дисертаційної роботи доповідались на 4 наукових конференціях та 4 наукових форумах, які є міжнародними: Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та будівництво: Відновлення України. Наука, технологія, практика» (Київ, 17-18 листопада 2022р.); Містобудування: проблеми і перспективи розвитку: тези доповідей п'ятої науково-практичної конференції (Київ, 25 квітня 2023 р.); IV Міжнародної науково-практичної конференції «Філософія науки, техніки і архітектури в гуманістичному вимірі» (м. Київ, 10-11 листопада 2023р.); Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології» (15-16 листопада 2023 р., м. Київ); Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент» (16-17 жовтня 2024 р., м. Київ); Науково-практичної конференції, присвяченої до 95-річчя КНУБА, до 35-річчя кафедри дизайну архітектурного середовища, до 35-річчя кафедри теорії архітектури і архітектурного проектування та співпраці з кафедрою міського дизайну та планування Технічного університету Дармштадта «Проблеми і методи відновлення і розвитку архітектурно-містобудівного середовища в Україні» (9 квітня 2025 року, м. Київ); Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології» (м. Київ, 24–25 листопада 2025 р.); IV Всеукраїнська наукова конференція (м. Івано-Франківськ, 18 листопада 2025 р.).

Публікації за результатами дослідження. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у 13 наукових працях: фахових наукових виданнях України – 5 статей; 8 тез доповідей наукових конференцій, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із анотації, списку публікацій, термінологічного словника, переліку умовних скорочень, вступу, трьох розділів із висновками, загальних висновків, переліку використаних джерел та додатків. Результати дослідження викладені на 208 сторінках, включаючи основну текстову частину дисертації зі 113 сторінок, 45 сторінки ілюстрацій, 21 сторінок переліку використаних джерел (161 найменувань), а також додатки на 29 сторінках, з них 4 сторінок акти впровадження результатів дисертації.

РОЗДІЛ І.

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Аналіз досліджуваної проблеми енергетичної інфраструктури

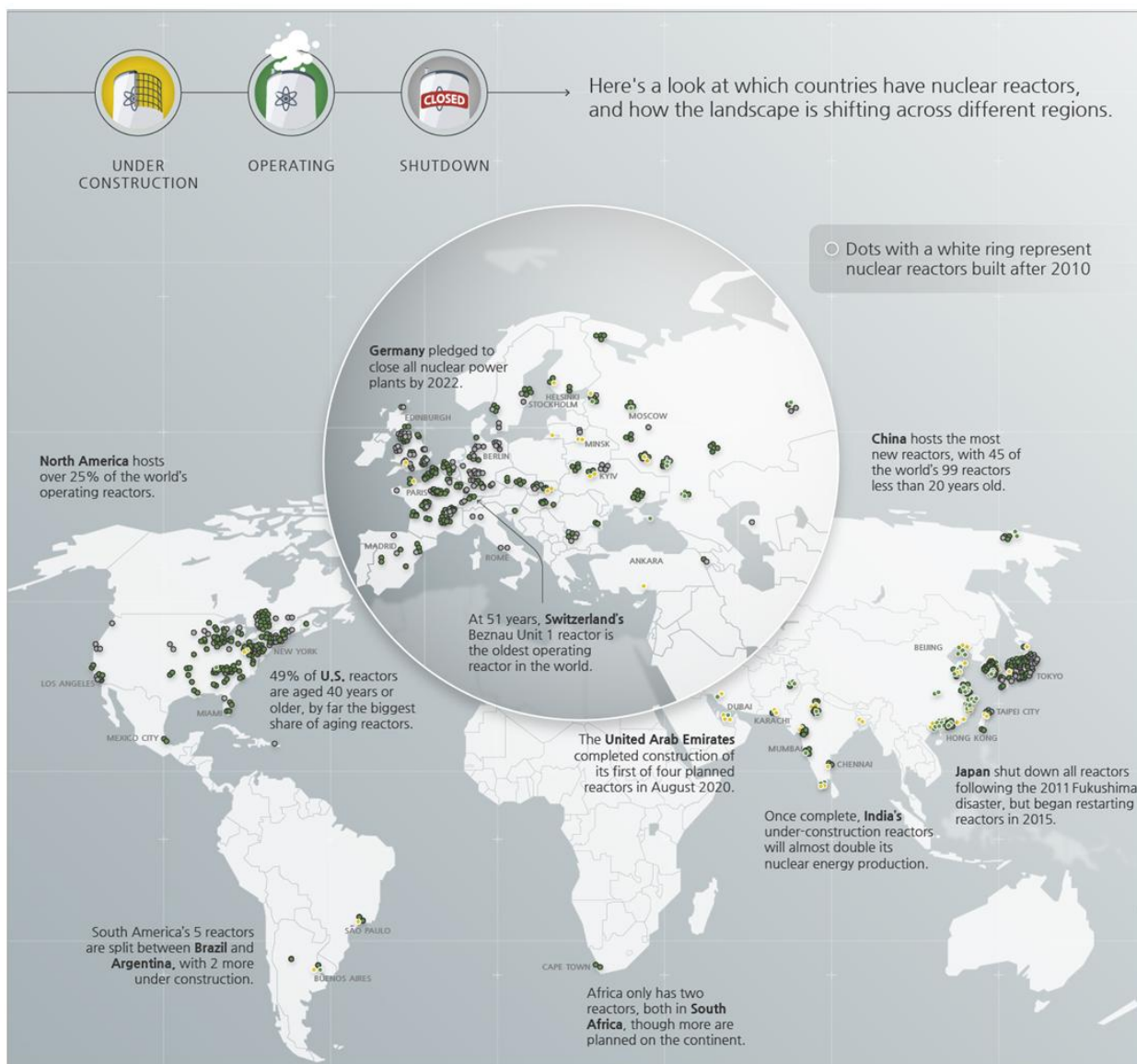
Запуск першої у світі атомної електростанції 27 червня 1954 року в місті Обнінськ (на той час СРСР) поклав початок новій епосі у виробництві електроенергії. Ця станція мала потужність 5 МВт. Послідуючі запуски відбулися у Великій Британії (станція Calder Hall 1, 1956 рік, потужність ~50 МВт), у Франції (станція Marcoule, потужність ~40 МВт) та в Сполучених Штатах (станція Dresden 1, 1960 рік, потужність ~265 МВт).

Сьогодні глобальний парк атомних енергоблоків представлений цифрами: наприкінці 2024 року було 417 працюючих реакторів із сумарною встановленою потужністю 377 ГВт(е) (рис. 1.1) [33, с.1]. За прогнозами Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) ця потужність може зрости досягнувши 561 ГВт до 2050 року у песимістичному сценарії — тобто очікується збільшення потужності на 50% порівняно з рівнем 2024 року [34, с. 1].

За даними відкритих інтернет-джерел [35, с.1], частка АЕС у виробництві електроенергії в Україні стабільно зростала, наприклад, у 2021 році вона сягнула понад 50 %. Це означає, що атомна генерація відіграє домінуючу роль у електроенергетичному балансі країни. Збільшення виробництва відбувається навіть у складних умовах (військові дії, втрати майже половини потенціалу через окупацію чи атаки) — це свідчить про підвищення ефективності роботи, ремонти, оновлення, оптимізацію роботи енергоблоків.

Разом з тим, реалізація нових проєктів та модернізація існуючих станцій визначаються не лише технологічними показниками — важливим є й архітектурно-планувальна організація: розташування енергоблоків, просторові зв'язки, інтеграція з ландшафтом, соціальний та екологічний контекст. Сучасні тенденції включають розвиток малих модульних реакторів (далі — ММР),

підвищення гнучкості планування, посилення норм безпеки, а також гуманізацію промислового середовища — тобто формування комфортного і психологічно прийняттого простору для персоналу та місцевої громади.



Країни з найбільшою кількістю діючих АЕС або часткою атомної енергії у виробництві електроенергії



В даний час по всьому світу на атомних електростанціях налічується 417 енергоблоків



Потужністю 377 ГВт(е)

Рисунок 1.1

Сучасний стан атомної енергетики у світі

Сучасний розвиток атомної енергетики є одним із найскладніших і водночас найважливіших напрямів формування глобальної енергетичної інфраструктури. У контексті зростання світових енергетичних потреб, загострення екологічних проблем та необхідності декарбонізації економіки питання про роль атомної енергетики набуває особливої актуальності. Вивчення цієї теми потребує міждисциплінарного підходу, який поєднує технічні, екологічні, соціальні та архітектурно-планувальні дослідження.

Аналіз вітчизняних та закордонних наукових публікацій останніх років свідчить про зростання інтересу до питань безпеки, ефективності та суспільного сприйняття атомної енергетики (рис. 1.2, 1.3) [36-70]. Зокрема, основними напрямами досліджень 2019-2025 рр. науковців є сучасний стан ядерної енергетики, безпека АЕС в Україні і світі, екологія, будівництво, окремо вітчизняні науковці досліджують питання пожежної безпеки АЕС, санітарно-захисної зони та зони спостереження та соціальної складової атомної енергетики.

За напрямком архітектура тема атомних електростанцій не досліджувалась, проте за останні роки науковці досліджували питання промислової архітектури та ревіталізації даних об'єктів, зокрема М. Дьомін, О. Івашко, Г. Ковальська, О. Кащенко, І. Булах, В. Смілка досліджували шляхи ревіталізації промислових територій великих міст та сучасні тенденції їх гуманізації за допомогою мистецтва [71-77]. Н. Білошицька, Г. Татарченко вивчали особливості ревіталізації промислових підприємств, шляхи пристосування промислових будівель до нової функції за допомогою архітектурних, просторових та середовищних елементів [78]. Л. Ю. Брідня досліджувала принципи і прийоми естетично-образної трансформації при реконструкції історичних промислових будівель під громадську функцію [79; 80].

І. Л. Кравченко досліджувала архітектуру поліфункціональних виробничих комплексів на прикладі заводу з переробки луб'яних культур, а саме підходи до архітектурно-планувальних рішень промислових майданчиків та формування нових тип (поліфункціональних) виробничих будівель з

НАУКОВЦІ	ТЕМА
СУЧАСНИЙ СТАН ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	
<p>В. Геєць, О. Кириленко, Б. Басок, С. Базєєв, І. Белякова, І. Сисак, В. Котюк, Л. Маркіна, О. Залеська, І. Дрогоман, К.-к.О. Круш, А. Пільгун, К. Копішинська, І. Широкова, К. Дейнеко, С. Азаров, В. Сидоренко, О. Задунай, О. Азаренко, Ю. Гончаренко, М. Дівізінюк, Р. Шевченко, О. Шевченко, С. Войтко, М. Заінчківська</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Енергетична стратегія: прогнози і реалії (огляд) • Атомна енергетика України • Сучасні проблеми стану енергетичних станцій • Стан і перспективи підприємств енергетичної галузі • Роль атомної енергетики в контексті сталого розвитку та енергетичної безпеки • Системні дослідження та комплексні проблеми енергетики • Характеристики об'єктів інфраструктури критичного стану (особливості ядерних та інших стратегічних об'єктів)
<p>Б. Вілер, С. Бауер, К. Хіршаусен, К. Кемферт, Л. Гьоке</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Впровадження атомних електростанцій (АЕС): сучасний стан, виклики та можливості • Інвестування в атомні електростанції третього покоління - Огляд останніх тенденцій та аналіз майбутніх інвестицій за допомогою моделювання
БЕЗПЕКИ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ	
<p>В. Пядишев, В. Городнов, В. Малюга, О. Головань, С. Сукоцько, Г. Щигельська, В. Боднар, А. Глухова, Д. Тарадуда, О. Шкурка</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Перспективи забезпечення безпеки атомних електростанцій в Україні від зовнішнього вторгнення під час воєнного стану • Модель протидії безпілотним літальним апаратам силами та засобами військових підрозділів для захисту атомних електростанцій • Загрози надзвичайних ситуацій на атомних електростанціях в умовах нового етапу російсько-української війни • Захист АЕС в умовах зривної агресії • Щодо безпечної експлуатації атомних електростанцій
<p>Ю. Хюварінен, Ю. Віхавайнен, М. Юленен, Я. Валконен, Еуджон Чой, Чон-Гон Ха, Деагі Хам, Мін Гю Кім, С. Садекін, С. Заман, М. Махфуз, Р. Саркар, Сіньюй Сяо, Цзінган Лян, Цзеджуань Тонгі, Хайтао Ван</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Загальна концепція безпеки атомних електростанцій • Критичний погляд на необхідність проведення багатфакторної ймовірнісної оцінки ризиків для АЕС • Атомна енергетика як основа чистого енергетичного майбутнього: огляд • Методи підтримки прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях для атомних електростанцій: поточний стан, проблеми та майбутні тенденції
ЕКОЛОГІЯ	
<p>В. Стамат, В. Крижова, А. Беліков, О. Пилипенко, В. Шаломов, Б. Гваджаїа, Т. Дубов, Д. Тарадуда, Ю. Безугла, О. Попов, А. Носовський, С. Паскевич, О. Масько, М. Бондарьков, В. Борисенко, В. Васильченко, С. Габелков, В. Дубковський, В. Іношев, В. Кравченко, О. Корольов, В. Куц, Б. Прістер, О. Протасов, Г. Пшинко, В. Рязанов, М. Талерко, І. Шараєвський, І. Куцина, Г. Новосолов</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Діяльність атомних електростанцій у контексті Забезпечення екологічної безпеки • Підходи до подовження ресурсу біологічного захисту ядерних установок атомних електростанцій України • Щодо нерадіаційної небезпеки атомних електростанцій • Ядерна енергетика та довкілля
<p>Джибран Ікбал, Фарес М. Ховарі, Абдель-Мохсен О. Мохамед, Еван К. Палеолог</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Оцінка радіаційного забруднення від атомних електростанцій
<p>Рисунок 1.2 Сучасний стан міждисциплінарних наукових досліджень на близькі теми АЕС</p>	

НАУКОВЦІ	ТЕМА
БУДІВНИЦТВО	
<p>А. Носовський, Є. Неаронов, Т. Байбузенко, В. Шендерович, М. Власенко, О. Годун, В. Кир'янчук, Г. Семено, Л. Громок, О. Пуртов, О. Масько</p>	<ul style="list-style-type: none"> Щодо перспектив будівництва Нових атомних електричних станцій Деякі проблемні питання в ядерній енергетичній галузі України Дослідження вибору реакторної технології для будівництва заміщуючих та нових енергоблоків АЕС в Україні після 2035 р Порівняльний аналіз оновлених концепцій зняття з експлуатації діючих АЕС України
<p>Серхат Юксель, Олексій Михайлов та Гьозде Гюльсевен Убай, Чао Лу, Цзяфей Лю, Айчен Гонг, Йіпенг Фан, Цзянпен Янь, Прабір К. Басу, Аравінд Девананд, Маркус Крафт, Іфтекхар А. Карімі</p>	<ul style="list-style-type: none"> Фактори, що спричиняють затримку у встановленні атомних електростанцій Атомні електростанції зі штучним інтелектом в еру Індустрії 4.0: проектування вищого рівня та сучасні застосування — системний огляд Оцінка майданчика для атомних електростанцій – Практика Оптимальний вибір місця для модульних атомних електростанцій
ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА АЕС	
<p>Ю. Сенчихін, Ю. Дендаренко</p>	<ul style="list-style-type: none"> Особливості протипожежного захисту атомних електростанцій
СОЦІАЛЬНА СКЛАДОВА	
<p>А. Іванова, С. Грязнова, М. Дутчак, О. Андрєєва, О. Лазарева, О. Благий, І. Хрипко, В. Васільєва, К. Бровко, О. Великогорський</p>	<ul style="list-style-type: none"> Поліпшення умов праці та екологічна безпека на атомній електростанції Базові положення побудови профілактично-оздоровчих програм для працівників атомних електростанцій Особливості оцінки професійно важливих якостей персоналу атомних електростанцій, який виконує роботи з підвищеною небезпекою Вплив систем освітлення на роботу оперативного персоналу АЕС
СЗЗ ТА ЗС	
<p>І. Стадник, М. Талерко, Ю. Бончук, А. Носовський</p>	<ul style="list-style-type: none"> Геоінформаційне моделювання санітарно-захисних зон навколо АЕС (на прикладі рівненської АЕС) Аналіз досвіду зонування території навколо АЕС
АРХІТЕКТУРА	
<p>М. Дьомін О. Івашко О. Кашенко Л. Гнатюк Г. Ковальська І. Булах І. Мерілова В. Смілка Н. Білошицька Г. Татарченко Л. Брідня І. Кравченко Г. Дорохінова І. Мерілова Т. Мазур Л. Брідня О. Фоменко</p>	<ul style="list-style-type: none"> Проблеми ревіталізації промислових територій великих міст та шляхи їх вирішення. Ревіталізація промислових об'єктів: історія, основні принципи та прийоми. Ревіталізація міського середовища та сучасні тенденції його гуманізації за допомогою мистецтва Використання різних матеріалів у формуванні міського середовища як феномен архітектурної естетики принципи і прийоми естетично-образної трансформації при реконструкції історичних промислових будівель під громадську функцію. архітектуру поліфункціональних виробничих комплексів на прикладі заводу з переробки луб'яних культур, а саме підходи до архітектурно-планувальних рішень промислових майданчиків та формування нових тип (поліфункціональних) виробничих будівель з підвищеним ступенем гнучкості (як по горизонталі, так і по вертикалі) вплив сучасних тенденцій розвитку архітектури на формування туристичних комплексів в Україні. містобудівні та архітектурні особливості містесупутників спеціалізованих промислових комплексів на прикладі атомних електростанцій в Україні. рекреаційний потенціал в постіндустріальних ландшафтах, оптимізацію промислових територій під рекреаційні цілі та реконверсії промислових об'єктів. питання реструктуризації промислових територій, напрямки містобудівного розвитку інноваційних виробничих територій та індустріальну спадщину в формуванні культурного ландшафту міста (на прикладі Львова). Ергономічні рішення для створення інклюзивного середовища, принципи формування інформаційних ВІМ-пакетів для моделювання. Принципи і прийоми естетично-образної трансформації при реконструкції історичних промислових будівель під громадську функцію.

Рисунок 1.3 Сучасний стан міждисциплінарних наукових досліджень на близькі теми АЕС

підвищеним ступенем гнучкості (як по горизонталі, так і по вертикалі), а також формування архітектури такого інноваційного типу закладів неформальної освіти, як громадські освітньо-рекреаційні центри [81, с. 321–326; 82, с. 181–192].

Г. І. Дорохіною досліджувались містобудівні та архітектурні особливості містесупутників спеціалізованих промислових комплексів на прикладі атомних електростанцій в Україні. Розглянуто основні екологічні та містобудівні проблеми, що впливають на реконструкцію занедбаних промислових та порушених територій на прикладі міста Києва. Запропоновано на основі закордонного досвіду можливий подальший шлях стратегії розвитку міста [83, с. 74–88; 84, с. 122–129].

І. О. Мерилова вивчала рекреаційний потенціал в постіндустріальних ландшафтах, оптимізацію промислових територій під рекреаційні цілі та реконверсії промислових об'єктів [85, с. 1342–1362; 86, с. 87–101].

Т. М. Мазур детально досліджувала питання реструктуризації промислових територій, напрямки містобудівного розвитку інноваційних виробничих територій та індустріальну спадщину в формуванні культурного ландшафту міста (на прикладі Львова) [87, с. 320–334].

О. О. Фоменко детально вивчала ергономічні рішення для створення інклюзивного середовища, принципи формування інформаційних ВІМ-пакетів для моделювання динамічного міста та коефіцієнт екологічного сліду архітектури як фактор формування національних зелених стандартів [88, с. 180–189; 89, с. 57–66].

Як одна з ключових складових світової енергетичної системи, атомна енергетика відіграє важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки, зниженні викидів парникових газів та реалізації концепції сталого розвитку [90; 91]. Проте її поступ супроводжується суперечливими тенденціями, що зумовлені як технологічними досягненнями, так і соціально-психологічними бар'єрами, викликаними історичними подіями та суспільними страхами щодо безпеки ядерних об'єктів [92, с. 280–285].

Тенденції, що сприяють розвитку атомної енергетики (Рис. 1.4)

Обмеженість традиційних енергоресурсів. За даними British Petroleum (Statistical Review of World Energy, 2023) [93], світових запасів нафти за сучасних темпів споживання вистачить приблизно на 50 років, природного газу — на 53.

Нерівномірний розподіл запасів органічного палива по континентах і країнах. Розвиток атомної енергетики у Великій Британії, Франції та багатьох інших країнах свого часу був пов'язаний насамперед з відсутністю або високою вартістю виробництва органічного палива.

Забезпечення енергетичної незалежності. Для багатьох держав, зокрема європейських, атомна енергетика є інструментом посилення енергетичної автономії та гарантією безпеки постачання електроенергії у кризових ситуаціях. У звіті International Energy Agency (IEA, 2024) [94] наголошується, що атомна генерація є «єдиним масштабним безвуглецевим джерелом енергії, здатним забезпечити стабільне базове навантаження системи».

Екологічна ефективність. На відміну від електростанцій, що працюють на викопному паливі (вугілля, газ), і створюють значні викиди CO₂, атомні електростанції під час своєї експлуатації майже не виробляють парникових газів — це робить ядерну енергетику важливою ланкою «зеленого переходу» до кліматично нейтральної економіки [95, с. 1].

Питання, пов'язані з використанням відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ), особливо вітрових турбін. Деякі науковці [96, с. 1], що вітроенергетичні установки можуть замінити атомні електростанції як джерело базової генерації. Водночас однією з ключових проблем інтеграції вітрової енергії в енергетичний баланс є необхідність створення резервних потужностей. Висока частка вітрової генерації призводить до того, що потужність традиційних джерел електроенергії — зокрема теплових та атомних електростанцій — має залишатися значною для забезпечення стабільності енергосистеми [97, с. 1].

Тенденції, що обмежують розвиток атомної енергетики (Рис. 1.4)

Суспільна недовіра. Протягом другої половини ХХ — початку ХХІ століття на атомних електростанціях було зафіксовано три важкі аварії з

максимальною класифікацією 7-го рівня за міжнародною шкалою INES: на АЕС Three Mile Island (США, 1979), Чорнобильській АЕС (1986) та Fukushima Daiichi (Японія, 2011) [98].

Аварія на АЕС Three Mile Island була спричинена поєднанням технічних відмов і людського фактора. Незважаючи на збереження цілісності корпусу реактора та першого контуру, відбулося часткове плавлення ядерного палива й обмежений викид радіонуклідів у навколишнє середовище. Середня еквівалентна доза опромінення населення в зоні 16 км становила близько 80 мкЗв, що є відносно низьким показником, а ліквідаційні роботи тривали до початку 1990-х років [99, с. 1].

26 квітня 1986 року на енергоблоці № 4 Чорнобильської АЕС сталася аварія, зумовлена грубими порушеннями регламенту експлуатації та конструктивними недоліками реактора. Вибух призвів до руйнування реактора і захисних конструкцій та масштабного викиду радіоактивних речовин в атмосферу. Радіоактивне забруднення охопило значні території України, Білорусі та Російської Федерації, а також було зафіксоване в інших країнах Європи, що зумовило створення 30-кілометрової зони відчуження та довготривалий негативний вплив на населення і довкілля [100].

Аварія на АЕС Fukushima Daiichi у 2011 році була спричинена поєднанням екстремальних природних чинників і втрати систем аварійного електроживлення та охолодження. Це призвело до перегріву активної зони, часткового розплавлення ядерного палива та водневих вибухів, що пошкодили будівлі кількох енергоблоків [101].

Узагальнення досвіду аварій на АЕС Three Mile Island, Чорнобильській та Fukushima Daiichi засвідчило критичну роль системної безпеки незалежно від типу реактора. Зазначені події стали підґрунтям для перегляду міжнародних і національних нормативних вимог до архітектурно-планувальної організації АЕС, зокрема щодо підвищення надійності захисних оболонок, формування санітарно-захисних зон, удосконалення функціонального зонування території та

створення безпечного й психологічно комфортного середовища для персоналу з метою мінімізації впливу людського фактора.

Проблема поводження з відпрацьованим ядерним паливом. (далі – ВЯП). Проблема поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) є однією з ключових у функціонуванні атомних електростанцій. Сучасні енергетичні реактори працюють на одному паливному завантаженні в середньому близько трьох років, після чого з реактора типу ВВЕР-1000 вивантажується до 80 т високорадіоактивного палива, а з реакторів РВПК — до 200 т за один паливний цикл [102].

Початково ВЯП зберігається у приреакторних басейнах витримки, де забезпечується його охолодження та зниження рівня радіоактивності. Після завершення регламентованого періоду паливо переміщують до сховищ тривалого зберігання (зокрема СВЯП сухого типу), розміщених як на майданчиках АЕС (наприклад, Запорізька АЕС), так і в окремих спеціалізованих зонах (наприклад, ЦСВЯП у Чорнобильській зоні відчуження) [103].

Обмежені масштаби переробки ВЯП, зумовлені високою технологічною складністю та вимогами безпеки, підвищують роль архітектурно-планувальної організації сховищ. Це передбачає багаторівневу систему ізоляції, надійні інженерні бар'єри та безпечну організацію доступу персоналу для експлуатації й технічного обслуговування [104].

Проблема радіоактивних відходів. Під час роботи АЕС утворюються рідкі та тверді відходи різного рівня активності. Хоча сучасні технології дозволяють зменшувати питомі обсяги відходів на одиницю виробленої електроенергії, загальна кількість накопичуваних матеріалів зростає. Саме тому на майданчиках АЕС постійно будують або розширюють спеціалізовані сховища, що здатні гарантувати ізоляцію відходів на дуже тривалий час, інколи — довше за термін служби самих енергоблоків [105, с. 1].

Питання виведення з експлуатації та демонтажу. Щороку у світі зростає кількість атомних електростанцій, і разом із цим збільшується й важливість питань їх виведення з експлуатації та демонтажу. Знести АЕС — завдання

непросте: цей процес багатоступеневий, довготривалий і дуже складний, адже він вимагає не лише сучасних технологій, а й значних фінансових ресурсів [106, с. 1].

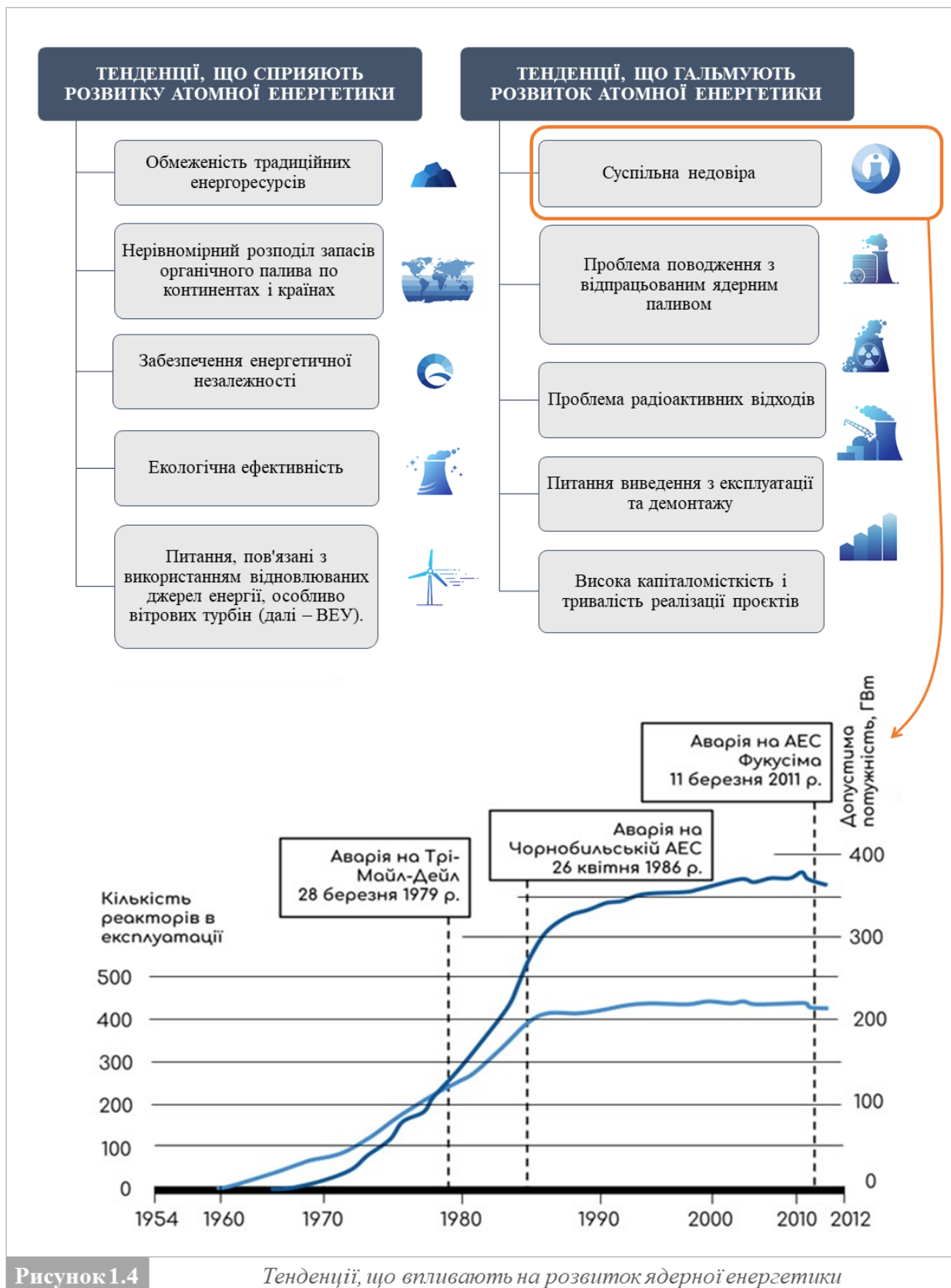


Рисунок 1.4

Тенденції, що впливають на розвиток ядерної енергетики

Висока капіталомісткість і тривалість реалізації проєктів. Крім того, вартість і тривалість таких проєктів роблять їх особливо вимогливими до планування та організації. Навіть будівництво нового енергоблока — процес довгий і витратний. За оцінками OECD Nuclear Energy Agency (NEA, 2023), середній термін спорудження сучасного атомного блоку становить близько 8–10 років [107, с. 1].

У контексті архітектурно-планувальних досліджень зазначені тенденції мають принципове значення, оскільки вони безпосередньо впливають на формування концепцій проєктування сучасних атомних електростанцій.

Комплексний аналіз сприятливих і стримувальних факторів дозволяє не лише прогнозувати тенденції розвитку галузі, а й визначати архітектурні пріоритети — від вибору просторових рішень до розробки гуманізованих середовищ для персоналу та населення прилеглих територій [108, с. 1;109, с.1].

Проекти АЕС нового покоління

Світова атомна енергетика сьогодні перебуває на етапі технологічного оновлення. Попри виклики, галузь демонструє стабільне зростання: за даними World Nuclear Association (2024), у світі в стані спорудження перебуває понад 60–70 реакторів (залежно від місяця звітності) сумарною потужністю близько 72 ГВт(е), що підтверджує повернення інтересу до атомної енергетики як стабільного низьковуглецевого джерела енергії [110, с. 1] Нове покоління енергоблоків (EPR 1600 [111, с. 1], AP1000 [112, с. 1], ABWR [113, с. 1], ESBWR [114, с. 1], APR-1400 [115, с. 1], ACR-1000 [116, с. 1]) демонструє тенденцію до модульності, підвищення енергоефективності та архітектурної інтеграції допоміжних споруд у єдиний простір. Це не лише оптимізує виробничі процеси, а й створює умови для більш гармонійної взаємодії технічного комплексу з людиною і довкіллям (рис. 1.5).

Підвищення рівня ядерної та радіаційної безпеки

Однією з головних проблем попередніх поколінь АЕС була потенційна небезпека аварій, зумовлена складністю систем охолодження та високим рівнем залежності від зовнішнього електроживлення. Нові проєкти демонструють

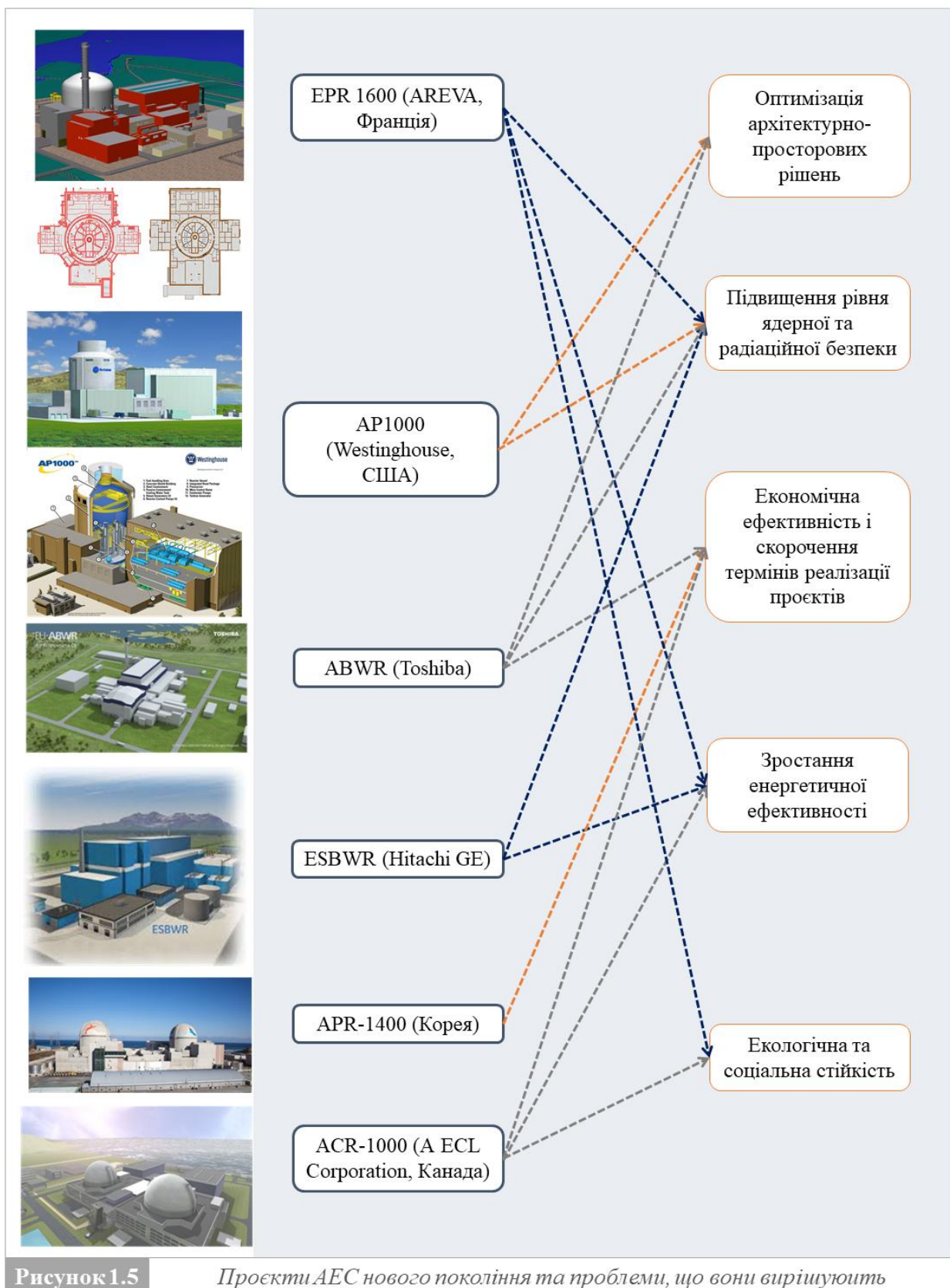


Рисунок 1.5

Проекты АЕС нового поколения та проблеми, що вони вирішуюють

значний прогрес у сфері безпеки: EPR 1600 (AREVA, Франція) – використання багатобар’єрної системи захисту, подвійної оболонки реакторного відділення та посиленої стійкості до зовнішніх впливів (наприклад, падіння літака); ESBWR

(Hitachi GE) – впровадження принципу природної циркуляції охолоджувального середовища, що дозволяє забезпечити функціонування системи без електричних насосів; AP1000 (Westinghouse, США) – використання пасивних систем безпеки, які функціонують на основі природних фізичних процесів (гравітація, конвекція, теплопередача), мінімізуючи ризики, пов'язані з людським фактором.

Оптимізація архітектурно-просторових рішень

Архітектурне проектування енергоблоків традиційно пов'язане з необхідністю розміщення великої кількості допоміжних споруд та складної інфраструктури. Нові реакторні установки вирішують цю проблему завдяки: інтеграції основних систем у єдиний конструктивний блок; зменшенню просторових габаритів та кількості допоміжних споруд; можливості модульного будівництва, що значно скорочує терміни введення в експлуатацію (приклади – AP1000, ABWR).

Економічна ефективність і скорочення термінів реалізації проєктів

Будівництво атомних станцій завжди супроводжувалося високими капітальними витратами та тривалими термінами. Нові проєкти вирішують ці проблеми за рахунок: стандартизації та серійності конструктивних елементів (ABWR, APR-1400); використання уніфікованих технологічних рішень, що дозволяють оптимізувати вартість проектування та будівництва; підвищення ефективності паливного циклу (ACR-1000), який дозволяє застосовувати як природний, так і збагачений уран, а також відпрацьоване паливо з інших реакторів.

Зростання енергетичної ефективності

Підвищення коефіцієнта корисної дії та зменшення ймовірності аварійних зупинок є ключовим завданням для сучасних проєктів: EPR 1600 – забезпечує рекордну потужність у 1630 МВт, що дозволяє значно підвищити ефективність виробництва електроенергії; ESBWR та ABWR – відзначаються стабільністю експлуатації та високими коефіцієнтами завантаження; ACR-1000 – поєднує у собі гнучкість паливного циклу з високою продуктивністю, що робить його конкурентоспроможним у довгостроковій перспективі.

Екологічна та соціальна стійкість

Актуальною проблемою є підвищення довіри суспільства до атомної енергетики та мінімізація негативного впливу на довкілля. Нове покоління реакторів спрямоване на: зменшення кількості радіоактивних відходів за рахунок більш глибокого вигорання палива (EPR, APR-1400); архітектурну інтеграцію енергоблоків у сучасні енергетичні кластери з можливістю поєднання з відновлюваними джерелами енергії; підвищення рівня захисту від зовнішніх загроз (терористичні атаки, стихійні лиха).

Отже, розвиток і будівництво атомних електростанцій нового покоління відображає не лише технічний прогрес, а й переосмислення самої ролі архітектури у формуванні енергетичної інфраструктури. Сучасні АЕС стають більш безпечними, енергоефективними та екологічно орієнтованими, що відповідає загальносвітовим тенденціям переходу до сталого розвитку. Архітектурне проектування в цьому контексті поступово виходить за межі суто інженерного підходу, набуваючи комплексного характеру, який враховує соціальні, психологічні та екологічні аспекти взаємодії людини з технологічним середовищем.

З огляду на це, доцільно розглянути сучасні тенденції, що впливають на архітектурно-планувальну організацію АЕС, адже саме вони визначають стратегічні напрями подальшого розвитку галузі, формують нові вимоги до просторової структури, безпеки та естетики об'єктів ядерної енергетики. Окрім технологічних і проєктних показників, важливо враховувати й суспільний вимір — рівень прийняття атомної енергетики населенням, що безпосередньо впливає на перспективи будівництва нових енергоблоків і модернізації існуючих.

1.2 Тенденції, що впливають на розташування та архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій

У сучасному світі атомна енергетика перебуває на етапі суттєвих трансформацій, що зумовлені як технологічними інноваціями, так і змінами у

суспільних, екологічних та геополітичних пріоритетах. Архітектурно-планувальна організація атомних електростанцій сьогодні розглядається не лише крізь призму інженерної ефективності, а як складна система, покликана забезпечити баланс між безпекою, функціональністю та впливом на навколишнє середовище.

Новітні *тенденції проектування* таких об'єктів формуються під впливом кількох ключових чинників: переходу до малопотужних і модульних реакторів; підвищення вимог до фізичного захисту у воєнних умовах, прагнення до мінімізації техногенного навантаження; інтеграції станцій у соціальний і природний контекст регіону. Зростає роль архітектурних рішень, що сприяють гуманізації промислового середовища — створенню комфортних, ергономічних і психологічно безпечних умов для персоналу.

Економічні та екологічні аспекти розвитку атомної енергетики

Розширення атомної генерації вважається стратегічно виправданим кроком для зменшення залежності від імпорту викопного палива. На відміну від газових і вугільних станцій, витрати на ядерне паливо становлять не більше 10–15 % від загальної собівартості електроенергії. За підрахунками OECD Nuclear Energy Agency (2023), навіть подвоєння ціни на уран підвищує вартість виробленої електроенергії лише на 10–12 %, тоді як подорожчання природного газу на такий самий відсоток збільшує собівартість електроенергії майже на 70 % [117, с. 1].

Ключовою перевагою атомної енергетики є її безвуглецевий характер. Середні викиди CO₂ при виробництві 1 кВт·год електроенергії на АЕС становлять лише 12 г, тоді як на газових станціях — 490 г, а на вугільних — понад 1000 г [118, с. 1]. Таким чином, атомна енергетика відіграє важливу роль у досягненні цілей кліматичної нейтральності, визначених у Паризькій угоді [30].

Соціальні та містобудівні аспекти будівництва АЕС

Будівництво й експлуатація АЕС мають виражений мультиплікативний ефект для економіки регіону. Кожна нова станція створює від 5 до 8 тисяч робочих місць під час будівництва та до 800 постійних — під час експлуатації

[119, с. 1]. Крім того, навколо атомних станцій формуються супутні міста з високим рівнем соціальної інфраструктури, що вимагає врахування архітектурно-планувальних, психологічних і екологічних чинників у проєктуванні.

Сучасна архітектура АЕС поступово відходить від суто утилітарного технократичного підходу, властивого 1960–1980 рокам. Проєктувальники дедалі частіше застосовують принципи гуманізації простору: створення ергономічних зон для персоналу, впровадження природного освітлення, використання екологічно безпечних матеріалів, ландшафтну інтеграцію об'єкта у навколишнє середовище [120, с. 1]. Такі підходи формують нову архітектурну культуру атомної енергетики, зорієнтовану на соціальну довіру й екологічну гармонію.

Український контекст і стратегічні пріоритети

Енергетична стратегія України до 2050 року визначає атомну енергетику як ключову складову національної енергетичної безпеки [29]. Україна володіє 15 енергоблоками сумарною потужністю понад 13 ГВт, що забезпечують понад 50 % виробництва електроенергії. В умовах воєнних загроз і окупації частини енергетичних об'єктів держава зберігає курс на розвиток нових потужностей та продовження експлуатації наявних блоків шляхом модернізації.

На період до 2050 року передбачено:

- продовження ресурсу експлуатації діючих енергоблоків на основі переоцінки безпеки;
- будівництво нових енергоблоків сумарною потужністю 1 ГВт;
- розроблення Програми розвитку атомної енергетики України з урахуванням сучасних вимог безпеки, енергоефективності та сталого розвитку [121, с. 1].

Старі енергоблоки стикаються з проблемами морального й фізичного старіння, що вимагає нових архітектурно-технологічних рішень: модульних і стандартизованих систем, оптимізації планування технічних та адміністративних зон, інтеграції цифрових технологій управління (BIM, SCADA) і впровадження енергозберігаючих матеріалів. Такі підходи

забезпечують гнучкість реконструкції, скорочують терміни ремонту й знижують експлуатаційні ризики [122, с. 1].

Архітектурно-планувальні аспекти

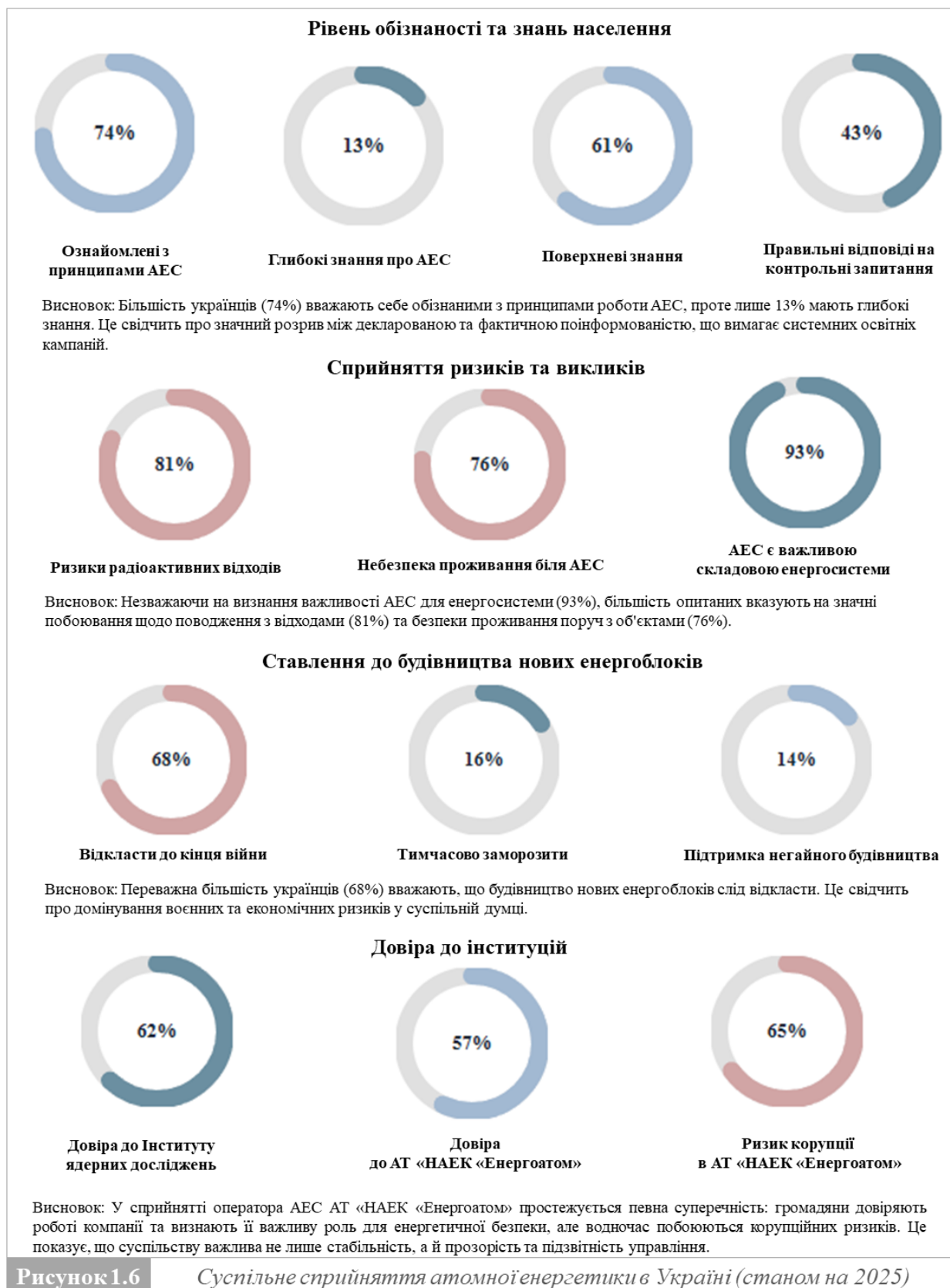
Нові архітектурні концепції АЕС поєднують безпеку, ефективність і гуманізацію простору. Провідні світові компанії — EDF, Westinghouse, KEPCO, Hitachi — впроваджують інтегровані реакторні модулі, де більшість технологічних систем розташовані в одному корпусі. Це дозволяє мінімізувати площу забудови, скоротити транспортні потоки та підвищити рівень фізичного захисту об'єкта [123, с. 1].

Крім того, архітектурні рішення враховують принципи екологічної інтеграції: рекультивацію ландшафтів, створення буферних зелених зон, використання локальних матеріалів і кольорів, що знижують візуальний вплив промислової інфраструктури на навколишнє середовище. Сучасні АЕС дедалі частіше сприймаються як високотехнологічні комплекси з гуманізованим середовищем, що мають не лише енергетичну, а й освітню, демонстраційну та соціальну функції [124, с. 1].

Сучасні тенденції розвитку атомної енергетики не можна розглядати у відриві від суспільного контексту, адже саме громадське сприйняття визначає рівень підтримки або опору впровадженню нових проєктів. Формування позитивного іміджу галузі є важливою складовою сталого розвитку та передумовою для реалізації державних енергетичних стратегій.

Суспільне сприйняття атомної енергетики в Україні [125, с. 1]

Результати соціологічного дослідження 2025 року демонструють неоднозначне ставлення українців до використання ядерних технологій (Рис. 1.6). З одного боку, атомні електростанції визнаються стратегічно важливими об'єктами, необхідними для енергетичної безпеки держави; з іншого — вони залишаються джерелом суспільних занепокоєнь, пов'язаних із ризиками безпеки, екологічними наслідками та можливими проявами корупції у сфері управління галуззю.



Рівень обізнаності населення. Більшість респондентів (74%) заявили про знайомство з принципами роботи АЕС, але лише 13% продемонстрували достатній рівень знань для пояснення цих принципів іншим. При цьому 61%

визнають, що їхні знання поверхневі. Навіть серед обізнаних респондентів лише 43% правильно відповіли на контрольне запитання щодо кількості діючих АЕС в Україні. Це свідчить про розрив між декларативним і фактичним рівнем обізнаності, що підкреслює необхідність системних освітніх кампаній.

Сприйняття ризиків. Загалом 93% респондентів визнають важливу роль АЕС у виробництві електроенергії, проте 81% відзначають проблему поводження з радіоактивними відходами як ключову загрозу. Крім того, 76% переконані, що проживання поблизу АЕС пов'язане з ризиком для здоров'я, що особливо актуально в умовах воєнного конфлікту, а 68% вважають, що населення міст-супутників АЕС підлягає підвищеному впливу радіаційних факторів.

Ставлення до будівництва нових енергоблоків. Питання розширення атомних потужностей є суперечливим. 68% респондентів вважають, що будівництво нових блоків слід відкласти до завершення війни, 16% пропонують тимчасово заморозити проекти до оцінки ризиків і вигод, а лише 14% підтримують негайне будівництво. Фокус-групові обговорення показали, що молодь із малих міст Заходу України позитивно оцінює перспективи експорту електроенергії та підвищення безпеки існуючих блоків шляхом введення нових потужностей.

Довіра до інституцій та комунікація. Найвищий рівень довіри респонденти демонструють до наукових установ (62% Інститут ядерних досліджень НАН України) та компанії «Енергоатом» (57%). Водночас державні регуляторні органи отримали низькі оцінки, а питання корупційних ризиків у діяльності компанії «Енергоатом» залишається ключовим — 65% респондентів вважають діяльність компанії непрозорою.

Дослідження 2025 року виявило ключові тенденції, а саме: атомна енергетика визнається необхідною для енергетичної безпеки, проте знання про її функціонування поверхневі; страхи щодо радіаційних ризиків і поводження з відходами залишаються головним бар'єром у формуванні позитивного іміджу галузі; питання будівництва нових енергоблоків розглядається через призму

воєнних та фінансових ризиків; низька поінформованість і високий запит на прозору інформацію створюють завдання для держави та архітекторів — формувати об'єкти, що є не лише технічно безпечними, а й соціально зрозумілими та прозорими.

1.3 Аналіз вітчизняних та закордонних прикладів атомних електростанцій

Розвиток атомної енергетики у світі відзначається різноманітністю технологічних рішень, архітектурних концепцій та підходів до забезпечення безпеки та ефективності експлуатації. Досвід різних країн дозволяє виявити переваги та недоліки різних архітектурно-планувальних підходів, визначити архітектурну типологію АЕС, визначити ключові фактори, що впливають на безпеку та надійність, а також інтеграцію в навколишнє середовище і спрямувати його на подальший розвиток атомної енергетики України.

Закордонні атомні електростанції (Рис. 1.7)

АЕС Ханбіт (Південна Корея) [126, с. 1] є однією з найбільших діючих атомних електро станцій країни, розташованою в повіті Йонгван провінції Чолла-Намдо на узбережжі Жовтого моря. Комплекс включає шість енергоблоків із водо-водяними енергетичними реакторами під тиском (PWR) загальною потужністю 5875 МВт, що забезпечує близько 10 % усієї генерації електроенергії Південної Кореї. Будівництво станції розпочалося у 1977 р., перший енергоблок введено в експлуатацію в 1986 р., а останній — у 2002 р. Експлуатуючою організацією є Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP). За потужністю АЕС Ханбіт поступається лише АЕС Ханул, однак входить до десятки найбільших атомних станцій світу. У 2013 р. станція отримала сучасну назву «Ханбіт» (дослівно — «світло Кореї»), замінивши попередню — «Йонгван». Ініціатива перейменування походила від місцевих рибальських громад, які прагнули уникнути асоціацій їхньої продукції з атомною енергетикою.

Архітектурно-планувальна структура АЕС Ханбіт включає реакторні зали з контейнентами, турбінні відділення, генераторні блоки та розгалужену систему аварійного захисту, вентиляції та водяного охолодження. Значна увага приділена екологічній інтеграції — збереженню берегової лінії, організації санітарно-захисної зони, використанню місцевих матеріалів для зовнішніх фасадів. Станція є прикладом гармонійного поєднання промислової архітектури та природного ландшафту.

АЕС Палюель (Франція) [127, с. 1] розташована в регіоні Нормандія, департамент Приморська Сена, неподалік міста Дьєп. Комплекс складається з чотирьох енергоблоків із реакторами типу ВВЕР серії Р4, кожен потужністю 1382 МВт. Технічне водопостачання забезпечується з Ла-Маншу, що визначає характерні архітектурно-інженерні рішення охолоджувальної системи.

АЕС Палюель є прикладом промислової інтеграції у сільську місцевість: будівництво станції стимулювало розвиток локального промислового кластера, створення житлової та соціальної інфраструктури для персоналу. Архітектура об'єкта характеризується чіткою симетрією та зваженою композицією промислових корпусів, що поєднує функціональність і візуальну дисципліну французької інженерної школи.

Будівництво та експлуатація станції забезпечили формування локального промислового центру, адже чисельність персоналу сягає близько 1250 осіб, що значно перевищує населення безпосередньо прилеглого селища.

АЕС Вінтерсберг (США, Аризона) [128, с. 1] (також відома як *Palo Verde Nuclear Generating Station*) найбільшою атомною електростанцією США за річним виробітком електроенергії та однією з найбільших у світі. Розташована в пустельному регіоні, станція вирізняється унікальною системою охолодження — замість природних водойм використовується повторне очищення стічних вод із навколишніх міст. Такий підхід зробив об'єкт символом раціонального використання ресурсів і прикладом екологічної адаптації архітектурно-технологічних рішень до кліматичних умов посушливих територій.

Комплекс проєктовано з урахуванням принципів модульності та технологічної повторюваності, що полегшує експлуатацію та ремонтні роботи, водночас забезпечуючи компактність і логічність просторової структури.

АЕС Брюс (Канада) [129, с. 1] розташована на узбережжі озера Гурон, у провінції Онтаріо. Це найбільший ядерний комплекс Північної Америки, який включає дві секції — Брюс А та Брюс В, кожна з чотирма реакторами CANDU (PHWR). Архітектурно станція вирізняється модульністю енергоблоків, що забезпечує високу ступінь гнучкості та можливість поступової модернізації без зупинки всієї системи. Завдяки регулярним оновленням та ремонтам станція, введена в експлуатацію у 1970-х роках, зберігає високий рівень ефективності.

Системи охолодження інтегровані з природними водними ресурсами озера Гурон, що дозволяє зменшити енергоспоживання насосних станцій. Архітектура об'єкта демонструє прагнення канадської школи до мінімізації візуального впливу промислової інфраструктури на довкілля. Реактори CANDU вирізняються високою надійністю та відносно низьким обсягом радіоактивних відходів, що формує позитивний екологічний імідж АЕС Брюс у міжнародному контексті.

АЕС Гравлін (Франція) [130, с. 1] розташована між містами Кале та Дюнкерк у регіоні Нор — Па-де-Кале. Це п'ята за потужністю атомна електростанція у світі та найбільша у Західній Європі. Комплекс складається з шести енергоблоків із реакторами ВВЕР серії CP1 потужністю по 951 МВт. Водозабір і охолодження здійснюються безпосередньо водами Північного моря, що вплинуло на конфігурацію технологічних майданчиків і систем охолодження. На підприємстві працює близько 1680 штатних співробітників.

Архітектурна композиція відзначається масштабністю та простотою форм, властивою французькій технократичній традиції. Незважаючи на промисловий характер, у проєкті враховано принципи інтеграції з ландшафтом — станція частково заглиблена в прибережний рельєф, а її інфраструктура обрамлена зеленими буферними насадженнями.



АЕС Охі (Японія) [131, с. 1] розташована у префектурі Фукуї, є показовим прикладом адаптації ядерної архітектури до складних природних умов. Комплекс включає чотири реактори PWR сумарною потужністю 4710 МВт.

Після аварії на АЕС Фукусіма-1 у 2011 р. проект зазнав масштабної модернізації: укріплено захисні контейнменти, впроваджено сейсмостійкі системи, удосконалено аварійне охолодження.

Архітектурне рішення демонструє японський підхід до естетики промислової інфраструктури — стриманість форм, лаконічність і глибоку увагу до ландшафтного контексту. Комплекс органічно інтегрований у прибережну зону, не порушуючи природного силуету узбережжя.

АЕС Фукусіма-2 (Японія) [132, с. 1] Атомна електростанція «Фукусіма-2» розташована на узбережжі Тихого океану поблизу міст Нараха та Томіока, південніше від більш відомої «Фукусіма-1». Її проектування та експлуатацію здійснювала енергетична компанія Tokyo Electric Power Company (TEPCO).

Комплекс складався із шести енергоблоків сумарною встановленою потужністю 4700 МВт, що забезпечувало значну частку електропостачання регіону Канто.

З архітектурно-планувальної точки зору, станція була організована за принципом лінійного розміщення реакторних відсіків уздовж узбережжя, що відповідало японським стандартам безпеки 1970–1980-х років і враховувало потреби в ефективному охолодженні морською водою. Водночас таке планувальне рішення зумовило підвищену вразливість об'єкта до цунамі, що й продемонстрували події 2011 року.

Після аварії на «Фукусіма-1» станція потрапила у зону радіаційного впливу, що унеможливило її подальшу експлуатацію. У 2018 році TEPCO ухвалила рішення про остаточне виведення «Фукусіма-2» з експлуатації. Цей об'єкт нині розглядається у світовій практиці як приклад потреби комплексного перегляду архітектурно-планувальних підходів до розміщення прибережних АЕС, особливо з урахуванням природних ризиків і кліматичних факторів.

АЕС Каттеном (Франція) [133, с. 1] Атомна електростанція «Каттеном» розташована в департаменті Мозель, регіон Лотарингія, поблизу кордону з Люксембургом. Вибір місця будівництва здійснювався з урахуванням природних

ризиків, зокрема можливих паводків річки Мозель. Сам майданчик було піднято на 20 метрів вище історичного рівня підтоплень, що є прикладом грамотного просторового планування з урахуванням природно-географічних чинників.

Комплекс включає чотири енергоблоки з реакторами типу PWR серії P'4 потужністю 1362 МВт кожен, що забезпечує станції статус одного з найбільших ядерних об'єктів Європи. Архітектурною домінантою є гіперболоїдні градирні, які не лише виконують функцію охолодження, а й формують впізнаваний силует у ландшафті.

Архітектурно-планувальна організація комплексу демонструє прагнення до балансу між інженерною ефективністю та екологічною інтеграцією. На території АЕС створено штучні водойми та зони.

Вітчизнані атомні електростанції (Рис. 1.8)

Розвиток атомної енергетики України розпочався 1977 року із введення в експлуатацію першого енергоблоку Чорнобильської АЕС. У межах загальносоюзної програми планувалося будівництво дев'яти АЕС, проте реалізовано було п'ять — Запорізьку, Рівненську, Хмельницьку, Південноукраїнську та Чорнобильську.

Після аварії 1986 року на ЧАЕС розвиток галузі зазнав суттєвих змін: введено тимчасовий мораторій на будівництво нових енергоблоків, переглянуто стандарти безпеки, акцент перенесено на модернізацію та продовження ресурсу існуючих потужностей. З 1996 року функції управління АЕС зосереджено в АТ «НАЕК «Енергоатом», який став єдиним оператором атомної генерації України.

Сьогодні в експлуатації перебуває 15 енергоблоків сумарною потужністю 13 835 МВт, що становить близько 50 % загального виробництва електроенергії країни.

Запорізька атомна електростанція (ЗАЕС) [134, с. 1] розташована на березі Каховського водосховища в Запорізькій області, поблизу міста Енергодар. Вона є найбільшою атомною електростанцією Європи та однією з

найпотужніших у світі. Комплекс складається з шести енергоблоків із реакторами типу ВВЕР-1000 загальною потужністю 6000 МВт.



Архітектурно-планувальна структура ЗАЕС характеризується чіткою модульністю, де кожен енергоблок функціонує як автономна конструктивно-просторова одиниця. Реакторні відділення розміщені в окремих контейнентах циліндричної форми з купольним завершенням, що забезпечує високий рівень радіаційного захисту. Просторова організація комплексу підпорядкована функціональній логіці виробничих процесів — розділення реакторної, турбінної та допоміжної зон сприяє зниженню ризиків технологічного перехресного впливу.

Інженерна інфраструктура станції включає розгалужену систему охолодження, що використовує ресурси Каховського водосховища. Архітектурна композиція вирізняється масштабністю, симетричністю та раціональною впорядкованістю, що є характерними рисами індустріальних об'єктів радянського періоду.

Рівненська атомна електростанція (РАЕС) [134, с. 1] розташована на північному заході України, у Хмельницькій області, поблизу міста Нетішин. Комплекс включає чотири енергоблоки з реакторами типу ВВЕР (два з них — ВВЕР-440, два — ВВЕР-1000) загальною встановленою потужністю близько 2835 МВт.

Архітектурно-планувальна організація РАЕС базується на принципі функціональної розмежованості: реакторні, турбінні та допоміжні блоки формують структурно впорядковану систему, що забезпечує ефективність технологічного процесу. Кожен енергоблок обладнаний індивідуальним контейнментом, що гарантує локалізацію можливих аварійних процесів.

Комплекс вирізняється компактним розміщенням і раціональним використанням території. Просторова композиція зберігає візуальну цілісність завдяки уніфікації архітектурних форм і гармонійному співвідношенню між промисловими об'єктами та природним середовищем.

Південна атомна електростанція [136, с. 1], до 2022 року відома як Южно-Українська АЕС, розташована в Миколаївській області, неподалік міста

Южноукраїнськ. Комплекс включає три енергоблоки з реакторами типу ВВЕР-1000 загальною потужністю 3000 МВт.

Планувальна структура ПАЕС ґрунтується на принципі автономності функціональних зон і зручності експлуатаційних зв'язків. Для кожного реактора передбачено індивідуальний контеймент, що підвищує рівень безпеки. Територія станції має чітке зонування на реакторну, турбінну, допоміжну та адміністративну частини.

Особливу увагу приділено інтеграції станції у природний ландшафт долини річки Південний Буг. Система охолодження використовує природні ресурси річки, доповнені спеціально побудованими каналами та водоймами. Такий підхід забезпечує не лише технічну ефективність, але й знижує екологічне навантаження на довкілля.

Хмельницька атомна електростанція (ХАЕС) [137, с. 1] розташована поблизу міста Нетішин у Хмельницькій області. Комплекс складається з двох енергоблоків із реакторами типу ВВЕР-1000 загальною потужністю 2000 МВт, із перспективою добудови ще двох блоків.

Архітектурно-планувальна організація ХАЕС вирізняється компактністю, логічною впорядкованістю і виразною структурною симетрією. Основні корпуси станції утворюють єдину композиційну вісь, навколо якої організовано допоміжні та адміністративні будівлі. Кожен енергоблок оснащений індивідуальним контейментом циліндричної форми, що відповідає міжнародним стандартам безпеки.

Територія станції структурована за принципом функціональної зональності, а система водяного охолодження інтегрована у місцевий гідрологічний ландшафт, що дозволяє оптимізувати використання природних ресурсів.

Висновки до першого розділу

1. Проведений аналіз сучасного стану розвитку атомної енергетики засвідчив її стратегічну роль у формуванні енергетичної безпеки держав та досягненні глобальних кліматичних цілей. Ядерна генерація виступає ключовим елементом стабільного енергетичного балансу, забезпечуючи надійне виробництво електроенергії, зниження залежності від викопних ресурсів і скорочення викидів парникових газів. Досвід країн Європи, Північної Америки та Азії підтверджує, що атомна енергетика залишається базовою складовою стратегії сталого розвитку енергосистем.

2. В Україні атомна енергетика має понад півстолітню історію становлення, що бере початок із введенням у експлуатацію першого енергоблоку Чорнобильської АЕС. Сформований парк атомних станцій — із 15 діючими енергоблоками загальною потужністю понад 13,8 ГВт — забезпечує понад половину загального обсягу електрогенерації країни, що визначає її провідне значення в енергетичному балансі держави.

3. Дослідження етапів розвитку світової та вітчизняної атомної енергетики дозволило простежити еволюцію архітектурно-планувальних рішень — від масивних комплексів радянського типу до сучасних багатофункціональних і більш компактних структур, орієнтованих на підвищену безпеку, ергономічність та екологічну інтеграцію.

4. Аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій 2019–2025 рр. свідчить про зростання уваги до питань безпеки, екології та суспільного сприйняття атомної енергетики. Водночас архітектурно-планувальні аспекти атомних електростанцій залишаються недостатньо дослідженими. Наявні наукові роботи зосереджені переважно на проблемах промислової архітектури, ревіталізації та розвитку промислових територій і міст-супутників. Це обґрунтовує актуальність комплексного дослідження архітектурно-планувальної організації АЕС з урахуванням сучасних вимог безпеки та містобудівного контексту та гуманізації виробничого середовища.

5. Окремо наголошено на значенні соціального фактора, оскільки сучасне проектування потребує врахування громадської думки та покращення соціального образу атомних електростанцій. Соціологічний аналіз свідчить про високий рівень усвідомлення стратегічного значення атомної енергетики серед населення України, водночас існують занепокоєння щодо радіаційних ризиків, поводження з відходами та безпеки під час воєнних конфліктів. Виявлено також значний запит на прозору комунікацію та освітні матеріали, що підкреслює необхідність інтеграції інформаційно-просвітницьких рішень у архітектурно-планувальну організацію АЕС.

6. Аналіз міжнародних прикладів (Франція, Японія, Канада, США, Південна Корея) показав, що найефективнішими залишаються системи з водоохолоджуваними реакторами типу PWR і BWR. У цих проєктах простежується чітка архітектурна логіка: модульність конструкцій, уніфікація технологічних вузлів, стандартизація просторових схем, а також пріоритетність вимог безпеки та екологічної адаптації.

7. Архітектурно-планувальні рішення українських атомних електростанцій відповідають міжнародним принципам безпечної експлуатації: вони базуються на багатоблоковій системі, наявності герметичних контейментів, функціональному зонуванні виробничих і допоміжних частин, а також інтегрованих системах водяного охолодження. Такі рішення свідчать про високий рівень інженерної культури проектування, орієнтованої на надійність та довговічність.

8. Разом із тим, значна частина існуючого фонду АЕС, як в Україні, так і у світі, стикається з проблемами фізичного та морального старіння обладнання, конструкцій і систем управління. Це актуалізує потребу в розробленні нових архітектурно-технологічних рішень, заснованих на принципах адаптивності, модульності та підвищеної стійкості до зовнішніх впливів — у тому числі воєнних.

9. У розділі сформовано науково-методичні засади, що визначають подальший напрям досліджень і проєктних пропозицій.

РОЗДІЛ II.

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

2.1 Методика дослідження

У сучасних умовах трансформації енергетичної системи України постає необхідність формування нових підходів до проєктування АЕС, які поєднують вимоги безпеки, технологічної ефективності, архітектурної виразності та гуманізації промислового середовища. Розроблення методичних засад та принципів архітектурно-планувальної організації АЕС ґрунтується на системному аналізі існуючих типів АЕС, дослідженні історичних тенденцій розвитку галузі та врахуванні впливу комплексу зовнішніх і внутрішніх факторів — природно-кліматичних, соціально-економічних, екологічних, містобудівних і технологічних.

Особлива увага приділяється особливостям функціонально-просторової організації промислового майданчика, раціональному зонуванню та взаємозв'язку між техногенними і природними елементами середовища, що визначає гармонійність і стійкість архітектурного рішення.

Методика дослідження архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій сформована на основі комплексного підходу, який поєднує історико-аналітичні, емпіричні, експериментальні та моделювальні методи. Такий підхід забезпечує всебічне вивчення об'єкта від аналізу еволюції типів і принципів будівництва до формування концептуальних рішень сучасних і перспективних енергетичних комплексів (Рис. 2.1).

Історико-еволюційний метод дослідження застосовується для вивчення процесів проєктування та будівництва АЕС, відстеження їхніх змін у часі та визначення закономірностей розвитку галузі.

Аналіз передумов формування енергетичних комплексів у певних регіонах дозволяє оцінити соціально-економічні, природні та інфраструктурні фактори, що впливають на розміщення та ефективність АЕС.

Аналіз факторів, що впливають на функціонально- та архітектурно-планувальну організацію допомагає визначити ключові обмеження та вимоги до організації простору електростанції.

Метод натурних обстежень існуючих АЕС в Україні забезпечує практичне розуміння функціональних, технологічних та архітектурних особливостей діючих об'єктів.

Метод комплексного та порівняльного аналізу об'єктів-аналогів АЕС дозволяє виділити найкращі практики та інтегрувати їх у концептуальні рішення.

Класифікація типів АЕС сприяє систематизації об'єктів та обґрунтуванню вибору типових конструктивних та технологічних рішень.

Визначення концептуальних засад проектування АЕС покликане закласти базові принципи архітектурно-планувальної організації нових станцій.

Поділ будівель і споруд АЕС за принципом ієрархії дозволяє оптимізувати функціональні зв'язки та забезпечити ефективну організацію території.

Комплексна оцінка території з точки зору природних, містобудівних і ландшафтних характеристик визначає оптимальні ділянки для проектування АЕС.

Метод експериментального проектування використовується для апробації нових архітектурних рішень фасадів головних будівель АЕС, функціональних схем, розташування рекреаційних зон та зон релаксації на території майданчику АЕС та додаткових архітектурних елементів.

Графоаналітичний аналіз та систематизація даних дозволяє структурувати інформацію та виявити закономірності у функціонально-просторовій організації об'єктів.

Метод комп'ютерного моделювання забезпечує візуалізацію архітектурних рішень фасадів головних будівель АЕС, рекреаційних зон та зон релаксації на території майданчику АЕС та додаткових архітектурних елементів.

Метод комплексної оцінки застосовується для інтегрованого аналізу технічних, соціальних та екологічних аспектів розташування та функціонування АЕС.

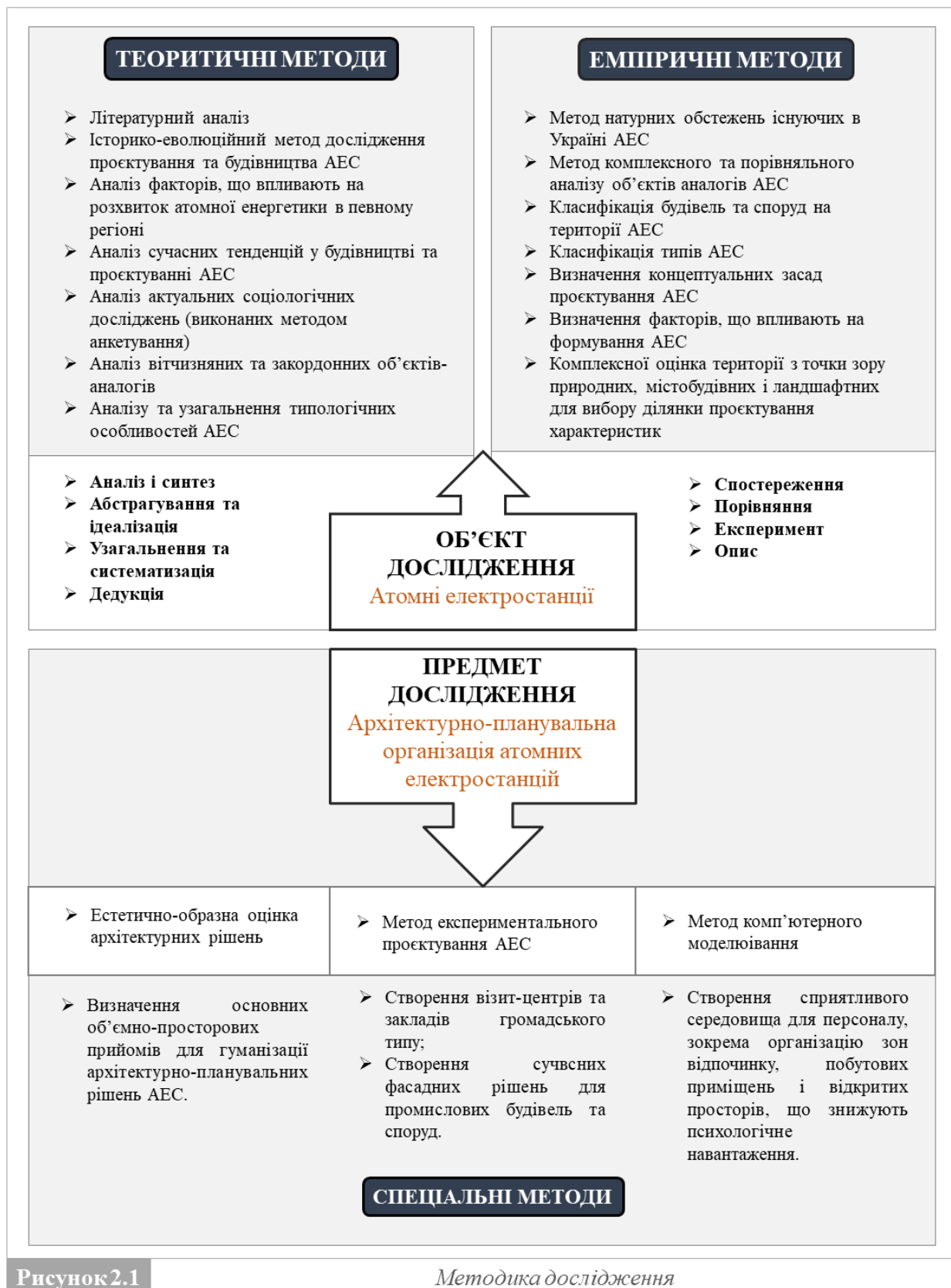


Рисунок 2.1

Визначення принципів функціонально- та архітектурно-планувальної організації забезпечує науково обґрунтовану основу для проєктування території та будівель атомної електростанції.

Естетично-образна оцінка архітектурних рішень дозволяє інтегрувати естетичні та культурні аспекти у загальний архітектурний образ АЕС.

Виявлення особливостей розміщення АЕС сприяє оптимізації просторової організації та безпечного функціонування станцій.

Формування номенклатури архітектурно-композиційних прийомів забезпечує стандартизацію та уніфікацію підходів до розташування будівель і споруд.

Функціональне моделювання території АЕС використовується для прогнозування потоків персоналу, матеріалів та енергетичних ресурсів, а також для підвищення ефективності роботи станції.

Таким чином, запропонована методика забезпечує комплексний підхід до дослідження архітектурно-планувальної організації АЕС, поєднуючи аналіз історичних тенденцій, практичні спостереження, експериментальне проєктування та сучасні комп'ютерні методи, що створює науково обґрунтовану основу для подальшого формування принципів проєктування атомних електростанцій.

2.2 Фактори, що впливають на архітектурно-планувальну організацію атомних електростанцій

Атомна електростанція є складним інженерно-технологічним комплексом, що включає численні будівлі та споруди, запроєктовані та побудовані за участю широкого кола фахівців — вчених, інженерів, проєктувальників і будівельників із використанням передових технологій. Процес проєктування та будівництва АЕС визначається взаємодією зовнішніх та внутрішніх чинників, які впливають на ефективність функціонування станції, безпеку її експлуатації та соціальну прийнятність об'єкта.

Розміщення та конфігурація АЕС визначаються рядом зовнішніх і внутрішніх факторів (Рис. 2.2). До зовнішніх належать природні умови території, гідрологічні та кліматичні особливості, наявність джерел водопостачання та транспортної інфраструктури, економічні та соціальні умови регіону:

- *Природньо-кліматичні.* Атомні електростанції належать до категорії великих водоспоживаючих підприємств, що зумовлює необхідність їх розміщення безпосередньо на узбережжях природних водойм або штучно створених чи розширених водних об'єктів з метою мінімізації протяжності комунікацій систем технічного водопостачання. Водночас розташування АЕС у сейсмічно активних регіонах вимагає передбачення додаткових інженерних систем і спеціалізованих споруд, спрямованих на забезпечення надійності та безпеки функціонування промислового комплексу.

- *Соціально-економічні.* Будівництво та проектування атомних електростанцій є капіталомістким і тривалим процесом, що вимагає значних фінансових та технічних ресурсів. Тривалість реалізації таких проектів зазвичай коливається від 5 до 15 років, що обумовлено впровадженням передових технологій, масштабною забудовою об'єкта та комплексністю інженерних систем. Суспільне сприйняття ядерної енергетики є неоднозначним: хоча загалом атомна енергія визнається важливим джерелом електроенергії, певна частина населення вважає її використання неприйнятним через потенційні екологічні та безпекові ризики. Вартість будівництва атомних електростанцій варіюється в широких межах — від 3 до понад 7 мільярдів доларів США, залежно від географічного розташування, місцевих умов, типу застосованого реактора та комплексу систем безпеки. Ці фактори визначають не лише фінансову складову проекту, а й строки реалізації та подальшу ефективність експлуатації станції.

- *Політичні.* Історично розвиток ядерної енергетики перебував під контролем урядів провідних індустріально розвинених держав, що зумовлювалося її тісним взаємозв'язком із розробкою ядерної зброї та значними фінансовими витратами на науково-дослідні роботи. З огляду на тривалість життєвого циклу атомних електростанцій, який у середньому сягає близько 100

років, співпраця між країнами — постачальниками ядерних технологій та державами — їхніми користувачами набуває довгострокового характеру і, як правило, супроводжується політичними чинниками.



- *Містобудівні.* Розміщення атомних електростанцій та їхні функціональні можливості визначаються проєктами розвитку енергетичної системи з урахуванням перспектив зростання споживання енергії, освоєння паливних ресурсів і регіональних гідрологічних умов. Важливим чинником є також забезпечення доступності транспортування ядерного палива та ефективної передачі електроенергії, а в окремих випадках — пари й тепла для потреб промислових підприємств та комунального сектору. З огляду на масштабність та специфіку функціонування атомної енергетики, виникає потреба у формуванні міст-супутників, призначених для забезпечення експлуатації та обслуговування цього типу промислових комплексів.

Міста-супутники атомних електростанцій [6].

Атомні електростанції є стратегічно важливими об'єктами енергетичної інфраструктури, спорудження яких супроводжується формуванням нових або істотною трансформацією існуючих населених пунктів — міст-супутників. Просторове планування, соціально-економічний розвиток та архітектурно-планувальні рішення таких міст безпосередньо залежать від функціонування АЕС, що зумовлює їхню спеціалізацію та специфічні містобудівні характеристики. Феномен міст-супутників є поширеним у країнах з розвиненою атомною енергетикою, проте український досвід вирізняється масштабністю розвитку галузі та глибокими соціально-просторовими наслідками Чорнобильської катастрофи.

Аналіз вітчизняного й зарубіжного досвіду свідчить (рис. 2.3, 2.4), що міста-супутники проєктувалися як функціонально збалансовані поселення з раціональною планувальною структурою, розвиненою соціальною інфраструктурою та значною часткою зелених насаджень, орієнтовані на забезпечення комфортних умов проживання працівників АЕС і їхніх сімей. Водночас домінування ядерного виробництва в економічній структурі таких міст забезпечує стабільність зайнятості, але формує високу залежність від безперебійної роботи енергетичного об'єкта та підвищує соціально-економічні ризики у разі аварійних або кризових ситуацій.

Сучасні виклики розвитку міст-супутників зумовлюють необхідність комплексного архітектурно-містобудівного підходу, спрямованого на оновлення генеральних планів, диверсифікацію функціональної структури, модернізацію

	МІСТО-СУПУТНИК АЕС	МІСТОБУДІВНІ ОСОБЛИВОСТІ	АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ
Славутич		Проектувався як "місто майбутнього" з урахуванням сучасних на той час містобудівних концепцій. Характеризується чітким зонуванням, великою кількістю зелених насаджень, пішохідних зон та розвинутою соціальною інфраструктурою. Місто складається з кварталів, забудованих за проектами архітекторів з різних республік СРСР, що надає кожному кварталу унікального архітектурного стилю.	Архітектура поєднує модерністські прийоми 1980-х із елементами національних стилів (балтійського, кавказького, українського). Місто вирізняється високою якістю просторової організації: школи, дитсадки, культурні центри інтегровані у житлові квартали, що робить його прикладом соціально орієнтованого містобудування.
Нетішин		Нетішин виник у 1970-х рр. як місто-супутник Хмельницької АЕС. Його структура базується на принципах радянського планового містобудування: центральна площа, житлові мікрорайони та розділення промислової і житлової зон. Житлова забудова переважно багатоповерхова, типова для міст цього періоду.	Архітектурний образ формують панельні житлові масиви, адміністративні будівлі та соціальна інфраструктура. Попри індустріальний характер, у місті є рекреаційні простори біля річки Горинь, що забезпечує баланс між промисловістю й життям мешканців.
Вараш		Вараш був збудований у 1970-х рр. для працівників Рівненської АЕС. Містобудівна структура — класичне радянське планове місто: поділ на мікрорайони, наявність просторих площ і зелених зон, окрема промислова зона. Основу житлового фонду становлять багатоповерхові будинки.	Архітектура має функціональний характер: типові серії житлових будинків, школи, дитячі садки та спортивні комплекси, інтегровані у квартали. Домінантою міського ландшафту виступає сама АЕС, яка визначає соціально-економічний розвиток міста.
Южноукраїнськ		Южноукраїнськ був заснований у 1970-х рр. як супутник Південноукраїнської АЕС. Місто розташоване у мальовничій долині річки Південний Буг, що зумовило наявність природних рекреаційних зон поруч із житловими кварталами. Планувальна структура — мікрорайонна, з розділенням житлових і промислових функцій.	Архітектура представлена типовими багатоповерхівками радянського періоду з акцентом на функціональність. Особливістю міста є візуальний контраст: поряд із панельними масивами та промисловими спорудами розташовані природні скелі й заповідні ландшафти Південного Бугу, що створює унікальний міський образ.
		Славутич (Київська область) Заснований після Чорнобильської катастрофи для розміщення евакуйованого персоналу ЧАЕС Вараш (Рівненська область, колишній Кузнецовськ): Місто-супутник Рівненської АЕС Нетішин (Хмельницька область): Місто-супутник Хмельницької АЕС Южноукраїнськ (Миколаївська область): Місто-супутник Південної АЕС	

Рисунок 2.3

Міста-супутники АЕС. Вітчизняний досвід

	МІСТО-СУПУТНИК АЕС	МІСТОБУДІВНІ ОСОБЛИВОСТІ	АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ
Сен-Поль-Труа-Шато		Місто на південному сході Франції (департамент Дром), що отримало сучасний розвиток завдяки атомній енергетиці. Історичне ядро зберегло римське планування та середньовічну забудову з вузькими вулицями, площею та романським собором. На околицях сформувалися нові житлові райони малоповерхових будинків для працівників ядерного комплексу Маркуль (SEA Marcoule), розташованого неподалік. Містобудівна структура вирізняється чітким розподілом: старе місто виконує культурно-туристичну функцію, а сучасна периферія забезпечує житло та інфраструктуру для персоналу АЕС і наукових центрів.	Архітектурний вигляд поєднує кам'яну історичну забудову Провансу з модерністськими кварталами 1960–1980-х років. У місті зведені школи, спортивні споруди та медичні заклади, необхідні для життя енергетиків і науковців. Індустріальний комплекс не домінує візуально над містом, однак визначає його соціально-економічний розвиток. Сен-Поль-Труа-Шато є прикладом міста-супутника ядерної галузі, де історична архітектурна спадщина органічно поєднана з новою функціональною інфраструктурою.
Гравелін		невелике французьке місто на узбережжі Північного моря, яке поєднує історичну фортифікаційну спадщину XVII ст. із сучасною індустріальною ідентичністю. Його ядро зберегло унікальні бастиони Вобана з компактною забудовою, а навколо сформувалися житлові райони малоповерхових будинків, орієнтовані на працівників атомної електростанції. Функціональна структура міста відзначається чітким зонуванням: історичний центр виконує культурно-адміністративні функції, периферія — житлову, а на узбережжі виділена зона АЕС Gravelines із шістьма енергоблоками.	історичні цегляні будівлі у стилі фламандської готики та бароко й сучасні індустріальні доміанти у вигляді енергоблоків та градирень. Для забезпечення життя енергетиків у місті створені школи, спортивні комплекси, медичні заклади та рекреаційні простори. Таким чином, Гравелін є прикладом міста-супутника АЕС, де поєднуються оборонна спадщина, житлові квартали та сучасна інфраструктура, підпорядкована розвитку атомної енергетики.
Во-ан-Бюже		невелике місто в регіоні Овернь-Рона-Альпи, чий розвиток тісно пов'язаний із роботою однойменної атомної електростанції на річці Рона. Містобудівна структура поєднує історичне сільське ядро з малоповерховою забудовою та нові житлові райони, створені у 1970–1980-х рр. для персоналу АЕС. Планування вирізняється чітким відокремленням житлової та промислово-енергетичної зон, а важливим чинником залишається транспортна доступність до Ліона.	Архітектурний вигляд міста поєднує кам'яні традиційні будинки з черепичними дахами та сучасні квартали у дусі французького модернізму. Домінантою в ландшафті стали реакторні корпуси та градирні АЕС, які контрастують із природним середовищем та історичною забудовою. Таким чином, Бюже є прикладом міста-супутника АЕС, де поєднуються традиційна архітектурна спадщина й індустріальний образ атомної енергетики.
 <p>Гравелін (Франція): місто-супутник АЕС Гравелін</p> <p>Бюже (Франція): місто-супутник АЕС Бюже</p> <p>Сен-Поль-Труа-Шато (Франція): місто-супутник АЕС Трікастен</p>			
Рисунок 2.4		Міста-супутники АЕС. Закордонний досвід	

житлового фонду й громадських просторів, формування виразного архітектурного образу та підвищення рівня безпеки й екологічної стійкості.

Реалізація таких підходів сприятиме трансформації міст-супутників у комфортні, соціально збалансовані та економічно стійкі міські утворення.

В свою чергу, внутрішні фактори включають тип і потужність ядерної технології, склад і площу будівель, внутрішню конфігурацію приміщень, технологічні зв'язки та інженерні мережі, а також організацію функціональних зон на промисловому майданчику:

- *Функціонально-технологічні.* Вибір ядерної технології визначає просторову організацію атомної електростанції, зокрема розташування основних і допоміжних виробничих будівель, господарсько-складських та адміністративних об'єктів, а також під'їзних шляхів, автомобільних і залізничних доріг. Такий підхід забезпечує компактне використання відведеної для будівництва території та формує ієрархію функціональних зв'язків між окремими елементами комплексу. У даному контексті ядерна технологія розглядається як сукупність технологічних рішень, що дають змогу ефективно та безпечно застосовувати розщеплюваний матеріал як джерело енергії для виробництва електроенергії.

- *Інженерно-технологічні.* Крім того, вибір ядерної технології зумовлює склад основних і допоміжних виробничих споруд, господарсько-складських та адміністративних будівель і приміщень, визначає їх площу, внутрішню конфігурацію та просторову організацію. Водночас він впливає на формування найкоротших та найбільш раціональних зв'язків між інженерними мережами, що є особливо важливим з огляду на високу вартість відповідних технологічних рішень.

- *Санітарно-гігієнічні.* Оскільки атомні електростанції належать до об'єктів важкої промисловості, їх розміщення та експлуатація передбачають створення санітарно-захисної зони та зони спостереження відповідно до чинних норм і правил. [138-142, с. 1]. Санітарно-захисна зона забезпечує захист населення від можливого впливу шкідливих факторів, тоді як зона спостереження використовується для постійного моніторингу стану навколишнього середовища та контролю рівнів радіаційної безпеки.

Методи проектування санітарно-захисної зони та зони спостереження

Проблематика просторової організації територій навколо атомних електростанцій є однією з ключових у сфері архітектурно-планувального проектування ядерних об'єктів. Вона безпосередньо пов'язана з завданням забезпечення радіаційної безпеки населення та довкілля, що, у свою чергу, регламентується національними законодавчими та нормативними актами, а також міжнародними рекомендаціями МАГАТЕ та інших спеціалізованих організацій. Методи визначення параметрів санітарно-захисної зони (далі – СЗЗ) та зони спостереження (далі – ЗС) відображають баланс між технологічними вимогами, архітектурно-планувальними рішеннями та соціальною відповідальністю у сфері атомної енергетики.

Національні норми та їхня специфіка

В Україні базові визначення СЗЗ та ЗС закріплені у нормативних документах, зокрема ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [143, с. 1] та у Загальних правилах радіаційної безпеки використання джерел іонізуючого випромінювання (Наказ від 16.02.2017 № 51/151) [144, с. 1] (Рис. 2.5, 2.6).

- *Санітарно-захисна зона (СЗЗ)* – територія навколо АЕС, де обмежується будь-яка господарська діяльність та забороняється постійне проживання населення. Головне призначення СЗЗ – створення буферного простору між джерелом потенційної радіаційної небезпеки та населеними пунктами. Концепція СЗЗ походить із практики проектування промислових підприємств хімічної галузі та була адаптована для ядерних об'єктів у СРСР [28].
- *Зона спостереження (ЗС)* – територія, де можливий вплив радіоактивних викидів АЕС і де передбачено організацію систематичного радіаційного моніторингу [18].

Розміри СЗЗ і ЗС для кожної станції визначаються індивідуально у проектній документації з урахуванням:

- загальної потужності енергоблоків;
- конструктивних особливостей реакторів;

- прогнозних сценаріїв розвитку радіаційної обстановки під час нормальної експлуатації та аварійних ситуацій.

У 2012 році в Україні набув чинності норматив НП 306.2.173-2011 «Вимоги щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції» [145], що передбачає комплексний підхід, включно з проєктними аваріями. Стандарт СОУ НАЕК 023:2013 [146] уточнив, що при аварійних ситуаціях дози опромінення за межами СЗЗ не повинні перевищувати нормативних рівнів: 20 мЗв для дорослих і 10 мЗв для дітей (ефективна доза), а також окремі ліміти для щитоподібної залози та шкіри. Таким чином, сучасні українські підходи максимально наближені до рекомендацій МАГАТЕ.

У світовій практиці застосовуються аналогічні принципи з певними національними особливостями:

- *МАГАТЕ* рекомендує впровадження зон аварійного планування: *зона попереджувальних дій* — територія, де заходи захисту мають реалізовуватися одразу після виникнення ознак аварії; *зона термінових захисних заходів* — територія, де передбачена евакуація та інші дії на основі фактичних даних радіаційного моніторингу [147, с. 1].

- *Німеччина* застосовує поділ на чотири зони [148, с. 1]: *центральну* (радіус до 5 км, евакуація протягом 6 годин); *середню* (до 20 км, евакуація протягом 24 годин, йодна профілактика до 12 годин); *зовнішню* (до 100 км, радіаційний моніторинг та прийняття додаткових заходів); *загальнодержавну* (для планування загальних заходів цивільного захисту).

- *США* виділяють дві основні зони [149, с. 1]: *зону безпосереднього реагування* радіусом 10 миль (≈ 16 км), де планується евакуація, укриття та профілактичні заходи; *зону моніторингу* радіусом 50 миль (≈ 80 км), де головний акцент робиться на забороні споживання забруднених продуктів і контролі стану довкілля.

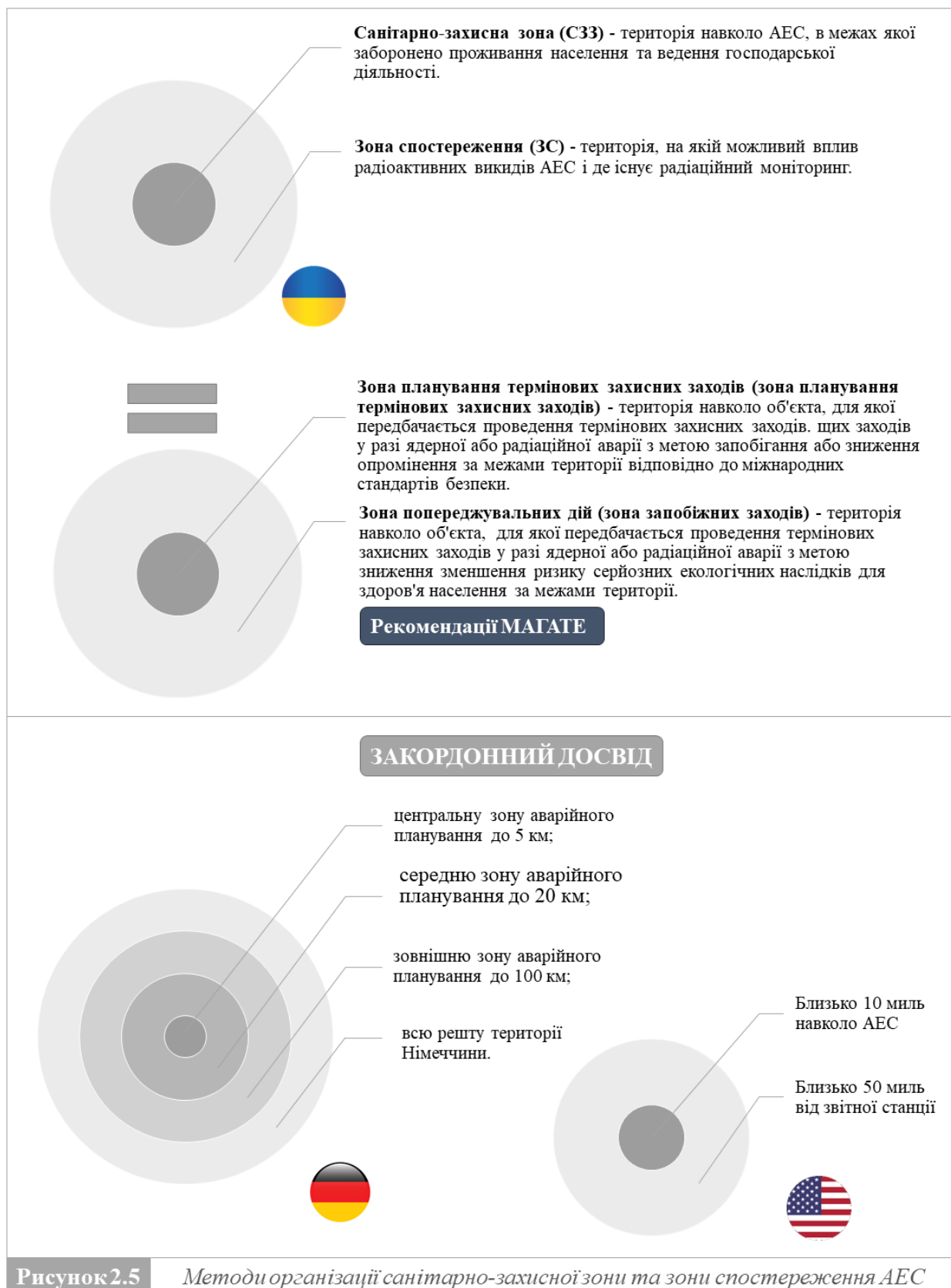
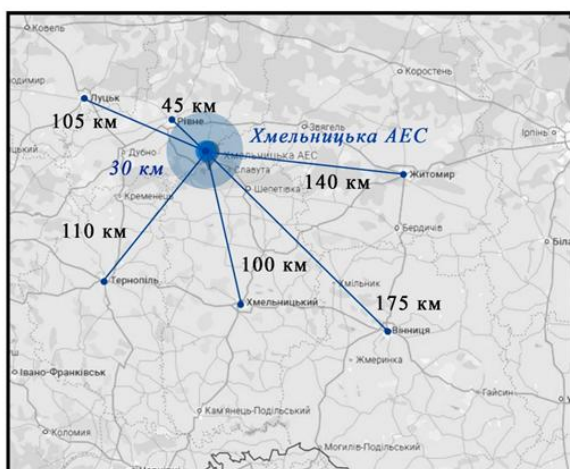


Рисунок 2.5

Методи організації санітарно-захисної зони та зони спостереження АЕС

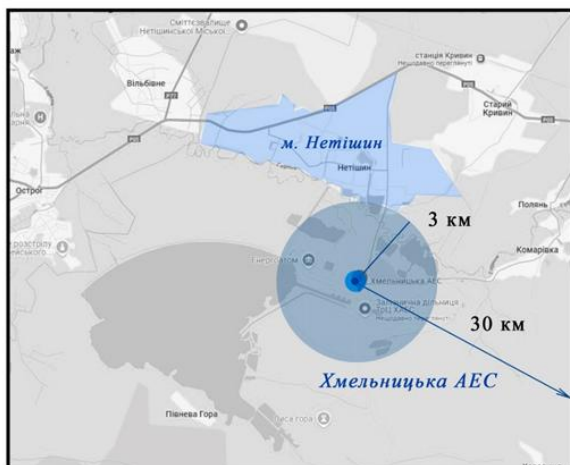


- **Місце розташування:** м. Нетішин, Хмельницька область, на річці Горинь.
- **В експлуатації:** 2 енергоблоки типу ВВЕР-1000 (перший – 1987 р., другий – 2004 р.). Проектна потужність: 4 енергоблоки, з них 2 — діючі, ще 2 планувалися до будівництва.
- **Потужність діючих блоків:** 2000 МВт.
- **Значення:** забезпечує електроенергією західні області та відіграє важливу роль в енергосистемі України.
- **Особливість:** місто-супутник Нетішин зведене спеціально для обслуговування станції.



Зона спостереження (ЗС):

- Розмір ЗС зазвичай становить 30 км.
- ЗС використовується для моніторингу радіаційного стану навколишнього середовища.
- У ЗС може проводитись обстеження радіаційного стану ґрунту, води та повітря.
- При виявленні перевищень допустимих рівнів радіації в ЗС, приймаються відповідні заходи для захисту населення.



Санітарно-захисна зона (СЗЗ):

- Розмір СЗЗ навколо АЕС зазвичай встановлюється у розмірі 3 км, але може змінюватись в залежності від конкретної ситуації та проекту.
- Межі СЗЗ визначаються проектом спорудження АЕС і позначаються на місцевості попереджувальними знаками.
- У СЗЗ допускається розміщення об'єктів, які не становлять загрози для здоров'я та безпеки.
- У СЗЗ не допускається забудова житловими будинками та іншими об'єктами, які можуть призвести до підвищення ризику або шкоди.

Рисунок 2.6

СЗЗ та ЗС на прикладі Хмельницької АЕС

Таким чином, у країнах із високорозвинутою атомною енергетикою створюється багаторівнева система планування захисних заходів, що враховує різні сценарії аварій.

Порівняльний аналіз засвідчує, що підходи України в цілому відповідають міжнародним практикам, проте мають низку особливостей, а саме: традиційна прив'язка до радянських норм і практик (перші визначення СЗЗ); поступове наближення до міжнародних стандартів після 2011 року; чітке врахування демографічних, географічних та метеорологічних факторів при розрахунку зон; акцент на регламентуванні не лише нормальної експлуатації, а й аварійних сценаріїв.

Водночас у міжнародному контексті зростає увага до інтеграції технічних рішень зон у просторове планування регіонів, соціальну адаптацію населення та довгострокову стратегію сталого розвитку територій, прилеглих до АЕС.

- *Архітектурно-планувальні.* Архітектура атомних електростанцій сформувалася в період індустріалізації післявоєнного виробництва та розвитку енергетичних систем різних країн у другій половині ХХ століття. Вона базується на принципах типології, стандартизації та уніфікації архітектурно-планувальних рішень. При цьому під час проєктування АЕС враховуються обмеження щодо застосування конкретних ядерних технологій залежно від регіонального розташування та специфіки місцевих умов, а також інженерні та технологічні фактори, такі як безпека енергоблоків, ефективність транспортування палива, охолодження реакторів та інтеграція допоміжної інфраструктури. Комплексний підхід до архітектурного та функціонального планування дозволяє забезпечити оптимальне розміщення виробничих, допоміжних та адміністративних приміщень, дотримання ієрархії функціональних зв'язків та гарантування високого рівня безпеки і надійності експлуатації АЕС.

- *Об'ємно-просторові.* Об'ємно-просторовий образ атомних електростанцій сформувався на основі типології, інтеграції та модульної координації, а також завдяки відкритому розгортанню потужних технологічних інфраструктур, що в кінцевому підсумку визначило сучасну естетику промислової культури. Градирні, димові труби, повітряні лінії електропередач, розподільчі блоки та інші елементи інженерної інфраструктури набули

функціонально-символічного значення, стаючи невід'ємною складовою індустріального ландшафту міст-супутників атомних електростанцій.

- *Екологічні.* Враховуючи потенційні ризики потрапляння радіоактивних часток у навколишнє середовище під час аварійних ситуацій або збоїв у роботі атомних електростанцій, виникає нагальна потреба у забезпеченні ефективного екологічного захисту. Це досягається шляхом застосування спеціалізованих інженерних прийомів та будівельно-технологічних рішень уже на етапі проектування АЕС, що дозволяє мінімізувати вплив на довкілля та підвищити безпеку експлуатації.

Отже, архітектурно-планувальна організація АЕС передбачає комплексний підхід до розміщення об'єктів на відведеній для будівництва території. Оскільки АЕС належать до великих водоспоживаючих підприємств, їх розташовують на узбережжі природних або штучних водойм, що дозволяє зменшити протяжність комунікацій систем технічного водопостачання. При цьому враховуються сейсмічні ризики, що вимагає впровадження додаткових інженерних заходів для забезпечення безпеки функціонування станції. Важливим елементом територіальної організації є створення міст-супутників для обслуговування АЕС, а також санітарно-захисних зон і зон спостереження, що відповідають міжнародним нормам і рекомендаціям МАГАТЕ.

2.3 Функціонально-просторова організація промислового майданчика АЕС

Розміщення АЕС є одним із визначальних чинників державної енергетичної політики, оскільки впливає не лише на стабільність енергетичного балансу, а й на соціально-економічний розвиток регіонів, стан довкілля та архітектурно-планувальну структуру прилеглих територій. Вибір території для будівництва АЕС здійснюється на підставі багатофакторного аналізу, що поєднує технічні, природно-географічні, екологічні та соціально-просторові параметри.

Основними критеріями визначення місця розташування станції є географічна наближеність до енергоспоживачів і промислових кластерів, наявність водних ресурсів, необхідних для охолодження реакторів, а також геологічна надійність основи, що гарантує стійкість споруд. Кліматичні й сейсмічні умови впливають на вибір конструктивних систем, тоді як санітарно-екологічні обмеження визначають масштаби санітарно-захисної зони та зони спостереження.

Відповідно до національних і міжнародних нормативів (МАГАТЕ, НАПБ Б.01.014-2007) [150, с. 1; 151, с. 1] промисловий майданчик АЕС має бути віддалений від густонаселених територій. Навколо нього формується санітарно-захисна зона (СЗЗ), у межах якої заборонено проживання населення, а також зона спостереження (ЗС), де здійснюється постійний радіаційний контроль. Ці території виконують подвійну функцію — техногенно-захисну та просторово-композиційну, забезпечуючи архітектурне розмежування між промисловим і житловим середовищем.

Природно-ландшафтні умови мають вирішальний вплив на архітектурно-планувальну структуру промислового майданчика. Перевага надається рівнинним територіям із природним ухилом, що сприяє відведенню поверхневих вод і оптимізації земляних робіт. Для надійного розміщення важких конструкцій реакторних корпусів використовуються ґрунти з несучою здатністю понад 2–2,5 кг/см². За несприятливих гідрогеологічних умов передбачаються спеціальні інженерні рішення, зокрема створення штучних основ або підсіпок. У районах із складним рельєфом можливе застосування терасування, як це практикується на японських АЕС, що дозволяє зменшити обсяги земляних робіт і підвищити сейсмостійкість споруд.

Планувальна структура промислового майданчика АЕС базується на зонуванні території. Виділяють дві основні зони: *зону суворого режиму*, де розташовані основні виробничі корпуси з потенційним радіаційним ризиком, та *зону вільного режиму*, що включає допоміжні й господарські споруди, адміністративні та соціальні об'єкти. Межі зон обладнуються пропускними

пунктами та системами дозиметричного контролю. Орієнтація будівель суворого режиму здійснюється переважно з підвітряного боку відповідно до санітарних вимог, що мінімізує ризики поширення радіоактивних речовин у разі аварії.

Генеральне планування промислового майданчика розробляється на основі технологічної схеми енергоблоку (Рис. 2.7). Серед основних принципів проектування — компактність, що дозволяє скоротити протяжність інженерних комунікацій; раціональне функціональне зонування з чітким розмежуванням виробничих, допоміжних і побутових будівель; економічність забудови через блокування допоміжних приміщень; дотримання протипожежних і санітарних нормативів; а також інтеграція з регіональною інфраструктурою, що забезпечує логістичну та соціальну зв'язність з навколишнім середовищем.

Таким чином, просторово-функціональна організація промислового майданчика атомної електростанції ґрунтується на принципах комплексності, безпеки та ефективності, де архітектурне планування виступає не лише технічним, але й гуманістичним інструментом формування збалансованого середовища життєдіяльності.

Транспортна інфраструктура

Транспортна система є невід'ємним елементом функціонування атомної електростанції, оскільки забезпечує безперебійне постачання матеріалів, палива, обладнання та організовує внутрішньостанову логістику. Від її раціональної організації залежить як ефективність експлуатації промислового майданчика, так і рівень промислової безпеки.

Основними видами транспорту, що обслуговують АЕС, є залізничний та автомобільний.

Залізничний транспорт використовується для доставки ядерного палива, великогабаритного обладнання, трансформаторів та будівельних матеріалів. На території станції розрізняють постійні колії (експлуатаційні) та тимчасові (призначені для будівельного періоду). Під час проектуванні залізничної інфраструктури враховується мінімальний радіус закруглення колій — 300-

500 м, а ухил маршруту не перевищує 30–40‰, що відповідає вимогам ДБН В.2.3-19:2018 «Залізниця» [152, с. 1].

Важливо забезпечити окремі колії для транспортування відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) до сховищ, що ізолює технологічний процес і мінімізує ризики забруднення.

Автомобільний транспорт забезпечує внутрішньостанові перевезення та підвезення персоналу. Основна під'їзна дорога має ширину не менше 7 м (або 9 м у разі автобусного руху), із двостороннім рухом і посиленням асфальтобетонним чи цементобетонним покриттям. Для відведення поверхневих вод улаштовуються дренажні системи, труби та водопропускні споруди, розраховані за гідравлічними параметрами площі водозбору.

Таке планування відповідає принципам безпечної транспортної інтеграції з навколишньою інфраструктурою — промисловими зонами, логістичними центрами, житловими поселеннями персоналу.

Таким чином, транспортна інфраструктура АЕС проєктується з урахуванням технологічних, санітарних та екологічних вимог, що забезпечує надійність і безпечність експлуатації об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу — від будівництва до виведення з експлуатації.

Модульні житлові містечка при будівництві АЕС

Модульні житлові містечка, що створюються під час спорудження атомних електростанцій, є тимчасовими або напівстаціонарними поселеннями для розміщення інженерно-технічного персоналу та будівельних бригад. Їх формування відбувається в умовах високої інтенсивності будівництва, обмежених термінів експлуатації та потреби швидкого розгортання житлово-побутової інфраструктури, що зумовлює специфічні архітектурно-планувальні рішення.

Планувальна структура таких містечок зазвичай базується на лінійному або блочно-модульному групуванні секцій із чітким функціональним зонуванням. До складу входять житлові, адміністративно-побутові, санітарні та громадські модулі, а також інженерна інфраструктура. Використовуються

контейнерні, каркасно-панельні та блочно-модульні системи, адаптовані до кліматичних умов і вимог енергоефективності.

Міжнародний досвід (Olkiluoto NPP у Фінляндії [153, с. 1], Hinkley Point C (Worker Accommodation Camp, Bridgewater & On-Site Campus) у Великій Британії [154, с. 1]) свідчить, що модульні будівельні містечка можуть забезпечувати комфортні умови проживання, ефективну організацію будівельного процесу та мінімальний вплив на навколишнє середовище. Сучасні підходи орієнтовані на мобільність конструкцій, можливість трансформації або демонтажу, енергоефективність та відповідність безпековим вимогам.

Екологічні та санітарні норми

Важливою складовою архітектурно-планувальної структури атомної електростанції є ландшафтно-екологічна організація промислового майданчика. Вона передбачає створення зелених насаджень санітарно-захисного призначення, які виконують функцію екранування шуму, пилу, теплових потоків і частково — радіаційного фону. Площа зелених насаджень має становити не менше 15–20 % загальної площі майданчика (відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій») [143].

Рівень розміщення основних виробничих корпусів визначається з урахуванням гідрологічних ризиків: територія має бути захищена від повеней із 100-річною ймовірністю повторюваності. Корпуси розміщуються на висоті не менше 4–5 м над рівнем охолоджувальної водойми, що дозволяє мінімізувати енерговитрати на подачу води та запобігти підтопленню підземних споруд.

Раціональна організація зелених і санітарних зон сприяє також візуальній гуманізації промислового середовища, створюючи сприятливіші умови для праці персоналу і позитивне сприйняття об'єкта населенням прилеглих територій.

Отже, узагальнення просторової та функціональної структури промислового комплексу атомної електростанції дає підстави для детальнішого розгляду архітектурно-планувальних рішень окремих об'єктів та систем, що забезпечують її безпечне й ефективне функціонування. Подальший аналіз спрямований на виявлення закономірностей формування архітектурного

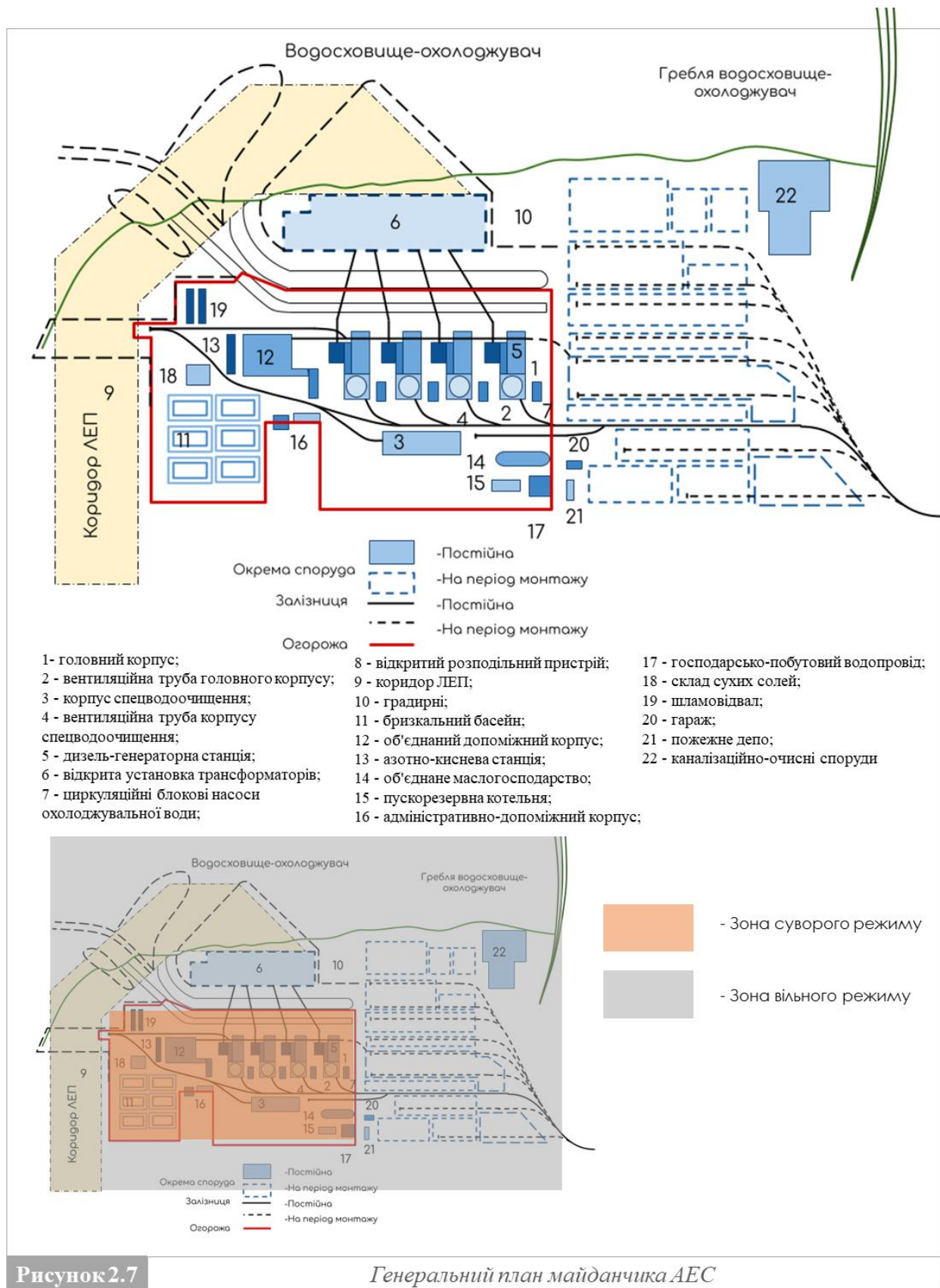


Рисунок 2.7

Генеральний план майданчика АЕС

ТИПОЛОГІЯ	ХАРАКТЕРИСТИКА	ПРОСТОРОВА КОМПОЗИЦІЯ
	<p>Енергоблоки розташовані уздовж берега річки чи моря, часто паралельно лінії водного фронту. Переваги: зручність забору та скидання охолоджувальної води; спрощене підключення до ЛЕП. Приклади: Gravelines (Франція), Південна АЕС (р. Південний Буг).</p>	<p>ЛІНІЙНИЙ (ПРИБЕРЕЖНИЙ) ТИП</p> 
	<p>Енергоблоки й допоміжні споруди розміщені навколо центральної осі (транспортної магістралі або коридору інженерних мереж). Переваги: компактність, рівномірність обслуговування; ефективний контроль безпеки. Приклади: Бюже (Франція), Запорізька АЕС (Україна).</p>	<p>РАДІАЛЬНО-ОСЕВИЙ ТИП</p> 
	<p>Групування реакторних блоків у «кластер», де енергоблоки, системи охолодження й допоміжна інфраструктура максимально зближені. Переваги: економія площі, централізована інфраструктура, короткі комунікації. Приклади: Нетішин (Хмельницька АЕС), Козлодуй (Болгарія).</p>	<p>КОМПАКТНО-БЛОЧНИЙ (КЛАСТЕРНИЙ) ТИП</p> 
	<p>Споруди розташовані на значних відстанях одна від одної, з урахуванням природного рельєфу й санітарно-захисних зон. Переваги: підвищена безпека, краща екологічна інтеграція, мінімізація візуального впливу. Приклади: частина французьких АЕС нового покоління, проекти SMR.</p>	<p>РОЗОСЕРЕДЖЕНИЙ (ЛАНДШАФТНО-ІНТЕГРОВАННИЙ) ТИП</p> 
	<p>Поєднання кількох підходів — наприклад, лінійне розташування енергоблоків і кластерне розміщення допоміжних споруд. Приклади: Рівненська АЕС (Вараш), Чорнобильська АЕС.</p>	<p>З КОМБІНОВАНОЮ СТРУКТУРОЮ</p> 

Рисунок 2.8

Типи компоновальних рішень будівель АЕС

середовища АЕС, взаємозв'язку між технологічними процесами, конструктивними схемами будівель та їх просторовою організацією.

На рисунку 2.8 подано схему, що систематизує основні типи просторово-планувальних рішень будівель атомних електростанцій у архітектурно-планувальному контексті. Автором виокремлено п'ять поширених типів компонування: лінійний, радіально-осевий, компактно-блочний (кластерний), розосереджений (ландшафтно-інтегрований) та комбінований. Кожен тип подано у вигляді узагальненої графічної моделі з короткою характеристикою, що ілюструє принципи взаємного розташування енергоблоків, допоміжної інфраструктури та інженерних мереж.

Лінійний тип характеризується витягнутим розміщенням енергоблоків уздовж берегової лінії, що забезпечує ефективний водообмін та зручну інтеграцію з інженерними комунікаціями. Радіально-осевий тип передбачає концентрацію основних споруд навколо центрального інфраструктурного ядра, що підвищує компактність та керованість функціональних потоків. Компактно-блочний (кластерний) тип базується на групуванні реакторних і допоміжних будівель у вузлові структури, що сприяє скороченню площі забудови та інженерних зв'язків. Розосереджений (ландшафтно-інтегрований) тип відзначається просторовим рознесенням об'єктів із урахуванням рельєфу та санітарно-захисних зон, зменшуючи екологічний і візуальний вплив. Комбінований тип поєднує елементи кількох схем та застосовується для адаптації планувальних рішень до конкретних природних і технологічних умов.

Особливості архітектурно-планувальної організації ключових будівель атомної електростанції та взаємозв'язках між ними в рамках цілісного функціонального комплексу більш детально розглянуто в підрозділ **2.4**.

2.4 Типологія основних виробничих будівель та споруд АЕС

Архітектурно-планувальна організація атомних електростанцій базується на взаємопов'язаній системі будівель і споруд, що виконують специфічні функції у технологічному процесі виробництва електричної енергії. Просторова структура таких об'єктів формується з урахуванням принципів функціонального

зонування, технологічної послідовності процесів, вимог ядерної та радіаційної безпеки, а також чинних державних будівельних норм і стандартів (Рис. 2.9).

Будівлі та споруди АЕС поділяються на кілька функціональних категорій, серед яких провідне місце посідає *ядро станції* або *основні виробничі будівлі та споруди* — комплекс основних виробничих будівель, що визначають ефективність та безпеку експлуатації енергетичного об'єкта.

До *ядра станції* належать:

- Реакторний відділ (енергоблок) – включає корпус реактора, системи активної та пасивної безпеки, контаймент та допоміжні технологічні приміщення;

- Системи охолодження – градирні, бризкальні басейни, водосховища та інші споруди, що забезпечують відведення тепла від реакторних систем;

- Турбінний зал і електрогенераторні установки – бланкнания для перетворення теплової енергії на електричну, включно з паровими турбінами, генераторами та допоміжними агрегатами.

- *Допоміжні виробничі споруди* забезпечують стабільну роботу основних технологічних процесів і контроль екологічної безпеки. До них належать:

- Будівлі спеціальної водоочистки — призначені для очищення технічних та радіоактивних стоків із застосуванням фізико-хімічних, сорбційних і механічних методів.

- Сховища відпрацьованого ядерного палива (далі – СВЯП) та басейни витримки – забезпечують тимчасове зберігання та охолодження відпрацьованого палива до зниження радіоактивності до безпечного рівня.

- Комплекси з переробки та зберігання радіоактивних відходів (далі – РАВ) – об'єкти для сортування, консервації та підготовки відходів до подальшої переробки або поховання.

- Транспортно-ремонтні цехи — забезпечують технічне обслуговування, транспортування й ремонт технологічного обладнання.

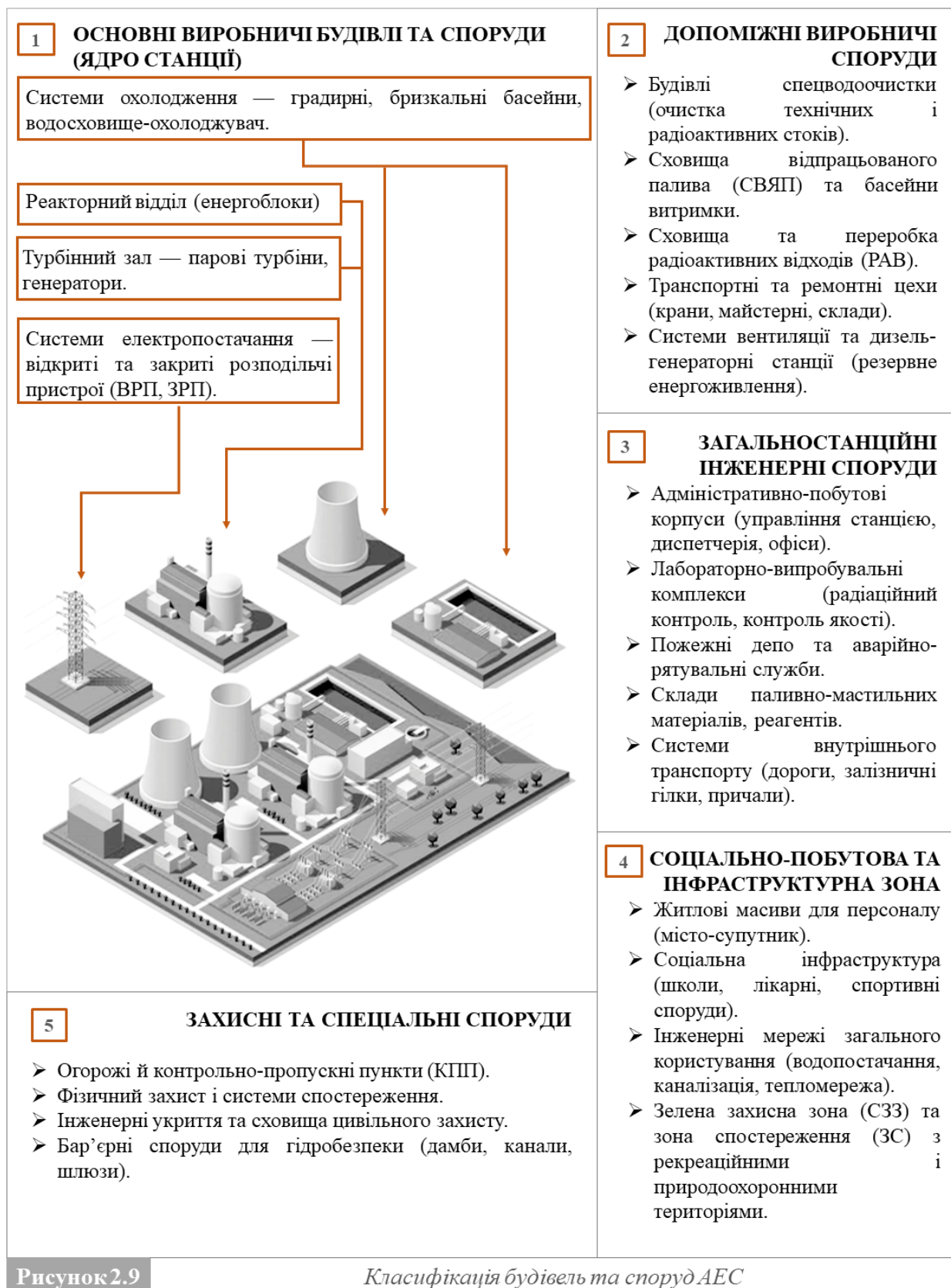


Рисунок 2.9

Класифікація будівель та споруд АЕС

- Дизель-генераторні станції та вентиляційні системи – виконують функції резервного енергоживлення та підтримання нормативного мікроклімату у критичних приміщеннях.

Загальностанційні інженерні споруди створюють інфраструктурне середовище для управління, контролю та обслуговування АЕС:

- Адміністративно-побутові корпуси – розміщують керівництво станції, диспетчерські центри, навчальні класи та офіси персоналу.
- Лабораторно-випробувальні комплекси – забезпечують моніторинг радіаційної обстановки, контроль якості технологічних процесів і матеріалів.
- Пожежні депо та аварійно-рятувальні служби – гарантують оперативне реагування на надзвичайні ситуації.
- Склади паливно-мастильних матеріалів і реагентів – підтримують необхідні запаси для безперервного функціонування технологічних систем.
- Системи внутрішнього транспорту – включають автодороги, залізничні гілки, вантажні платформи й причали, що забезпечують логістичну зручність експлуатації.

Соціально-побутова та інфраструктурна зона створює сприятливі умови для життєдіяльності персоналу і сталого функціонування АЕС:

- Житлові масиви для персоналу (місто-супутник) – ормують комфортне середовище проживання працівників і їхніх родин.
- Соціальна інфраструктура – включає заклади освіти, охорони здоров'я, спорту та дозвілля.
- Інженерні мережі загального користування – системи водопостачання, каналізації, теплопостачання та електропостачання.
- Санітарно-захисна зона (СЗЗ) та зона спостереження (ЗС) – виконують функції екологічного бар'єра та просторової ізоляції між промисловими і житловими територіями.

Захисні та спеціальні споруди мають стратегічне значення для фізичної безпеки об'єкта:

- Огорожі, КПП, системи моніторингу та відеоконтролю – здійснюють контроль доступу й охорону території.
- Інженерні укриття та сховища цивільного захисту — призначені для евакуації та захисту персоналу в разі аварії.

- Гідротехнічні бар'єрні споруди — дамби, шлюзи й канали, що регулюють рівень води та захищають станцію від підтоплень.

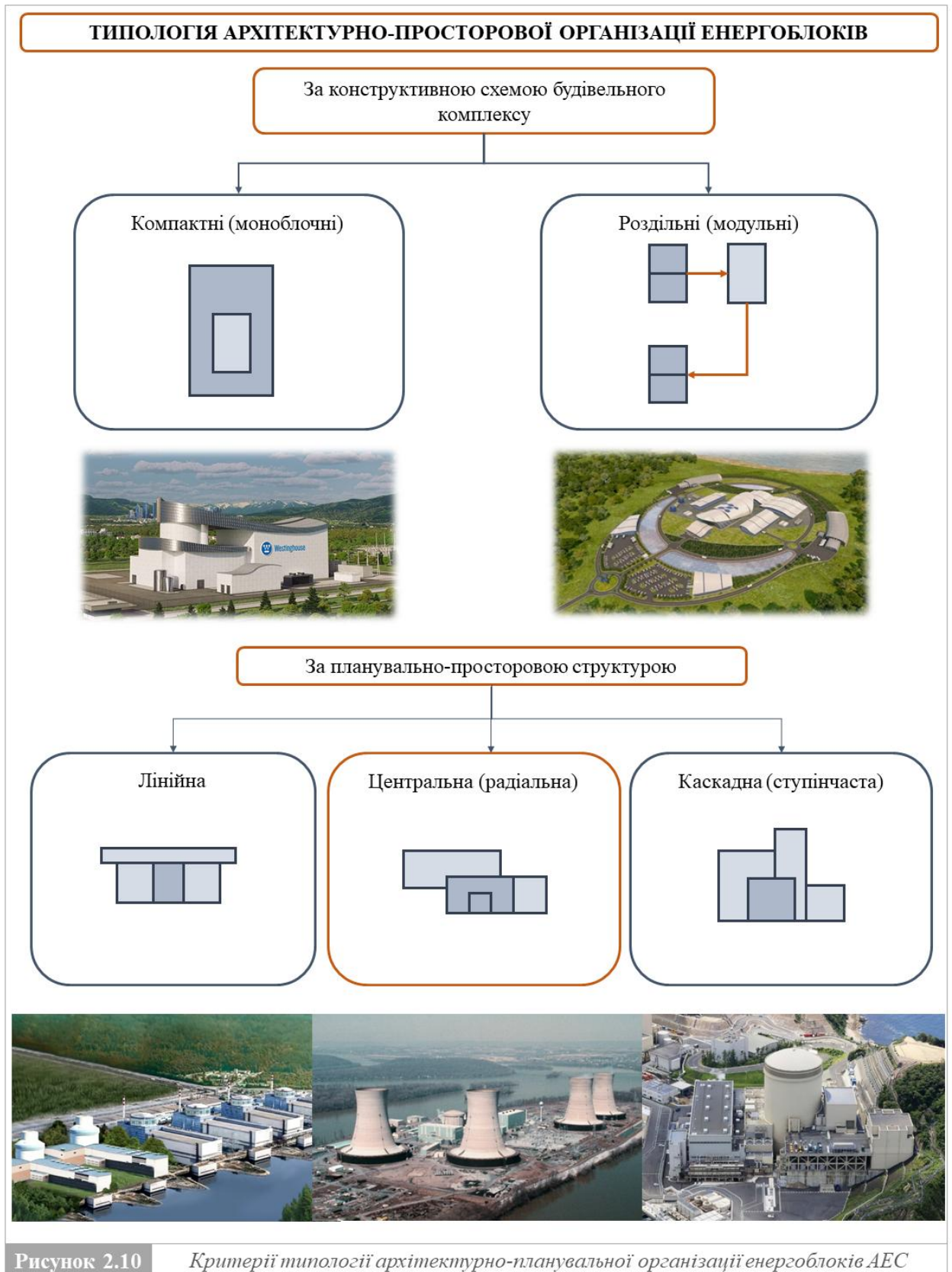
Архітектурна структура атомних електростанцій відзначається високим рівнем взаємозв'язку між окремими функціональними елементами, що разом формують єдиний технологічно та композиційно цілісний простір. Кожен компонент — від реакторного відділу до допоміжних інженерних систем — виконує не лише виробничу, а й архітектурно-формотворчу роль, визначаючи масштаб, силует і характер промайданчика. Відтак, аналіз архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій потребує розгляду їх просторової ієрархії, взаємозв'язків між основними корпусами та закономірностей формування їх архітектурного образу.

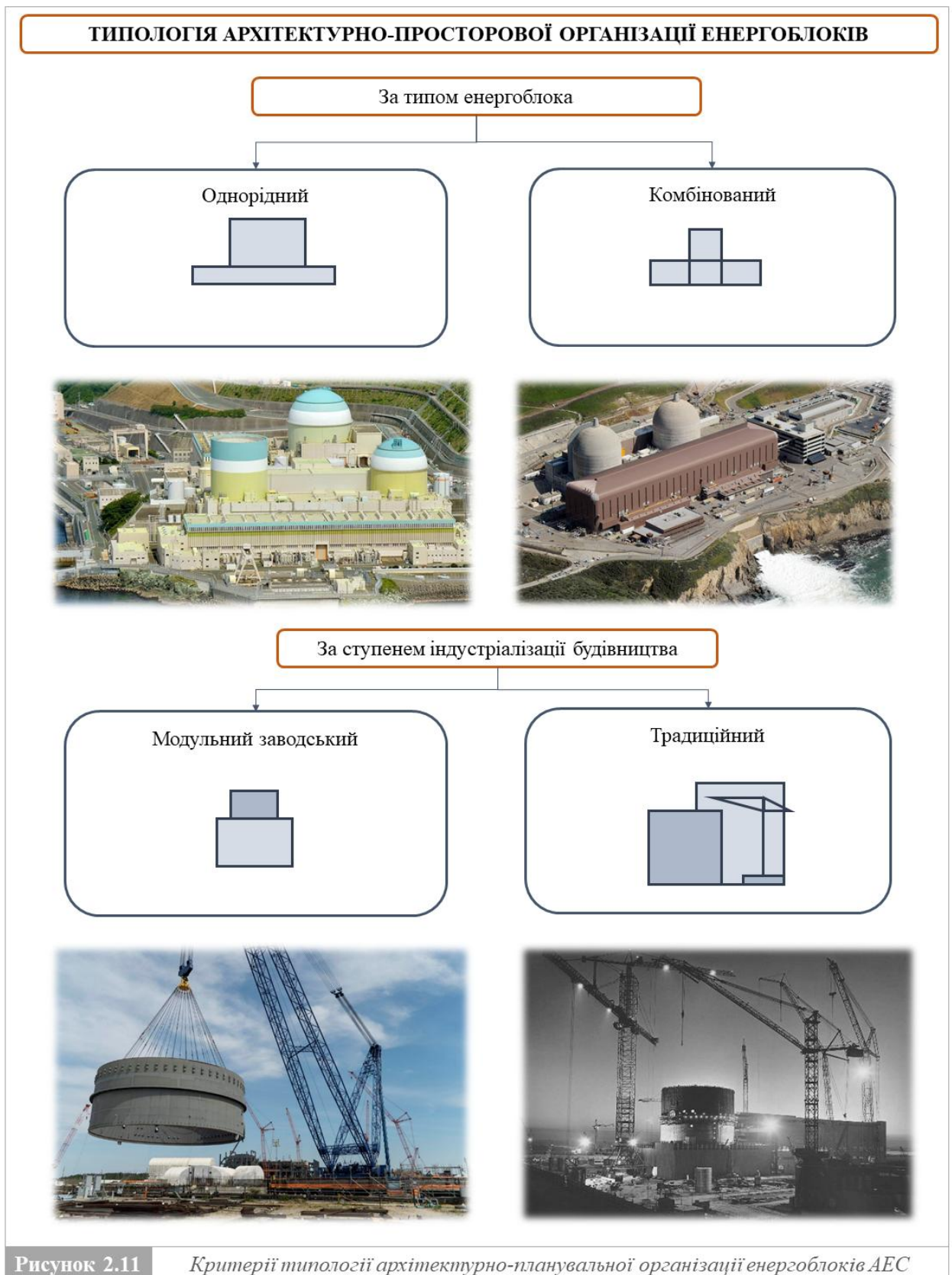
Функціонально-технологічний взаємозв'язок визначає архітектурну логіку розташування основних споруд атомної електростанції. Для розуміння принципів формування сучасних енергетичних комплексів важливо проаналізувати кожен із ключових об'єктів — реакторний блок, турбінний зал і системи охолодження. Першим і найважливішим серед них є реакторний відділ, який задає структурну та просторову ієрархію всієї станції.

Реакторний відділ (енергоблок)

Реакторний відділ є центральним елементом у структурі атомної електростанції — як у технологічному, так і в композиційному сенсі. Його архітектурна форма визначається насамперед вимогами безпеки, надійності та локалізації радіаційних процесів. Основний вираз будівлі формує контейнмент — масивна циліндрична або сферична оболонка із залізобетону, яка створює відчуття сили, захищеності та техногенної монументальності. У сучасних проєктах ці споруди відзначаються чистими геометричними формами та стриманою пластикою, що підкреслює їхню функціональність і водночас надає образу певної величності, подібної до оборонних споруд.

Висота реакторних корпусів зазвичай сягає 40–70 метрів, що робить їх візуальними домінантами промислового ландшафту. Планувальна структура передбачає чітке зонування: у центрі контейнменту розміщується реактор із





системами безпеки, а навколо — кільце допоміжних приміщень, що забезпечують його обслуговування. Така схема створює компактний, закритий

моноблок, який вирізняється простотою об'ємної форми й одночасно демонструє масштабність технологічного процесу.

Типологію архітектурно-просторової організації енергоблоків можна визначити за кількома взаємопов'язаними критеріями:

- За конструктивною схемою будівельного комплексу (Рис. 2.10): компактні (моноблочні) – реактор, турбінне обладнання та допоміжні системи розташовані в єдиному корпусі; роздільні (модульні) – основні компоненти рознесені по окремих будівлях, пов'язаних технологічними комунікаціями.

- За планувально-просторовою структурою (Рис. 2.10): лінійна – компоненти розташовані по одній осі, що спрощує технологічні комунікації; центральна (радіальна) – реактор у центрі, допоміжні споруди розташовані навколо, забезпечуючи безпечний доступ та ізоляцію; каскадна (ступінчаста) – розташування споруд по висоті або за принципом «ступенів», оптимальне для територіально обмежених ділянок.

- За типом енергоблока (Рис. 2.11): однорідний – всі компоненти енергоблока виконані у єдиному стилі та стандартизовані; комбінований – поєднання різних типів конструкцій і планувань (наприклад, бетонний реактор + металевий турбінний корпус).

- За ступенем індустріалізації будівництва (Рис. 2.11): модульний заводський – елементи енергоблока виготовляються на заводі, збираються на майданчику; традиційний – споруди будуються на місці, із застосуванням монолітного бетонування та монтажу обладнання.

Турбінний зал, будучи продовженням технологічної ланки від реакторного відділу, вирізняється протяжністю й масштабністю просторових об'ємів. Це великопротітна будівля каркасного типу з металевими або залізобетонними конструкціями покриття, що формують ритміку фасадів і підкреслюють технологічну функцію приміщення. Архітектурний образ турбінного залу асоціюється з класикою промислової архітектури ХХ століття: довгі горизонтальні корпуси з акцентованими світловими ліхтарями або стрічковими вікнами, що забезпечують природне освітлення та ритмічне членування фасадів.

Планувальна структура турбінних залів тяжіє до лінійності, що створює безпосередній технологічний зв'язок із реакторним блоком та забезпечує ефективний потік виробничих процесів.

Просторова композиція турбінного залу підкреслює динаміку виробничого циклу: видовжені корпуси, повторюваний ритм ферм і масивність об'ємів створюють відчуття потужності та енергії. У разі обслуговування кількох енергоблоків турбінний зал стає ключовою домінантою промислового ландшафту, організовуючи просторову композицію головного корпусу атомної електростанції.

Таким чином, комбінація реакторного блоку та турбінного залу разом із допоміжними виробничими спорудами формує головний корпус АЕС — центральну виробничу одиницю станції, у якій інтегруються всі основні технологічні процеси та забезпечується функціональна, технологічна й інженерна взаємодія ключових елементів енергокомплексу. Об'ємно-просторова організація головного корпусу визначає його архітектурну домінанту на промайданчику та задає логіку розташування допоміжних і технічних споруд, формуючи єдиний композиційно-функціональний комплекс.

Об'ємно-просторова композиція головних корпусів атомних електростанцій

Головний корпус АЕС поєднує в собі реакторне відділення з контейнментом (захисною оболонкою), турбінний зал, блок щита керування та ряд допоміжних приміщень. З конструктивної точки зору, головний корпус АЕС є масштабною багатофункціональною спорудою з монолітного або збірною залізобетону зі сталевим каркасом, здатною витримувати значні внутрішні та зовнішні навантаження (землетруси, вибухи, повені). Архітектурно-просторове вирішення корпусу визначається необхідністю гармонійного поєднання високих вимог ядерної та радіаційної безпеки з функціональною доцільністю і технологічною логікою. Архітектурний образ формується поєднанням масивного контейнменту та видовженого турбінного залу, утворюючи домінанту станції в промисловому й ландшафтному середовищі. Просторова організація

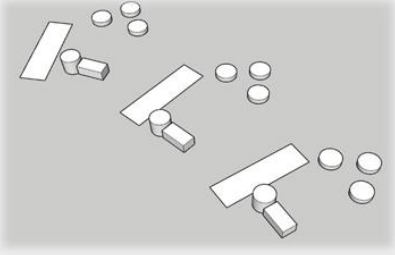

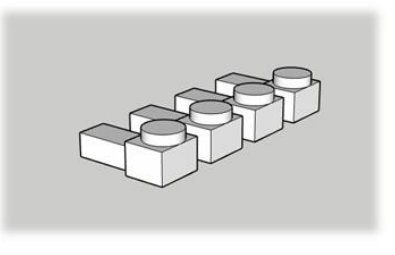

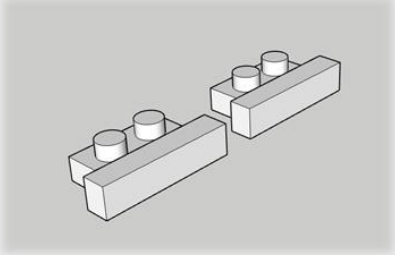

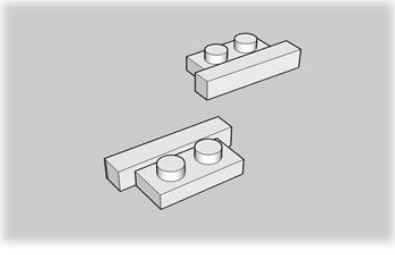

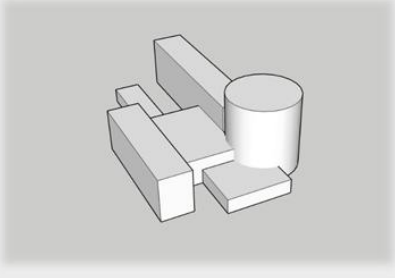

ТИП ГОЛОВНОГО КОРПУСУ	ПРОСТОРОВА КОМПОЗИЦІЯ	ЗОВНІШНЯ АРХІТЕКТУРА
Радіальний		
Блокований		
Лінійний		
Дзеркальний		
Центральний		

Рисунок 2.12

Об'ємно-просторова композиція головних корпусів АЕС

корпусу визначається технологічними, містобудівними, інженерно-геологічними та екологічними факторами й забезпечує інтеграцію технологічних процесів із багаторівневим захистом від аварій.

Технологічні вимоги визначають конфігурацію реакторних відділень, теплотехнічних контурів, допоміжного обладнання та інтеграцію систем безпеки. Важлива також організація транспортних потоків для палива, важкого обладнання та доступу до реакторних залів. Містобудівні та інженерно-геологічні умови, рельєф, сейсмічність, наявність водних ресурсів і орієнтація щодо вітрів впливають на розташування корпусу, а економічні та екологічні фактори визначають компактність і оптимізацію комунікацій.

На основі досвіду світових та вітчизняних АЕС виокремлено п'ять базових типів об'ємно-просторових композицій головних корпусів: радіальний — центральний блок з радіальним розміщенням допоміжних споруд; блокований — групування незалежних функціональних блоків з поетапним введенням; лінійний — послідовне розташування корпусів уздовж осі; дзеркальний — симетричне компонування ідентичних енергоблоків; центральний — домінування одного великого блоку з периферійним розташуванням допоміжних споруд.

Усі головні корпуси мають спільні риси: функціональне зонування, вертикальне й горизонтальне членування, бар'єрні зони та герметичні оболонки, часткове розташування обладнання під землею, контрольовані радіаційні зони, інтеграцію систем вентиляції та евакуації, а також гнучкі конструктивні рішення. Архітектурно-планувальні рішення враховують модульну структуру прольотів і колон, оптимізацію площі та об'єму, а компонування турбінного відділення відповідає технічним параметрам (Рис. 2.12, додатки Е.1–Е.2). Більш детально дослідження висвітлено автором у джерелі 1.

Наступним важливим елементом архітектурно-планувальної організації АЕС є система охолодження, що виступає ключовим компонентом для забезпечення стабільної роботи реакторного відділення та турбінного залу. Її архітектурно-просторове розміщення визначає внутрішню компоновку головного корпусу, а також формує впізнавані елементи промислового ландшафту — градирні, басейни та інші охолоджувальні споруди. Рациональна

організація систем охолодження гарантує оптимальний тепловий баланс та високий рівень безпеки на всіх стадіях виробничого процесу.

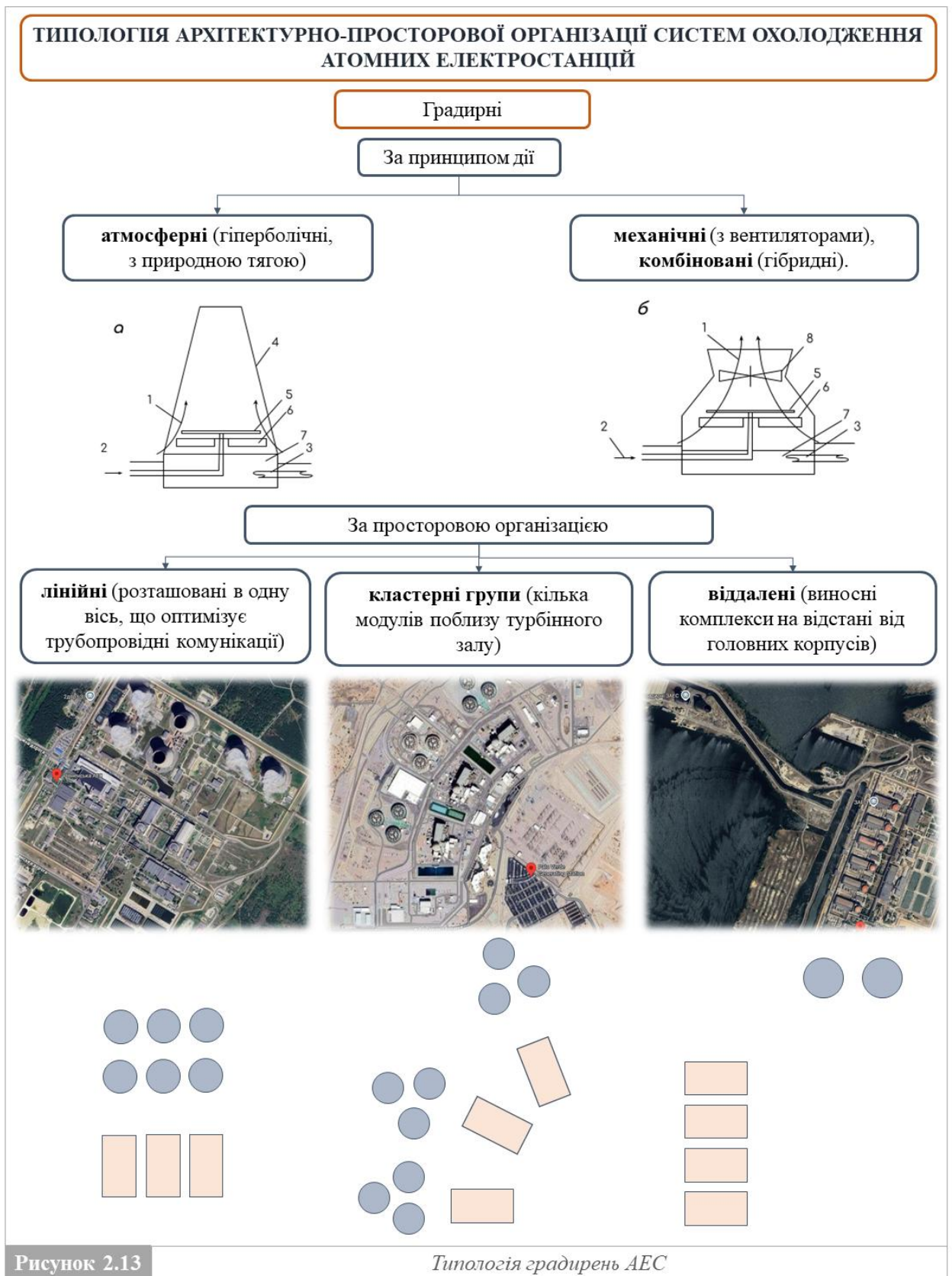
Системи охолодження

Системи охолодження є одними з найпомітніших архітектурних елементів на території АЕС, формуючи характерний образ промислового ландшафту. Їхні масштабні форми та виразна геометрія створюють своєрідні символи атомної енергетики. Зокрема, баштові градирні з гіперболічними формами забезпечують природну тягу повітря, а одночасно стають візуальними домінантами станції, помітними навіть з великої відстані. Висота таких споруд може досягати 150–200 м, що робить їх не лише архітектурними центрами промайданчика, а й ключовими орієнтирами в регіоні.

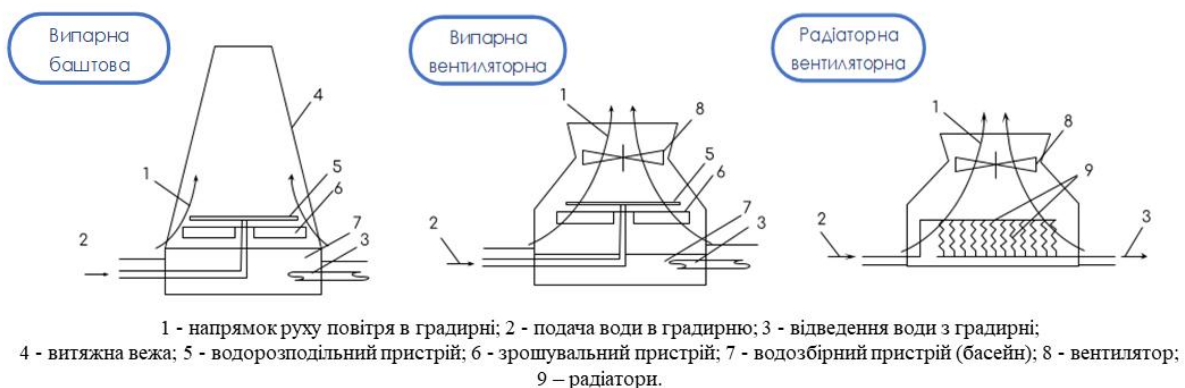
Системи охолодження також є невід'ємною частиною функціональної структури станції, визначаючи як внутрішню логіку розташування виробничих приміщень, так і взаємодію з зовнішнім середовищем. Основні типи охолоджувальних споруд включають градирні, бризкальні басейни та водосховища-охолоджувачі, що відрізняються за технологічними, просторовими та екологічними характеристиками.

Градирні залишаються найпоширенішим видом охолоджувальних споруд, типові ознаки яких залежать від принципу дії: атмосферні (з природною тягою), механічні (з вентиляторами) або комбіновані (Рис. 2.13). Вони можуть бути розташовані кластерно, лінійно або віддалено від головних корпусів, впливаючи на загальний силует промайданчика. Бризкальні басейни, хоча й менш виразні в архітектурному сенсі, забезпечують інтенсивний теплообмін завдяки системі форсунок та розпилювачів, при цьому їхня компактна форма дозволяє інтегрувати їх безпосередньо поблизу корпусів АЕС.

Бризкальні басейни формують горизонтально розгорнуту архітектуру (Рис. 2.14): ритмічні водні площини та легкі металеві конструкції розпилювачів надають промисловій зоні певної динаміки і технологічної виразності. Водосховища-охолоджувачі інтегруються у природний ландшафт, набуваючи рис ландшафтного дизайну та створюючи гармонійний баланс між природними



ТИПОЛОГІЯ АРХІТЕКТУРНО-ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ



Бризкальні басейни

Відкриті поверхневі басейни з системами розпилювачів

Закриті або напівзакриті системи, що мінімізують утворення аерозолів

Модульні форсункові ряди у протяжних резервуарах

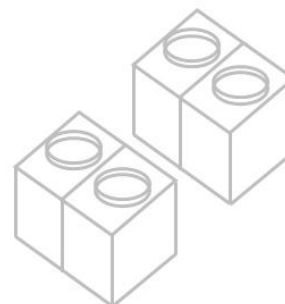
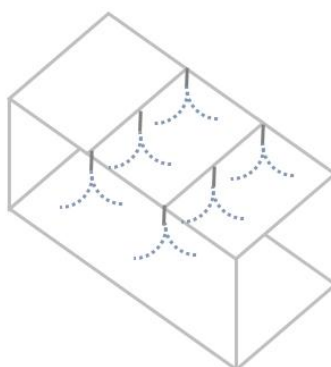
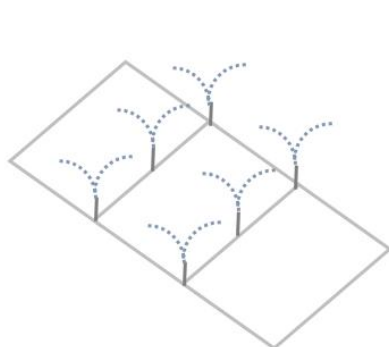
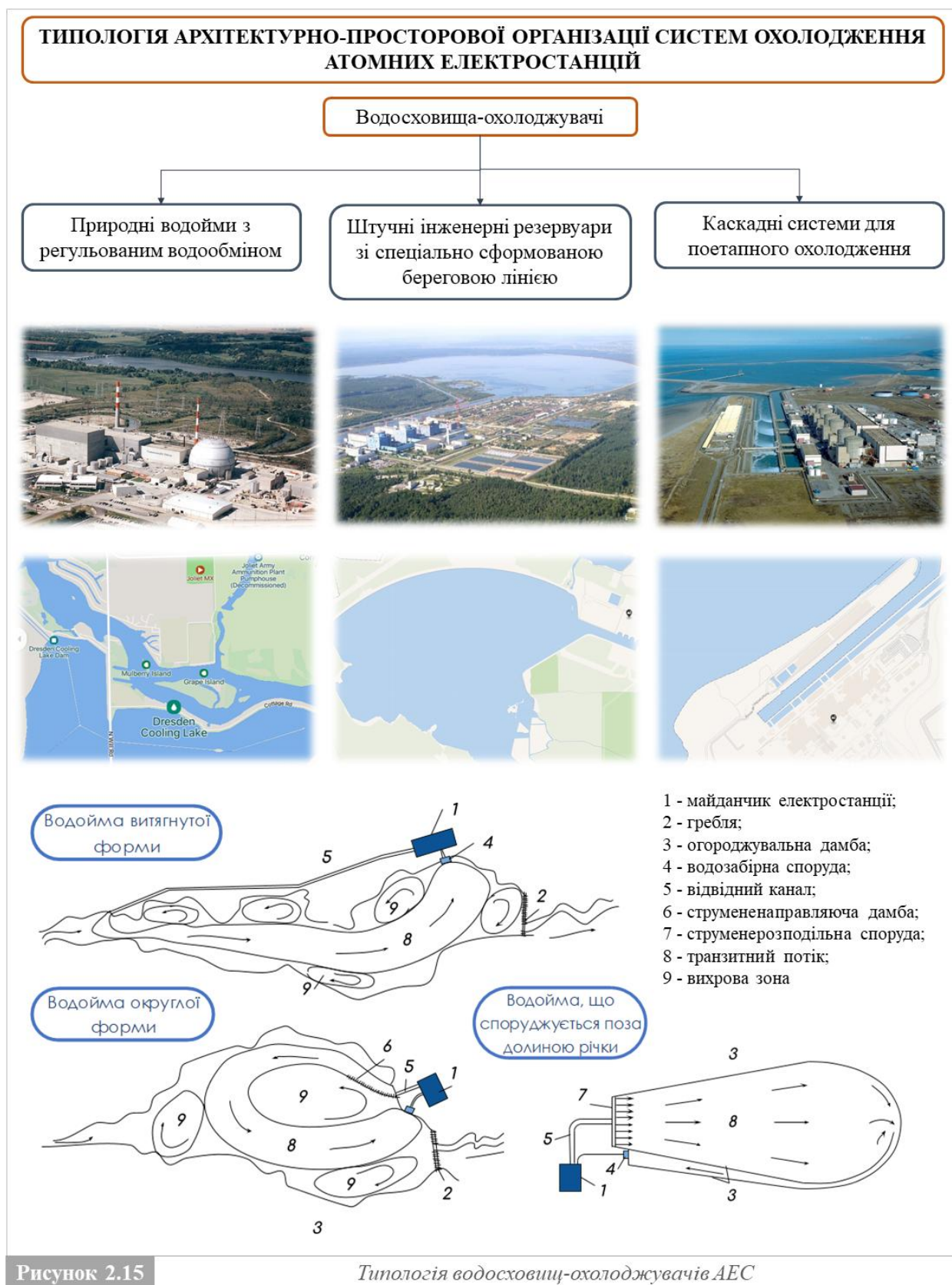


Рисунок 2.14

Типологія бризкальних басейнів АЕС



і техногенними елементами. У сукупності ці об'єкти формують образ АЕС як складного техногенного комплексу, де вертикальні й горизонтальні доміанти органічно поєднані, утворюючи цілісну промислову панораму.

Водосховища-охолоджувачі створюють масштабні просторові рішення, формуючи новий контекст для території станції та забезпечуючи ефективний тепловий баланс (Рис. 2.15). Вони можуть бути природними або штучними, одно- або багаторівневими, із спеціально створеною береговою інфраструктурою та системами насосних станцій.

Кожен із типів охолоджувальних споруд не лише виконує критично важливу технологічну функцію, а й визначає архітектурний образ станції. Гіперболічні градирні стають впізнаваними символами атомної енергетики, бризкальні басейни підкреслюють технологічну динаміку промислової зони, а водосховища-охолоджувачі трансформують територію, формуючи новий природно-техногенний ландшафт.

Технологічні особливості систем охолодження також впливають на архітектурно-планувальні рішення АЕС: прямоточні системи прості та ефективні, але обмежені екологічними факторами; оборотні системи з градирнями та басейнами дозволяють повторно використовувати воду й ефективно контролювати тепловий баланс; змішані схеми поєднують обидва підходи, оптимізуючи і площу промайданчика, і енергоефективність.

Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення систем охолодження визначають силует станції, просторову логіку промайданчика та умови для експлуатації, обслуговування та можливого розширення комплексу у майбутньому.

Висновки до другого розділу

1. Методологічна база дослідження включає застосування історико-еволюційного підходу до аналізу проєктування та будівництва АЕС, що дозволяє простежити закономірності розвитку атомної енергетики та особливості адаптації її архітектурно-планувальних рішень у різних регіонах. Додатково використовуються методи натурних обстежень діючих АЕС в Україні, комп'ютерного моделювання та експериментального проєктування, а також

комплексного і порівняльного аналізу аналогічних об'єктів за кордоном. Такі підходи забезпечують системне вивчення енергетичних комплексів і створюють базу для визначення концептуальних засад архітектурно-планувальної організації АЕС.

2. Зовнішні та внутрішні фактори розташування АЕС суттєво впливають на формування генерального плану та структурної організації АЕС. Серед ключових зовнішніх чинників слід зазначити географічне положення, сейсмічну активність, гідрологічні дані, а також перспективи розвитку споживання електроенергії та доступність паливних ресурсів. Внутрішні фактори визначаються вибором ядерної технології, яка впливає на склад і конфігурацію основних та допоміжних виробничих будівель, а також на розташування інженерних мереж і під'їзних шляхів.

3. Дослідження міст-супутників АЕС виявило: проблему монофункціональності таких міст; залежність від одного великого підприємства робить їх вразливими до змін у енергетичній політиці, технологічному розвитку або ж до непередбачуваних обставин, як це сталося з містом Прип'ять після Чорнобильської катастрофи; необхідність диверсифікації економіки міст-супутників, розвитку альтернативних джерел зайнятості та підтримки підприємницької ініціативи.

4. Міжнародний досвід планування охоронних зон АЕС засвідчив, що українські підходи поступово адаптуються до сучасних європейських стандартів. Водночас наявні відмінності, зумовлені історичними нормами проектування, географічними умовами та демографічними факторами, потребують подальшої гармонізації.

5. Генеральний план АЕС передбачає чітке зонування території, що включає розмежування на зони суворого та вільного режиму. Від вибору ядерної технології залежить розташування основних виробничих, допоміжних та адміністративних будівель, а також організація інженерних мереж і транспортних зв'язків, що забезпечує компактність та ієрархію функціональних зв'язків на майданчику.

6. У дослідженні сформовано класифікацію основних та допоміжних виробничих будівель, загальностанційних інженерних, захисних споруд та соціально-побутових та інфраструктурних зона. Особлива увага приділяється взаємному розташуванню об'єктів на промисловому майданчику та інтеграції інженерних систем, що дозволяє підвищити безпеку, ефективність експлуатації та надійність технологічного процесу.

7. Визначена типологія архітектурно-просторових рішень основних виробничих будівель (Реакторного відділення, турбінного залу, а також систем охолодження).

РОЗДІЛ III.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

3.1 Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій

У сучасних умовах розвитку атомної енергетики пріоритетним напрямом стає не лише підвищення технічної ефективності та безпеки АЕС, а й гуманізація їх архітектурного образу. Сучасне проєктування енергетичних об'єктів має враховувати не тільки функціонально-технологічні вимоги, а й естетичні, соціальні та психологічні аспекти формування архітектурного середовища.

Узагальнення класифікаційних характеристик будівель і споруд атомних електростанцій, а також аналіз їх функціонально-просторових зв'язків дозволяють визначити основні принципи архітектурно-планувальної організації сучасних АЕС (Рис. 3.1).

Першим є *принцип функціонально-технологічного розподілу*, який передбачає чіткий поділ території станції на виробничі, допоміжні, адміністративні, складські та соціально-побутові зони. Такий підхід забезпечує логічну послідовність технологічних процесів, мінімізує перетин потоків персоналу й транспорту та сприяє підвищенню загального рівня безпеки експлуатації об'єкта.

Принцип функціонально-технологічного розподілу на зони визначає структуру генерального плану АЕС, формуючи просторово відокремлені, але логічно пов'язані між собою простори. Виробничі об'єкти розташовуються з урахуванням технологічних ланцюгів, тоді як адміністративні та соціально-побутові будівлі орієнтуються на мінімізацію впливу потенційно небезпечних факторів та оптимізацію маршрутів пересування персоналу.

Другим виступає *принцип багаторівневого захисту*, що реалізується через систему контурів безпеки, інженерних бар'єрів, спеціальних огорожувальних

споруд і захисних оболонок. Вказані елементи проєктуються з урахуванням здатності протистояти як внутрішнім, так і зовнішнім впливам, зокрема сейсмічним, гідрологічним, техногенним та військовим загрозам.

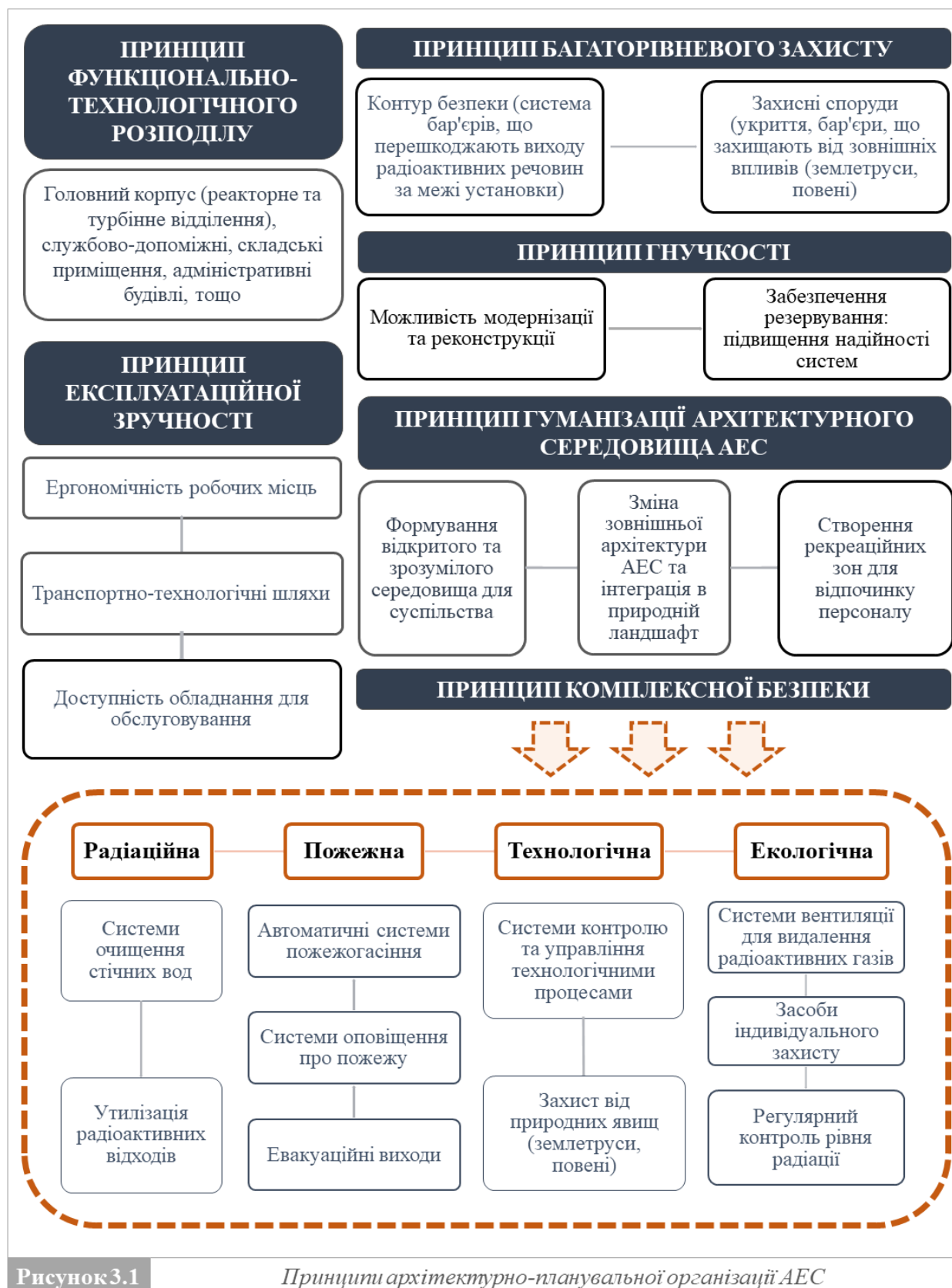
Принцип багаторівневого захисту зумовлює формування багатошарової планувальної моделі, що передбачає послідовне розміщення зон з різним рівнем доступу та безпеки. Це проявляється у чіткій ієрархії просторових бар'єрів, захисних оболонок і контрольованих переходів між функціональними зонами.

Принцип експлуатаційної зручності спрямований на оптимізацію умов праці персоналу шляхом раціонального розміщення основного й допоміжного обладнання, забезпечення зручного доступу до систем обслуговування та ремонту. Особлива увага приділяється організації логістики руху — від зовнішніх транспортних артерій до внутрішніх комунікацій, що формують ефективну інфраструктуру експлуатаційної діяльності атомної електростанції.

Просторова реалізація принципу експлуатаційної зручності проявляється у раціональній організації внутрішніх планувальних рішень, зокрема у чіткому розмежуванні потоків персоналу, обладнання та транспорту. Вертикальні та горизонтальні комунікації формуються таким чином, щоб забезпечити швидкий доступ до ключових елементів інженерної інфраструктури та скоротити час на обслуговування і ремонтні роботи.

Принцип гнучкості забезпечує можливість модернізації АЕС, її поетапного розвитку або реконструкції з урахуванням змін технологічних параметрів та нормативних вимог безпеки. Реалізація цього принципу досягається завдяки модульному підходу до планування, резервуванню територіальних і просторових ресурсів, а також використанню універсальних конструктивних і планувальних схем.

Принцип гнучкості безпосередньо впливає на просторову структуру будівель і споруд АЕС, зумовлюючи використання модульних планувальних схем, уніфікованих конструктивних рішень та резервування площ. Такий підхід дозволяє здійснювати поетапний розвиток станції без порушення цілісності її архітектурно-планувальної організації та без зниження рівня безпеки.



Окрему групу формує *принцип комплексної безпеки*, що охоплює радіаційну, пожежну, технологічну та екологічну складові. Радіаційна безпека забезпечується системами вентиляції, фільтрації та контролю викидів; пожежна

— автоматизованими системами пожежогасіння й евакуаційними шляхами; технологічна — багаторівневою системою моніторингу та управління процесами; екологічна — заходами з мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Принцип комплексної безпеки в архітектурно-планувальній організації атомних електростанцій має системоутворювальний характер і знаходить безпосереднє відображення у формуванні просторової структури об'єкта. Його реалізація зумовлює багаторівневу організацію території та будівель АЕС, що передбачає чітку ієрархію функціональних зон з різним ступенем потенційної небезпеки та регламентованим режимом доступу.

У межах генерального плану принцип комплексної безпеки реалізується через просторове рознесення об'єктів із підвищеним рівнем ризику, створення санітарно-захисних і режимних зон, а також формування буферних просторів між виробничими, допоміжними та соціально-побутовими функціями. Таке планувальне рішення спрямоване на локалізацію можливих аварійних впливів і мінімізацію їх поширення на суміжні території.

На рівні об'ємно-просторових рішень будівель принцип комплексної безпеки проявляється у використанні захисних оболонок, протипожежних відсіків, герметизованих приміщень та спеціалізованих інженерних бар'єрів. Архітектурна композиція об'єктів формується з урахуванням можливості ізоляції окремих функціональних блоків у разі надзвичайних ситуацій без порушення загальної працездатності АЕС.

Внутрішнє планування будівель АЕС підпорядковується вимогам просторового розмежування технологічних, експлуатаційних і допоміжних процесів. Принцип комплексної безпеки зумовлює формування незалежних маршрутів евакуації, резервних комунікацій, а також дублювання ключових систем життєзабезпечення. Вертикальні та горизонтальні зв'язки проєктуються з урахуванням можливості швидкого реагування персоналу та доступу аварійних служб.

Екологічна складова принципу комплексної безпеки просторово реалізується через орієнтацію будівель і споруд відносно природних факторів, організацію систем контролю та локалізації викидів, а також інтеграцію природоохоронних елементів у структуру промислового майданчика. У сукупності зазначені просторові рішення забезпечують цілісний підхід до безпеки як ключового чинника архітектурно-планувальної організації АЕС.

Принцип гуманізації архітектурного середовища АЕС передбачає переосмислення традиційно закритого образу атомної електростанції як виключно інженерного об'єкта та спрямований на формування психологічно комфортного й просторово зрозумілого середовища. Його реалізація включає зняття візуальних і функціональних «бар'єрів» шляхом створення архітектурної прозорості, що дозволяє суспільству краще усвідомити логіку функціонування об'єкта без порушення вимог безпеки та підкреслює високі технологічні стандарти та надійність АЕС. Важливою складовою гуманізації є інтеграція АЕС в природний ландшафт із мінімізацією візуального впливу індустріальних форм, а також формування «людяного» обличчя АЕС через створення просторів, орієнтованих на потреби персоналу та обмежено доступних громадських і інформаційних зон. Цей принцип також реалізується через покращення умов праці, використання природного освітлення, зрозумілу навігацію, візуальну впорядкованість об'ємно-просторових рішень та інтеграцію соціально-побутових функцій у загальну планувальну структуру АЕС. У сучасних умовах цей принцип набуває особливої актуальності як складова людиноорієнтованого підходу до проєктування об'єктів атомної енергетики.

3.2 Пропозиції щодо архітектурно-планувальної організації захисту АЕС в умовах військових загроз (Принцип багаторівневого захисту)

Забезпечення безпеки АЕС виходить за межі технологічних процесів і охоплює комплекс заходів цивільного та інфраструктурного захисту. Сучасні підходи передбачають інтеграцію інженерних рішень, організаційних механізмів

та містобудівних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків аварійних ситуацій і підвищення стійкості об'єкта до зовнішніх загроз. Цивільний захист включає планування та організацію евакуаційних маршрутів, захист персоналу та населення, створення контрольованих зон і систем оповіщення. Інфраструктурний захист охоплює зміцнення будівель і споруд, резервування критично важливих комунікацій, захист енергопостачання та систем зв'язку. У цьому підрозділі розглядаються основні методи та принципи організації таких заходів, а також їхній вплив на архітектурно-планувальні та технологічні рішення АЕС.

Підземні атомні електростанції як засіб захисту у воєнних умовах

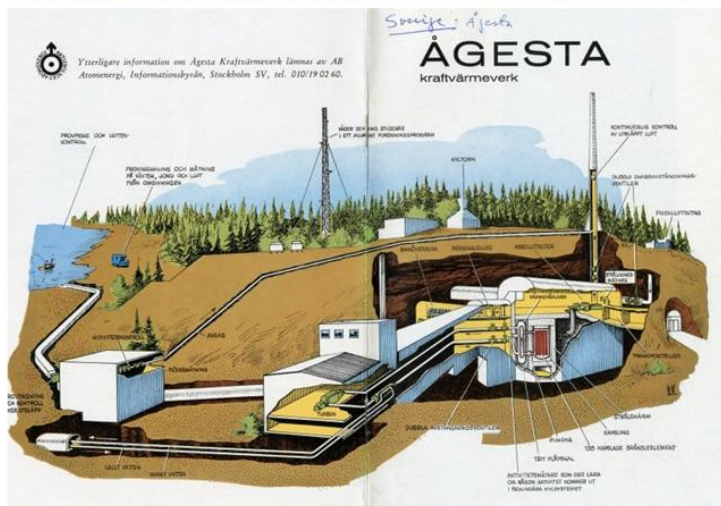
Ідея підземного розміщення АЕС з'явилася в середині ХХ століття у ряді європейських країн. Першим прикладом став реактор у Халдені (Норвегія, 1960, 25 МВт), розташований у гірській каверні, що підтвердив технічну можливість безпечної експлуатації підземних ядерних об'єктів [155, с. 207-212]. Подібні проєкти реалізовувалися в Швеції (АЕС Агеста, 1964–1974) [156, с. 1] та Швейцарії (АЕС Люценс, 1969) [155, с. 208], а у Франції (Chooz, 1966, 305 МВт) реакторні частини розміщувалися у кавернах під 70-метровим шаром порід [157, с. 17-27]. У Канаді (Ontario Hydro, 1977) розроблявся проєкт CANDU на глибині 300 м, який не був реалізований, проте заклав інженерні основи підземних АЕС [157, с. 17-27].

Архітектурно-конструктивна типологія підземних АЕС базується на двох принципах: глибокі каверни у скельних породах та системи cut-and-cover — частково заглиблені комплекси з ґрунтовим та бетонним укриттям. Сучасним прикладом є проєкт MYRRHA (Бельгія) — мультифункціональний дослідницький реактор з можливістю часткового або повного підземного розташування [158, с. 77-84].

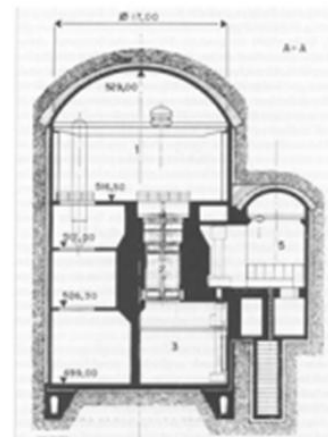
Технологічно підтверджено, що великі підземні простори можна створювати стабільно, як показав льодовий стадіон у Гйовіку (Норвегія, 1994, прольот 61 м) [159, с. 1] із системою «rib-in-rock». Підземне розміщення АЕС забезпечує подвійну безпеку: внутрішню — локалізацію аварій і запобігання

викидам, зовнішню — захист від природних і антропогенних загроз. Скельний масив слугує природним екраном; дослідження підземних ядерних випробувань

ІСТОРИЧНІ ПРИКЛАДИ ПІДЗЕМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

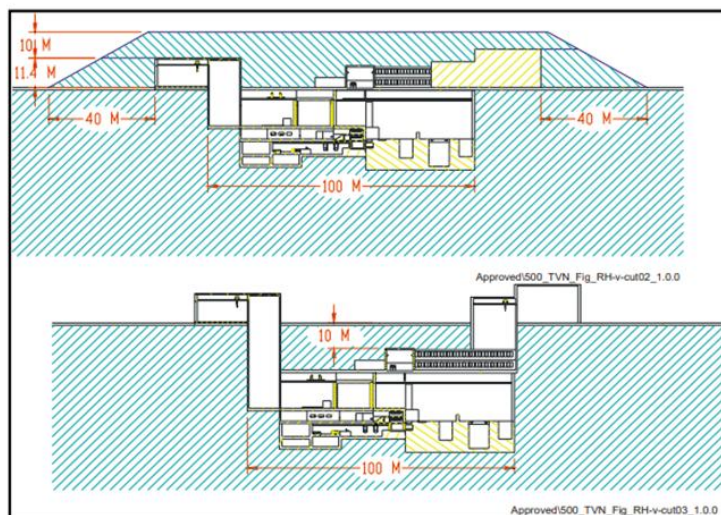


Проект АЕС Агеста
(Швеція, 1964–1974 рр.)



Стандартна каверна з
вертикальними стінами
(АЕС Люсенс, Швейцарія, 1966 р.)

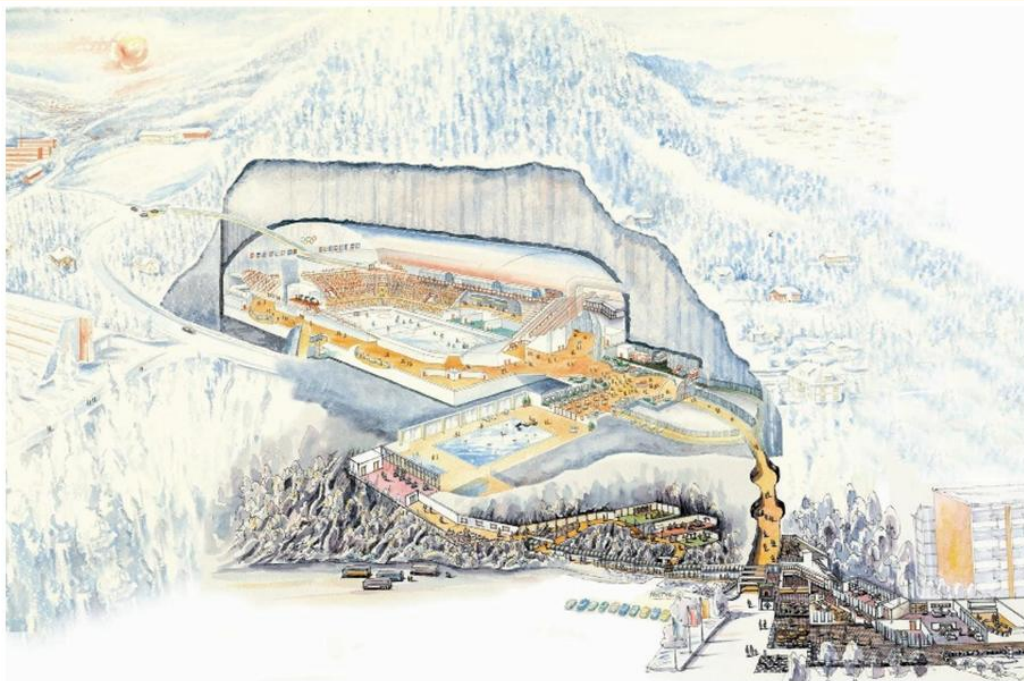
КОНЦЕПЦІЇ ПІДЗЕМНИХ АЕС. Проект МУРРНА (Бельгія)



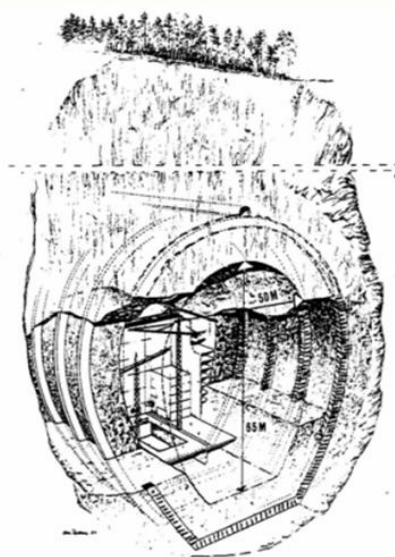
- Концепції МУРРНА в Бельгії:
- земляна яма;
 - повністю підземна споруда;

- Основні концепції Ганновера:
- земляна яма в м'якому ґрунті;
 - глибока печера в скелі (в обох випадках машинний зал залишається на рівні землі).

Проект льодової арени Гьовік (Норвегія, 1994 р.)

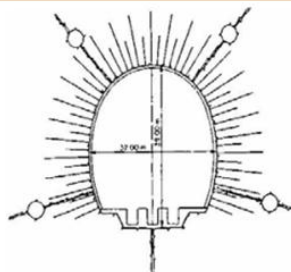


Проекти трьох дуже великих печер, всі з овальним поперечним перерізом, у порівнянні з широким ковзанком

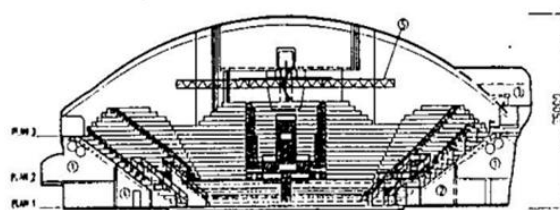


RIV в ROCK: ескіз методу будівництва дуже великої каверни в поганому ґрунті Сальстрем, Швеція, 1977 р.

Проект каверни для лабораторії нейтрино в Італії, Ломбарді, 1986 р.



Каверна для виявлення нейтрино в Японії, Накаяма, 2005 р.



Поперечний переріз каверни Гьовік, як побудована у 1994 р.

Рисунок 3.3

Історичні приклади підземних АЕС

у Неваді показали, що навіть у випадку повного розплавлення активної зони розплав залишається локалізованим [159, с. 1].

Таким чином, підземні ядерні комплекси виступають елементом оборонної та енергетичної інфраструктури, реалізуючи принципи «пасивного захисту». Для України перспективними є часткове заглиблення нових реакторів, створення підземних сховищ палива та розміщення систем аварійного охолодження у захищених кавернах, що поєднує енергетичну автономність, екологічну безпеку та обороноздатність [13; 155-160] (Рис. 3.2, 3.3).

У сучасних умовах джерела зовнішньої загрози для ядерних установок значно розширилися: це не лише авіаційні удари чи далекобійна артилерія, а й ударні та розвідувальні безпілотні літальні апарати (БПЛА), ракетні обстріли, кіберфізичні атаки та диверсії. Відповідно, архітектурно-планувальні рішення на АЕС повинні поєднувати традиційні конструктивні підходи із сучасними технічними системами захисту. Нижче наведено основні *архітектурно-інженерні прийоми* захисту АЕС із прикладами їх практичної реалізації (Рис. 3.4).

Глибинне укриття та підземне розміщення (standoff). Підземне розташування реакторних відсіків і критично важливих систем під шаром ґрунту або гірських порід забезпечує високий пасивний захист від прямого ураження, уламків, пожеж та неконтрольованих викидів. Це рішення знижує ймовірність пошкодження первинних бар'єрів і сприяє локалізації продуктів потенційної аварії.

Брейсінг, бункерування та бронювання ключових елементів. Посилені бетонні оболонки з арматурою, тонкі сталеві вкриття та «бронеполотна» навколо критично важливих об'єктів (реакторна оболонка, системи аварійного охолодження, трубопроводи) зменшують ризик руйнування уламками чи дрібними боєприпасами. Проектування на вибухове навантаження та структурне армування є стандартною практикою захищених об'єктів.

Стенди відступу (standoff) та земляні вали (берми), реветменти. Земляні вали, бетонні реветменти та відстань до потенційних точок ураження значно знижують динамічний тиск ударної хвилі на споруди. Вони також виконують

функцію первинного бар'єра від уламків та забезпечують часткове візуальне маскування.

Розпорошення та дублювання критичних систем (distributed redundancy). Архітектурно-просторове розподілення насосів, електрогенераторів, систем керування та резервних джерел живлення по окремих захищених блоках, частково під землею, знижує ризик одночасного виведення з ладу всіх резервів. Передбачені ізольовані проходи, автономні відсіки та резервні канали постачання.

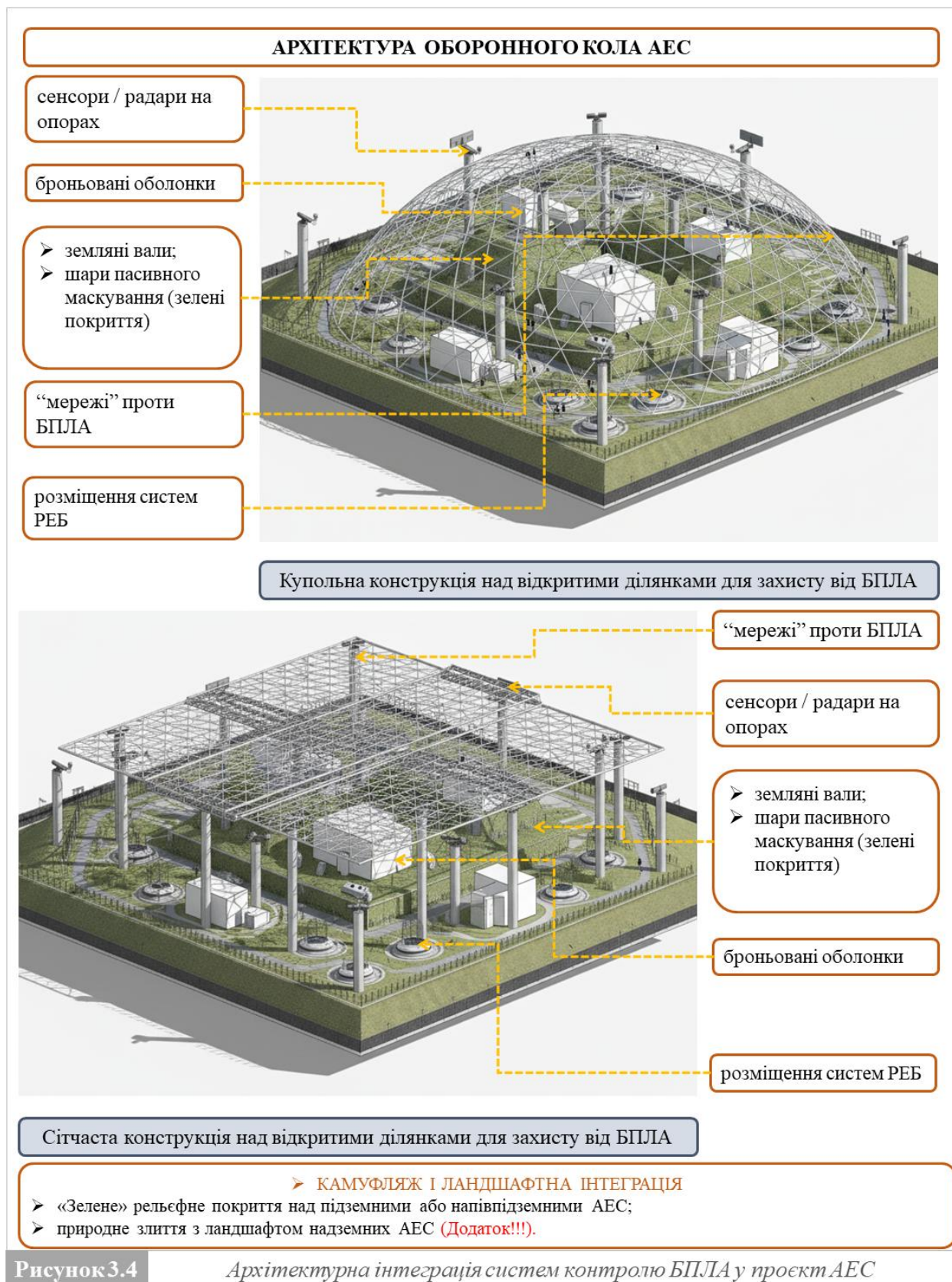
Бойове та інженерне укріплення периметра. Інтеграція багаторівневих огорож, контрольованих під'їздів із реветментами та «анти-рампами» зменшує ризик масованого наземного нападу. Периметрові споруди поєднують функції виявлення, затримки та захисту.

Системи фільтрації, захист від хімічних/газових впливів та водонепроникність. Закриті повітряні шлюзи, фільтри з надлишковим тиском, автономні системи вентиляції та можливість переведення об'єктів у «режим закриття» забезпечують захист від газових атак, диму та продуктів горіння. Для підземних комплексів критичною є водоізоляція та захист від підтоплення.

Захист від БПЛА. Сучасний захист поєднує пасивні архітектурні заходи — маскування, низько-ізольовані профілі дахів, екрани та сітки над відкритими ємностями, системи пожежогасіння — з активними технічними засобами: локальні контр-БПЛА системи, лазери, системи перехоплення, радарні датчики. Архітектурні рішення формують «мертві зони» над критично важливими об'єктами.

Камуфляж та ландшафтна інтеграція. Ландшафтні насипи, зелені покриття та матеріали, що зменшують ІЧ- та радіолокаційну сигнатуру, дозволяють приховати ключові елементи інфраструктури від повітряної розвідки.

Захищені резервні командні центри та кабелі. Підземні або броньовані аварійні центри керування з резервними каналами зв'язку забезпечують



контроль режимів навіть при частковому виведенні з ладу наземних об’єктів.

Інтегрована охорона (ярусний захист). Поєднання зовнішньої інженерної охорони, технічних засобів виявлення та архітектурних затримок (довгі під'їзди, вузькі проходи, оборонні рови) створює додатковий час для реагування.

Децентралізація енергетики та мікро-реактори. Розміщення частини генерації у вигляді розподілених малих модульних чи мікро-реакторів у захищених укриттях або підземно знижує вразливість системи в цілому.

Правові, організаційні та гуманітарні аспекти. Проектування враховує міжнародні норми та рекомендації щодо захисту об'єктів у збройних конфліктах, планування евакуації, взаємодію з цивільною обороною та військовими структурами, а також забезпечення відновлюваності та мінімізації наслідків для населення.

Отже, принцип багаторівневого захисту АЕС передбачає інтеграцію архітектурно-планувальних, інженерних та організаційних заходів для мінімізації ризиків аварій та підвищення стійкості до військових, техногенних і кіберфізичних загроз. Реалізація включає просторове зонування, підземне або частково заглиблене розміщення критичних систем, бронювання будівель, дублювання інфраструктури та організацію евакуаційних маршрутів. Архітектурні рішення поєднують маскування, ландшафтну інтеграцію та «мертві зони», а системи фільтрації, вентиляції та автономного живлення забезпечують внутрішню безпеку. Сучасні підходи також передбачають децентралізацію енергетики, використання малих модульних і мікро-реакторів та інтегровану охорону відповідно до міжнародних норм, формуючи стійку архітектурно-технологічну структуру АЕС.

3.3 Рекомендації до реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС

Архітектурне середовище промислових комплексів, зокрема АЕС, формується під впливом технологічних, екологічних і соціальних тенденцій,

визначених у підрозділах 1.1, серед яких особливе значення мають тенденції суспільної опозиції, зумовленої страхом перед потенційними аваріями.

Сприйняття архітектурного середовища атомних електростанцій є однією з найважливіших складових їх соціальної оцінки. Аналіз, проведений у підрозділі 1.2, показав, що негативне ставлення населення до АЕС здебільшого формується не лише на підставі уявлень про можливі техногенні загрози, а й через візуальну домінантність, масштабність та індустріальний характер архітектури, що часто сприймається як символ небезпеки та технологічної закритості. Таким чином, архітектурне середовище стає медіатором між технологічним об'єктом та людиною, впливаючи на ступінь довіри й рівень психологічного комфорту.

Реалізація принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС здійснюється шляхом формування позитивного сприйняття зовнішнього вигляду АЕС через:

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості. Зазвичай АЕС сприймаються як закриті, неприступні об'єкти. Зміни в архітектурі можуть візуально та функціонально «відкрити» станцію, дозволяючи суспільству краще зрозуміти її діяльність.

Формування відчуття безпеки та надійності. Сучасний, продуманий архітектурний образ може підкреслювати високі технологічні стандарти та безпеку.

Інтеграція в ландшафт. Замість домінуючих індустріальних форм, архітектура може гармонійно вписуватися в навколишнє середовище, зменшуючи візуальний вплив.

Створення «людяного» обличчя АЕС. Проєктування зон, доступних для громадськості, або елементів, що відображають турботу про персонал та довкілля.

Аналіз визначених шляхів реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС дозволяє визначити *прийоми*, що пом'якшують технологічний образ АЕС, підвищують її естетичну привабливість, інтегрують об'єкт у

природне та соціальне середовище і формують нову комунікаційну роль. Позитивне сприйняття архітектури АЕС може змінити ставлення суспільства до атомної енергетики та підвищити прийнятність державної енергетичної політики. Хоча традиційно АЕС має функціональний і прагматичний вигляд, архітектурні рішення можуть зробити її більш відкритою, зрозумілою та інтегрованою у суспільне життя, сприяючи дестигматизації та формуванню нового позитивного образу атомної енергетики (Рис. 3.5). Сучасний архітектурний образ АЕС також може відображати цінності об'єкта та бути ефективним комунікаційним інструментом.

Перший напрямок, *просторово-планувальні прийоми*, спрямований на створення зрозумілої, логічної та безпечної структури промайданчика АЕС. Це включає чітку ієрархію об'єктів — від енергоблоків до адміністративних будівель, організацію зручних маршрутів руху персоналу та транспорту, а також формування буферних і рекреаційних зон для зниження психологічного навантаження. Оптимізація взаємного розташування корпусів забезпечує ефективні технологічні зв'язки та зручність експлуатації станції.

Інженерно-технічні прийоми забезпечують комфортне, безпечне та передбачуване середовище на території АЕС. Сюди входить впровадження систем шумозахисту, пилогазового очищення та енергозбереження, організація ергономічної навігації й зовнішнього освітлення, застосування екологічно стійких матеріалів та інтелектуальних систем моніторингу. Такі заходи підвищують безпеку, зменшують ризики та створюють комфортні умови для персоналу.

Комунікаційно-інформативні прийоми формують відкритий і зрозумілий імідж АЕС. Вони передбачають чітку інфографіку, елементи «wayfinding», інформаційні панелі з екологічною та технологічною інформацією, впізнаваний брендинг станції, а також організацію інтерактивних зон для підвищення довіри населення та персоналу. Разом ці п'ять груп прийомів формують позитивне сприйняття архітектурного середовища АЕС, поєднуючи безпеку, функціональність та естетику.



Створення публічних та інформаційних зон. Інформаційно-освітні центри (візит-центри) основним призначенням, яких є забезпечення доступу громадськості до об'єктивної інформації про роботу АЕС, принципи ядерної

енергетики, екологічну безпеку. Проектування окремих, доступних для широкої публіки будівель або комплексів, з можливістю проведення екскурсій (віртуальних або реальних, у безпечних зонах), розташованих за межами зони суворого контролю, але поблизу АЕС. Важливо передбачити сучасний дизайн, інтерактивні експозиції, мультимедійні зали. Зовнішній вигляд центру має бути привабливим та відкритим, з використанням скляних фасадів та символіки, що відображає чистоту та прозорість електроенергії.

Створення *оглядових майданчиків* дозволить відвідувачам безпечно спостерігати за частиною інфраструктури АЕС з відстані, руйнуючи відчуття повної закритості шляхом облаштування спеціальних, безпечних та естетично оформлених оглядових платформ з інформаційними табло, що пояснюють призначення об'єктів.

Відкриття та естетизація під'їзних шляхів. Перше враження часто формується вже при під'їзді до об'єкта. Озеленення доріг, облаштування покажчиків та інформаційних стендів, які є естетично привабливими та інформативними.

Покращення інтеграції з місцевою інфраструктурою. Створення багатофункціональних громадських центрів, розміщених на території, що прилягає до АЕС, або в безпосередній близькості до неї, об'єктів соціальної інфраструктури, доступних як для працівників, так і для місцевих мешканців (спортивні комплекси, культурні центри). Проектування сучасних, привабливих будівель, що відповідають потребам громади. Це сприятиме створенню відчуття, що АЕС є невід'ємною частиною місцевої громади, а не відокремленим індустріальним об'єктом.

Архітектурно-композиційні прийоми покликані пом'якшити техногенний образ АЕС та підвищити естетичну якість середовища. Це досягається через гармонійне формування фасадів з різних матеріалів, уніфікацію висот і пропорцій адміністративних та сервісних корпусів, а також акцентування композиції промайданчика за допомогою входів, навісів і

інфоцентру. Використання кольору й структурних акцентів допомагає візуально організувати територію та підкреслити функції будівель.

Формування позитивного соціального образу АЕС залежить від того, як ці об'єкти сприймаються у візуальному та культурному контексті. Довгий час архітектурний вигляд АЕС визначався логікою індустріальної доцільності, типовими проєктами та конструктивною уніфікацією. Сучасні вимоги до безпеки, екологічності та відкритості зумовили потребу суттєво переосмислити фасадні рішення, перетворивши їх на інструмент комунікації між об'єктом і суспільством. У цьому контексті гуманізація та естетизація архітектурного середовища стають не лише естетичним завданням, а й важливою складовою соціальної довіри та сталого розвитку територій.

Вітчизняний досвід фасадних рішень АЕС

До 1986 року радянська школа проєктування накопичила значний досвід у спорудженні АЕС з реакторами ВВЕР та РБМК. У 1960–1980-х роках активно впроваджувались нові технології та матеріали, проте загальна логіка архітектури залишалась індустріально-утилітарною. Первинно станції будувалися за індивідуальними проєктами, однак уже в середині 1970-х з'явилися типові рішення — зокрема уніфікований проєкт ВВЕР-1000 (В-320). Він передбачав будівництво 4–6 енергоблоків у моноблочній схемі, що часто формувало масивні, закриті та важкі візуальні об'єми.

Типізація мала низку переваг: пришвидшення будівництва, механізацію монтажу, повторюваність технологічних операцій. Найяскравішим прикладом успішного застосування цієї моделі стала Запорізька АЕС. Разом з тим уніфікація призвела до одноманітності фасадних рішень та майже повного занепаду архітектурної індивідуальності.

Аварії на ЧАЕС (1986) та Фукусімі (2011) радикально змінили підхід до проєктування АЕС. Однорідні панельні конструкції перестали відповідати новим вимогам безпеки, модернізації та інтеграції складних інженерних систем. Проєкти нового покоління вимагають індивідуалізації, гнучких і міцних конструкцій, а також візуальної мови, яка відображає сучасний технологічний

рівень і відкритість до суспільства. Таким чином, традиційний індустріальний вигляд АЕС з її «сірою» архітектурою дедалі більше не відповідає соціальним очікуванням, зокрема щодо екологічності, естетичності та культурної інтеграції.

На основі цього аналізу автором (Рис. 3.6, 3.7) запропоновано комплексну систему рішень, спрямованих на створення сучасного, технологічного і візуально привабливого архітектурного образу АЕС. Удосконалені архітектурні прийоми до формування сучасного образу АЕС (Рис. 3.8, 3.9):

Модернізація архітектури АЕС. Сучасні вимоги до архітектури АЕС передбачають переосмислення традиційної індустріальної естетики та перехід до більш структурованих, раціональних і візуально легких рішень. Використання мінімалістичних форм, чітких геометрій та вивіреної композиції підкреслює технологічність об'єкта, одночасно зменшуючи асоціації з масивністю і замкненістю, характерними для попередніх поколінь енергетичних споруд.

Інтеграція споруд АЕС у природний та урбанізований ландшафт. Гармонізація промислових об'єктів із довкіллям суттєво впливає на їхнє сприйняття персоналом та місцевими громадами. Використання природних кольорових палітр, ландшафтних рішень та природоорієнтованих матеріалів пом'якшує масштаб станції, забезпечуючи її візуальне «включення» в навколишній контекст. Це сприяє формуванню психологічно комфортного середовища та зниженню суспільної напруги, традиційно притаманної об'єктам критичної інфраструктури.

Застосування світлопрозорих конструкцій як інструменту відкритості. У будівлях, які не містять потенційно небезпечних технологічних процесів, доречним є використання світлопрозорих фасадних систем. Вони забезпечують доступ природного світла, формують відчуття відкритості та сприяють створенню сучасного, комунікаційно орієнтованого образу. Такі рішення особливо ефективні для адміністративних корпусів, центрів навчання персоналу та візит-центрів, де архітектура відіграє важливу роль у формуванні довіри до об'єкта.

Художня інтерпретація архітектури АЕС. Використання елементів мистецтва — муралів, скульптурних композицій, символічних інсталяцій — сприяє формуванню унікальної ідентичності станції та зміцнює зв'язок між інженерним об'єктом і громадою. Такі засоби дозволяють надати архітектурі додатковий сенс, підкреслюючи її гуманістичний та інноваційний характер.

Кольорові та освітлювальні рішення у формуванні образу АЕС. Використання стриманих, природних кольорів та ретельно продуманих систем зовнішнього освітлення сприяє формуванню більш привітного, зрозумілого і структурного образу промислового комплексу. Нічна підсвітка, що акцентує основні композиційні елементи, підсилює архітектурну логіку об'єкта та демонструє його технологічну відкритість.

Інноваційні матеріали в композиції фасадів. Зміна зовнішньої архітектури атомних електростанцій та вдосконалення архітектурно-просторової організації промислового майданчика, основним завданням якої є відхід від утилітарного, «жорсткого» промислового вигляду за допомогою використання сучасних оздоблювальних матеріалів, що відображають високі технології та екологічність (наприклад, металеві панелі з перфорацією, скляні елементи, панелі з фотоелектричними елементами). Застосування кольорових рішень, які не лише функціональні, але й естетичні, що поєднуються з навколишнім середовищем.

Застосування новітніх матеріалів — композитів, високоміцних бетонів, металевих сплавів і адаптивних фасадних систем — підвищує експлуатаційну надійність споруд і водночас розширює можливості їхнього художнього вирішення. Технології самоочищення, енергоощадні покриття та інтерактивні поверхні дозволяють підтримувати високий рівень естетичної виразності впродовж тривалого часу, зменшуючи витрати на утримання (Додаток І.1, І.2).

Розширення соціальної інфраструктури як складова архітектурної естетизації. Формування позитивного соціального образу АЕС неможливе без інтеграції громадськорелевантних функцій, що доповнюють виробничу частину комплексу. Такий підхід дозволяє гармонізувати взаємодію станції з місцевими

громадами, підвищувати рівень довіри та формувати відкриту комунікаційну платформу.

Візит-центри. Їх наявність сприяє роз'ясненню принципів роботи АЕС, популяризації ядерної енергетики та зниженню бар'єрів сприйняття. Інтерактивні експозиції, демонстраційні зали та оглядові майданчики забезпечують прозорість функціонування підприємства.

Ландшафтні та рекреаційні простори. Створення зелених зон, водних елементів і місць для відпочинку формує комфортне середовище, підкреслює екологічну орієнтованість станції та сприяє гармонізації взаємодії виробничої території з населенням.

Громадські та культурні центри. Інтегровані освітні, спортивні та культурні простори посилюють соціальну роль станції, роблять її частиною повсякденного життя громади та сприяють формуванню нового типу взаємодії між об'єктом критичної інфраструктури та населенням.

Естетично-рекреаційні прийоми спрямовані на зниження техногенного тиску та покращення психологічного стану працівників. Це досягається інтеграцією зелених зон, алей, внутрішніх дворів та місць короткочасного відпочинку, створенням світлих просторів у зонах прийому й адміністративних приміщеннях, використанням природних матеріалів і м'яких кольорових схем, а також візуальною «демілітаризацією» масивних споруд.

Ландшафтні парки та зони відпочинку створюють «зелені буфери» навколо АЕС, які слугуватимуть зонами відпочинку для місцевих мешканців та працівників, підкреслюючи екологічну відповідальність. Проєктування ландшафтних парків з пішохідними доріжками, зонами відпочинку, водоймами, з інтеграцією витворів мистецтва, що символізують енергію або природу допомогуть гармонізувати промисловий об'єкт з природним середовищем.

Озеленення та вертикальне озеленення як прийоми інтеграції природи в промислове середовище для покращення візуального сприйняття та екологічного балансу шляхом проєктування таких елементів, як зелені дахи, вертикальне озеленення на стінах будівель, розміщення кашпо з рослинами.

СТВОРЕННЯ ПУБЛІЧНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗОН



Інформаційно-освітні центри (візит-центри)

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Формування відчуття безпеки та надійності

Створення «людяного» обличчя АЕС



Оглядові майданчики

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Створення «людяного» обличчя АЕС



Ландшафтні парки та зони відпочинку

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Формування відчуття безпеки та надійності

Інтеграція в ландшафт

Створення «людяного» обличчя АЕС

ПОКРАЩЕННЯ ІНТЕГРАЦІЇ З МІСЦЕВОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ



Створення публічних та інформаційних зон

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Формування відчуття безпеки та надійності

Інтеграція в ландшафт

Створення «людяного» обличчя АЕС

Рисунок 3.6

Аналіз шляхів реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС

ГУМАНІЗАЦІЯ ТА ЕСТЕТИЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ АРХІТЕКТУРИ



Вдосконалення зовнішньої архітектури АЕС та архітектурно-просторової організації проммайданчика

Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Формування відчуття безпеки та надійності

Інтеграція в ландшафт

Створення «людяного» обличчя АЕС

Озеленення та вертикальне озеленення

Формування відчуття безпеки та надійності

Інтеграція в ландшафт

Створення «людяного» обличчя АЕС



Інтеграція сучасного мистецтва та символіки

Створення «людяного» обличчя АЕС



ВІДКРИТТЯ ТА ЕСТЕТИЗАЦІЯ ПІДЇЗНИХ ШЛЯХІВ



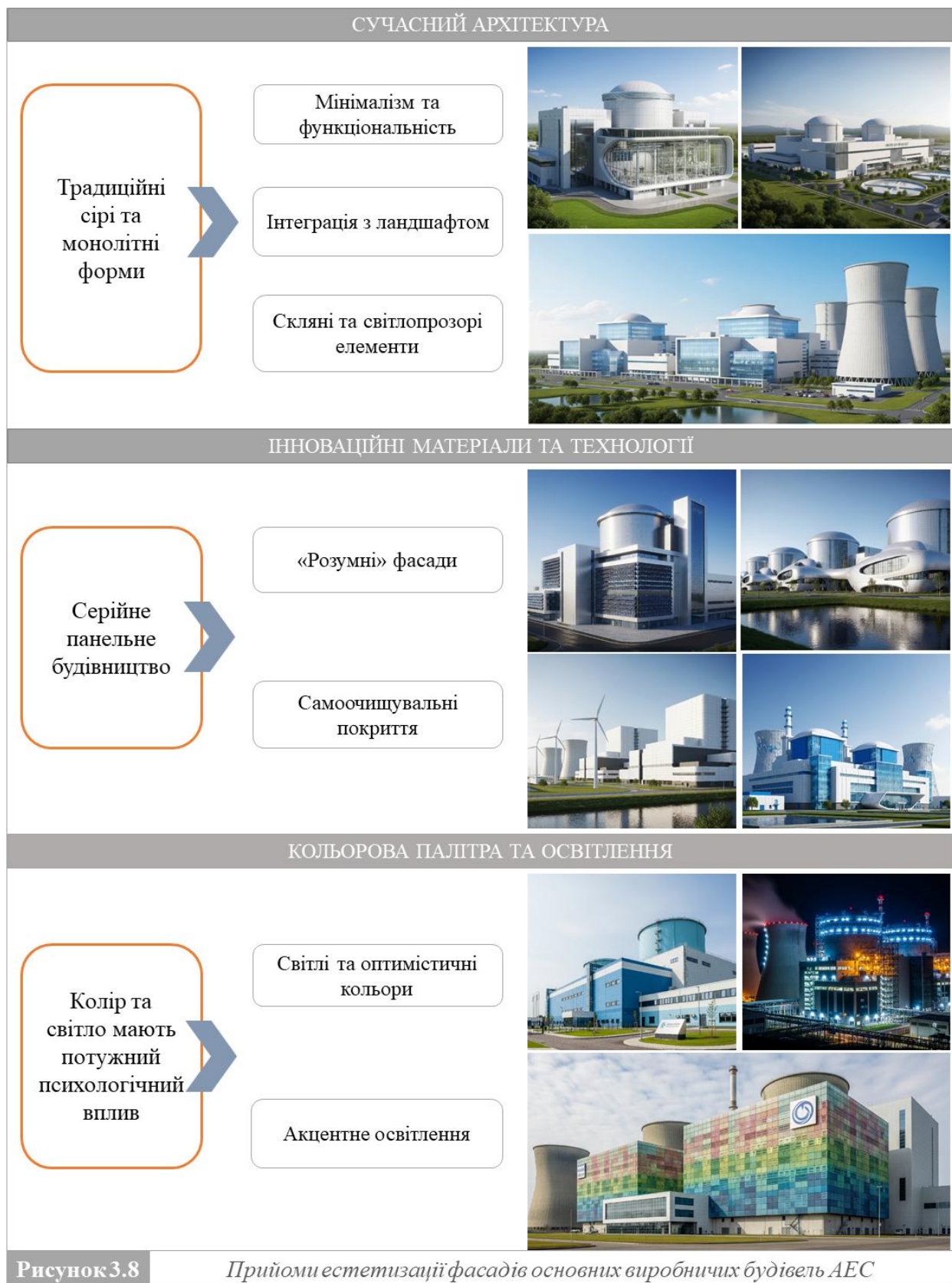
Озеленення доріг, облаштування показників та інформаційних стендів

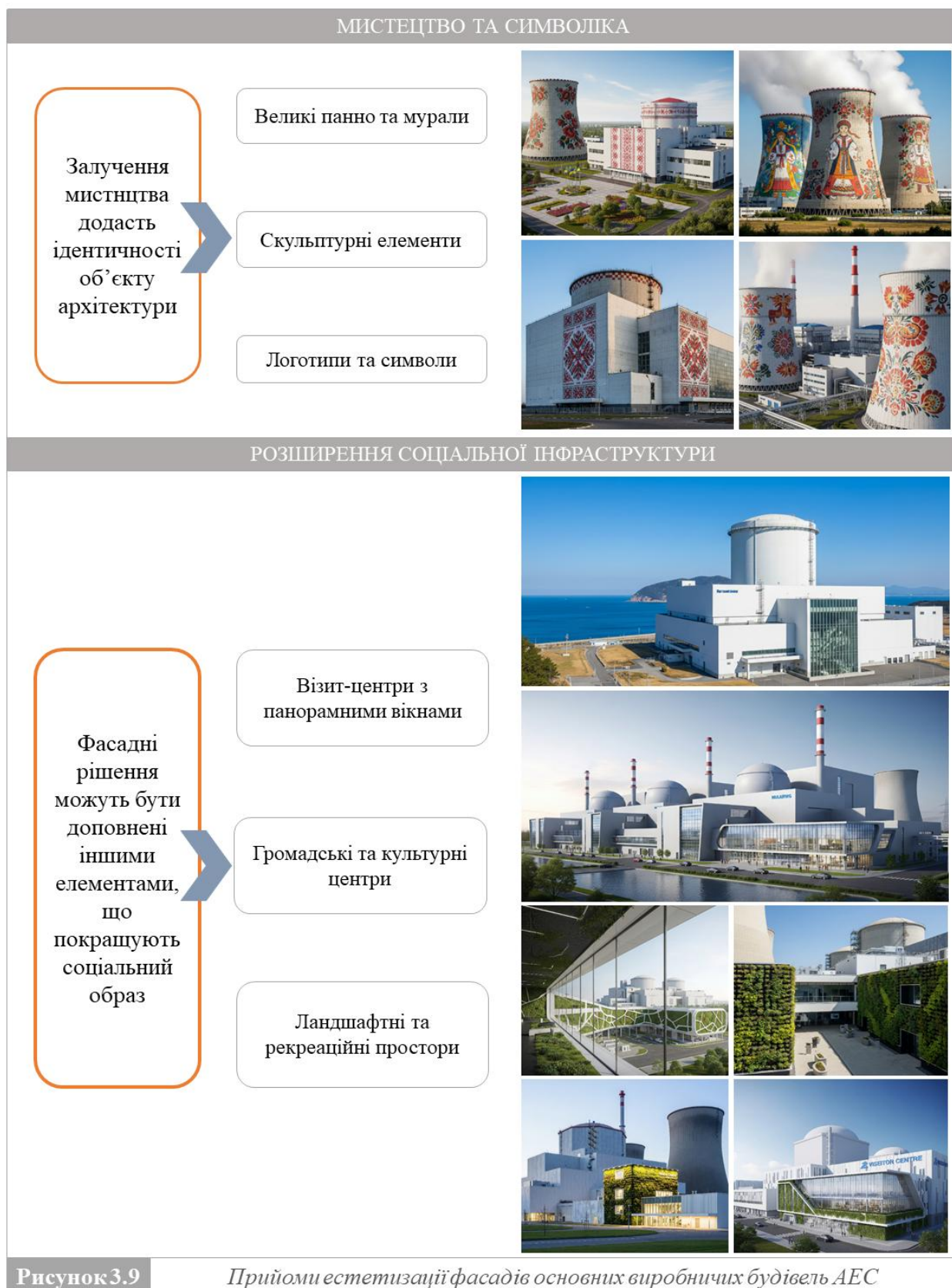
Зняття «бар'єрів» та створення прозорості

Створення «людяного» обличчя АЕС

Рисунок 3.7

Аналіз шляхів реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС





Інтеграція сучасного мистецтва та символіки. Додати унікальності та позитивних асоціацій до архітектури АЕС. Розміщення скульптур, інсталяцій або

муралів, що відображають теми енергії, науки, прогресу, безпеки або екології на фасадах будівель або у відкритих просторах території.

Екологічна ідентичність АЕС як основа інтеграції у природний ландшафт

У сучасних умовах посилення вимог до екологічної відповідальності великих інфраструктурних об'єктів формування екологічної ідентичності АЕС стає важливою складовою її соціального образу та архітектурного сприйняття. На відміну від традиційного індустріального підходу, коли АЕС сприймається як автономний техногенний комплекс, сучасні концепції передбачають її інтеграцію в природне та соціальне середовище через акцент на екологічних принципах — використання природних матеріалів, відтінків, біофільні рішення та візуальні образи, що асоціюються з чистою енергією та гармонійним співіснуванням з довкіллям.

Саме екологічна ідентичність дозволяє переосмислити АЕС як об'єкт сталого розвитку, підкреслюючи її роль у декарбонізації та зниженні вуглецевого сліду регіону. Візуальне та функціональне зближення архітектури АЕС із природним ландшафтом — через кольорову палітру фасадів, інтеграцію «зелених» елементів, прозорих або напівпрозорих структур, природоорієнтованих матеріалів — не лише підвищує довіру суспільства, але й створює передумови для формування збалансованого ландшафтного середовища навколо АЕС. Таким чином, екологічна ідентичність виступає концептуальним мостом між архітектурно-планувальними рішеннями АЕС та їхнім подальшим розвитком у напрямі ландшафтної гармонізації.

Експериментальне проєктування

У межах експериментального проєктування було сформовано комплексне архітектурно-проєктне дослідження, метою якого стало виявлення потенціалу сучасних архітектурних засобів у формуванні гуманізованого, візуально виразного та технологічно вмотивованого образу споруд атомної енергетики. Методологічною основою експерименту виступив архітектурно-еволюційний аналіз та метод порівняльного моделювання, що дозволив оцінити різні підходи до пластики, структури та композиційної організації промислових будівель;

метод проектних сценаріїв, спрямований на формування нових образно-функціональних рішень; а також візуально-аналітичний метод, застосований для перевірки ефективності прийомів на композиційних схемах, ескізах та перспективних зображеннях. Сукупність цих методів забезпечила наукову обґрунтованість експерименту та дала можливість перевірити, наскільки архітектурні рішення можуть підвищувати психологічний комфорт, сприйняття безпеки та відкритість енергетичних об'єктів.

У процесі опрацювання експериментальної частини під керівництвом автора студенткою було розроблено концепцію Науково-дослідного центру ядерної фізики (Рис. 3.10), який трактується як сучасний архітектурний комплекс, покликаний інтегрувати наукову, освітню та культурно-просвітницьку функції. Проєкт демонструє, як архітектурні прийоми, засновані на принципах відкритості, технологічності та пластичної виразності, можуть формувати новий тип просторового середовища для ядерної науки.

Концепція центру базується на ідеї поєднання високотехнологічного наукового середовища з відкритим суспільним простором. Проєкт реалізує три взаємопов'язані напрями діяльності:

- науково-дослідний, що включає лабораторні модулі, тренувальні центри та VR-зони для моделювання технологічних процесів;
- навчально-дослідний, зорієнтований на підтримку студентів і молодих учених за допомогою бібліотеки, навчальних аудиторій і коворкінгових просторів;
- культурно-просвітницький, реалізований через інтерактивні експозиції, відкриті виставкові зали й демонстраційні платформи для науки.

Архітектурна структура комплексу включає три корпуси — публічний, науковий та освітній, які, зберігаючи власну функціональну специфіку, інтегровані у єдину просторово-композиційну систему. Публічний корпус виконує функцію популяризації науки; науковий — забезпечує проведення експериментів; освітній — формує професійний простір для комунікації

фахівців. Підземний рівень використовується як робоча та захисна зона, що відповідає вимогам підвищеної безпеки.

Формотворча концепція центру визначається застосуванням динамічних об'ємів і плавних контурів, які створюють відчуття руху та відкритості. Стрічкове скління використано для максимального забезпечення природного освітлення та для візуального підкреслення прозорості науки як соціально значущої діяльності. Спеціально розроблені фасадні панелі з фібробетону мають рельєф, що асоціюється зі структурою атома та хвильовими процесами, — це підсилює наукову ідентичність будівлі на семантичному рівні.

Територія комплексу також продовжує архітектурну концепцію. Пішохідні маршрути повторюють пластику будівельних форм, створюючи динамічний простір руху, а тераси у науковому та освітньому корпусах формують відкриті рекреаційні зони, що підтримують неформальну взаємодію дослідників.

У межах експериментального дослідження автором також були створені ескізні рішення фасадів енергоблоків Хмельницької АЕС (рис. 3.11), виконані з метою перевірки, наскільки архітектурно-художні засоби можуть впливати на формування позитивного образу промислових споруд. Метод моделювання дозволив апробувати низку прийомів, спрямованих на підвищення естетичної виразності об'єктів атомної енергетики без втрати технологічної логіки та конструктивної обґрунтованості.

Основні принципи проєктних рішень включають:

- візуальну структурованість, досягнуту шляхом горизонтального членування фасадів та використання стрічкового скління для ритмізації великих площин;
- сучасну матеріалізацію на основі комбінації металевих касет, скляних фрагментів і фактурного бетону, що забезпечує довговічність і технологічну відповідність;
- акцентування ключових функціональних блоків через колірні контрасти й варіативність текстур;



Рисунок 3.10

Науково-дослідний центр ядерної фізики

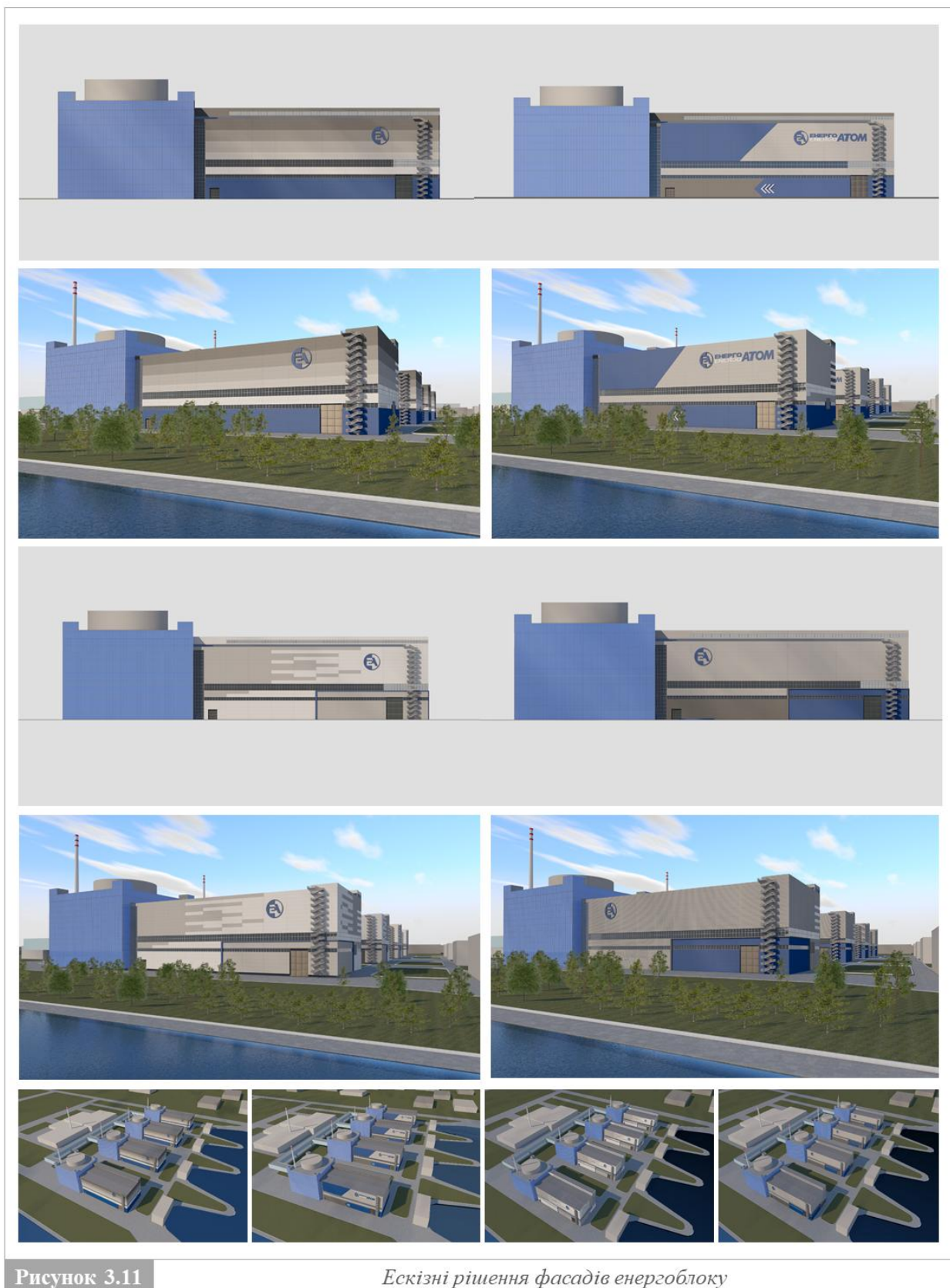


Рисунок 3.11

Ескізні рішення фасадів енергоблоку

- формування відкритого та «чистого» образу за допомогою світлої палітри та пластичних рельєфів;

- інтеграцію з природним середовищем через адаптовану кольорову схему та масштабні композиційні рішення.

Таким чином, експериментальне проектування підтвердило, що використання сучасних архітектурних прийомів — пластики фасадів, семантичних рельєфів, адаптивного скління, структурованого зонування та візуального моделювання — здатне суттєво посилювати гуманізований характер атомних об'єктів. Результати експерименту демонструють наявність значного потенціалу для трансформації архітектурного образу АЕС, що сприяє підвищенню довіри суспільства, комфортності роботи персоналу та формуванню позитивного сприйняття енергетики майбутнього.

Проведене детальне дослідження **архітектурно-композиційних та естетично-рекреаційних прийомів**, що архітектурна мова енергетичних об'єктів здатна значною мірою впливати на суспільне сприйняття, рівень довіри та емоційний комфорт людей, які контактують з АЕС безпосередньо або опосередковано. Проте фасадна естетизація й інтеграція з ландшафтом є лише зовнішнім шаром більш комплексної проблематики — внутрішнього середовища АЕС, в якому персонал проводить значну частину свого професійного часу. Створення позитивного соціального образу атомної станції неможливе без забезпечення психологічного благополуччя працівників, адже саме вони формують не лише операційну надійність, а й емоційний клімат підприємства. Тому цілком закономірним продовженням аналізу є розгляд архітектурно-планувальних підходів, спрямованих на покращення психологічного стану персоналу, оптимізацію робочого простору та формування здорового, безпечного і комфортного внутрішнього середовища, що розкривається у підрозділі 3.4.

3.4 Рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації зон релаксації на АЕС

Безпека та ефективність функціонування АЕС визначаються не лише надійністю обладнання, а й психофізіологічним станом персоналу. Робота на АЕС характеризується високою відповідальністю, постійним контролем складних технологічних процесів, потенційними ризиками та значним розумовим навантаженням. Ці фактори спричиняють стрес, втому та емоційне вигорання, що, як показує досвід світових аварій (Три-Майл-Айленд, Чорнобиль, Фукусіма-Даїчі), може призводити до критичних помилок людського фактора.

Міжнародні стандарти, такі як IAEA Safety Standards Series SSG-64 та ISO 45001:2018 [161, с. 1], підкреслюють, що психофізіологічне здоров'я персоналу є ключовою складовою культури безпеки та підвищення надійності функціонування АЕС. Врахування цих факторів у архітектурно-планувальних рішеннях сприяє не лише соціальному забезпеченню, а й зменшенню ризиків виробничих помилок.

Значення людського чинника

Персонал АЕС є ключовим фактором безпеки об'єкта. Навіть при високій автоматизації саме дії людей визначають надійність технологічних процесів, запобігання аваріям та підтримку культури безпеки. За даними МАГАТЕ та WANO, понад 70% інцидентів на АЕС пов'язані саме з людським фактором, а не відмовою обладнання (Рис. 3.12).

Організація персоналу АЕС вибудовується за принципом ієрархії та включає декілька рівнів: вищий управлінський рівень (керівництво станції (директор, головний інженер, заступники) відповідає за стратегічні рішення, ліцензійну діяльність, дотримання нормативів; технічний і виробничий рівень (начальники цехів (реакторного, турбінного, електричного, хімічного та ін.)) координують роботу обладнання, забезпечують технічний стан систем; оперативний рівень (оператори блочного щита керування, чергові інженери, диспетчери) здійснюють безпосереднє управління реактором, турбінами,

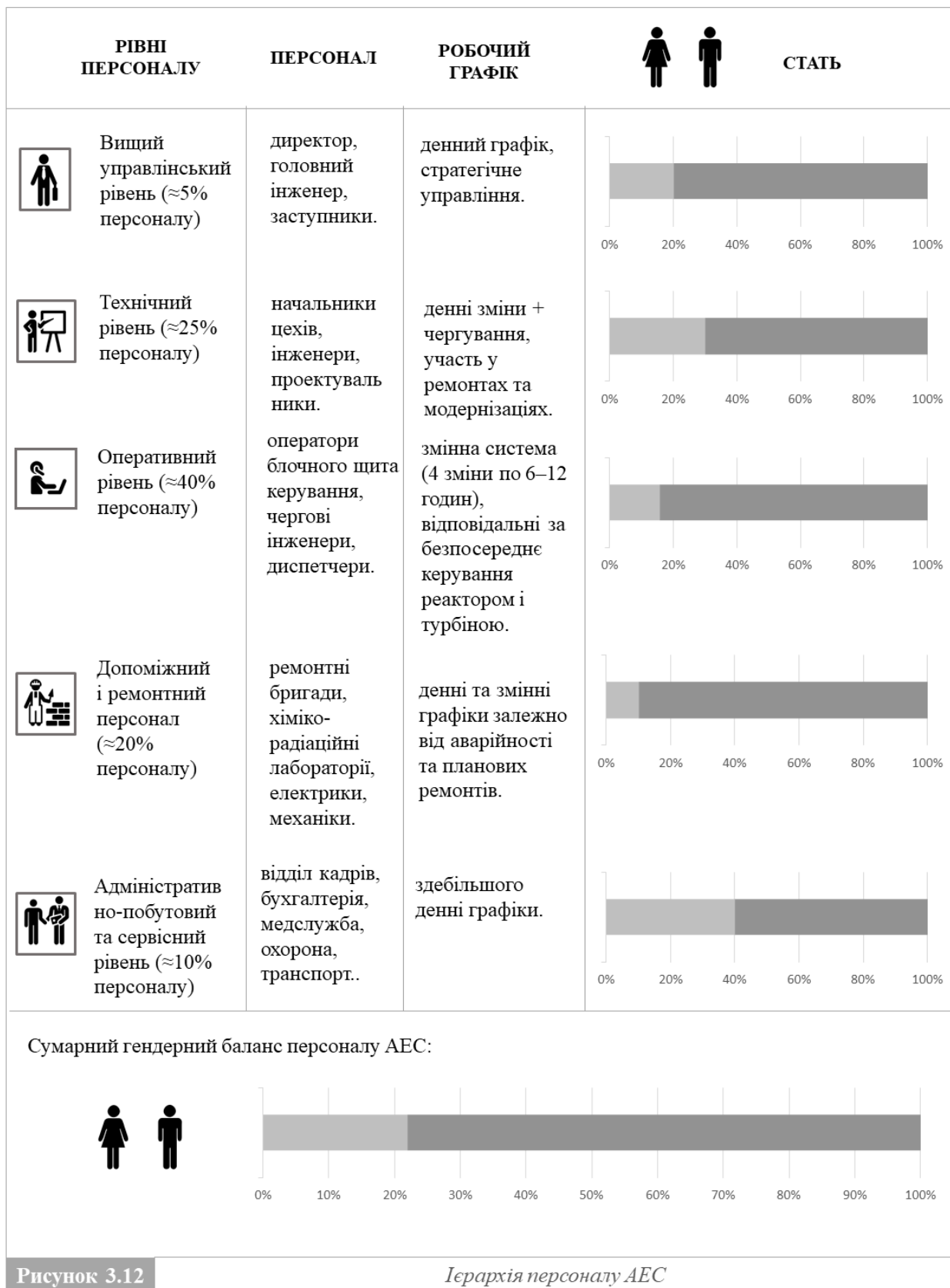


Рисунок 3.12

Ієрархія персоналу АЕС

системами охолодження, контролюють технологічні параметри; обслуговуючий та допоміжний персонал (ремонтні бригади, лабораторії радіаційного контролю,

пожежна охорона, служба фізичного захисту) виконують профілактичні та аварійні роботи, підтримують інфраструктуру.

Шляхи переміщення персоналу на атомній електростанції є чітко регламентованою та забезпечує як дотримання вимог безпеки, так і організованість виробничих процесів (Рис. 3.13). Вхід здійснюється через адміністративно-побутовий корпус, де розташований центральний пропускний пункт із охороною та перевіркою документів. У цій зоні працівники проходять гардероб, душові та санпропускник, після чого отримують спеціальний одяг і засоби індивідуального захисту.

Подальший доступ до виробничих приміщень здійснюється через контрольно-пропускний пункт першого рівня (КПП-1), де проводиться додаткова перевірка перепусток та індивідуальних дозиметрів. Лише після цього персонал може прямувати до виробничої частини. Переміщення у цій зоні відбувається коридорами та спеціально визначеними маршрутами до відповідних цехів — турбінного, електричного, допоміжних. Будь-які відхилення від встановлених маршрутів суворо заборонені.

Особливий порядок діє при вході у зони підвищеної радіаційної небезпеки, до яких належать реакторне відділення, басейн витримки відпрацьованого палива та системи охолодження. Доступ до цих приміщень дозволяється виключно за спеціальним допуском. Перед входом персонал проходить через другий санпропускник, де отримує додаткові засоби індивідуального захисту та проводить контрольні процедури.

Вихід із контрольованих зон передбачає обов'язкову дозиметричну перевірку, зняття спеціального одягу, санітарну обробку та повернення до побутових приміщень. Така багаторівнева система контролю та регламентованих маршрутів пересування забезпечує мінімізацію ризиків, пов'язаних із впливом іонізуючого випромінювання, та підвищує рівень організаційної безпеки на АЕС.

Типологія та функціональне призначення зон релаксації

Ефективні архітектурно-планувальні рішення передбачають різні види зон релаксації, що інтегруються у загальну організацію АЕС:

- Зони активної релаксації (рухові зони) для зняття фізичної напруги, покращення кровообігу, стимуляція мозкової діяльності. Невеликі зали для легких фізичних вправ (розтяжка, йога), столи для настільного тенісу або міні-більярду. Можуть бути розміщені у відокремлених, добре вентильованих приміщеннях з приємним освітленням. Важливо забезпечити достатній простір для руху та можливість усамітнення для індивідуальних занять.

- Зони пасивної релаксації (кімнати відпочинку) для глибокого розслаблення, відновлення нервової системи, зняття втоми. Кімнати з комфортними м'якими меблями (крісла, пуфи, лежаки), приглушеним, теплим освітленням, елементами ароматерапії (дифузори з ефірними оліями, які сприяють розслабленню), звукоізоляцією для мінімізації сторонніх шумів. Можливе використання елементів світлотерапії та прослуховування спокійної музики або звуків природи.

- Зони для споживання їжі (їдальні, буфети) для забезпечення повноцінного харчування, можливість відволіктися від робочого місця, соціалізація. Просторий, добре освітлений і вентильований простір, що забезпечує комфортні умови для прийому їжі. Важливо передбачити не лише столи та стільці, а й зони для індивідуального харчування та невеликі переговорні зони. Ергономічне розміщення меблів, приємний дизайн, чистота та доступність питної води є обов'язковими.

- Зони психологічного розвантаження (кімнати психологічної допомоги/розвантаження) для проведення індивідуальних або групових сеансів з психологом, використання спеціального обладнання для релаксації (масажні крісла, біофідбек-системи). Звукоізольовані приміщення з можливістю повного затемнення або регулювання освітлення. Оснащення для конфіденційних бесід та спеціалізованого обладнання.

- Відкриті зелені зони (за наявності можливості) для контакту з природою, свіже повітря, візуальне розслаблення. Облаштування внутрішніх двориків, зон відпочинку на даху або прилеглих територій (за межами зони

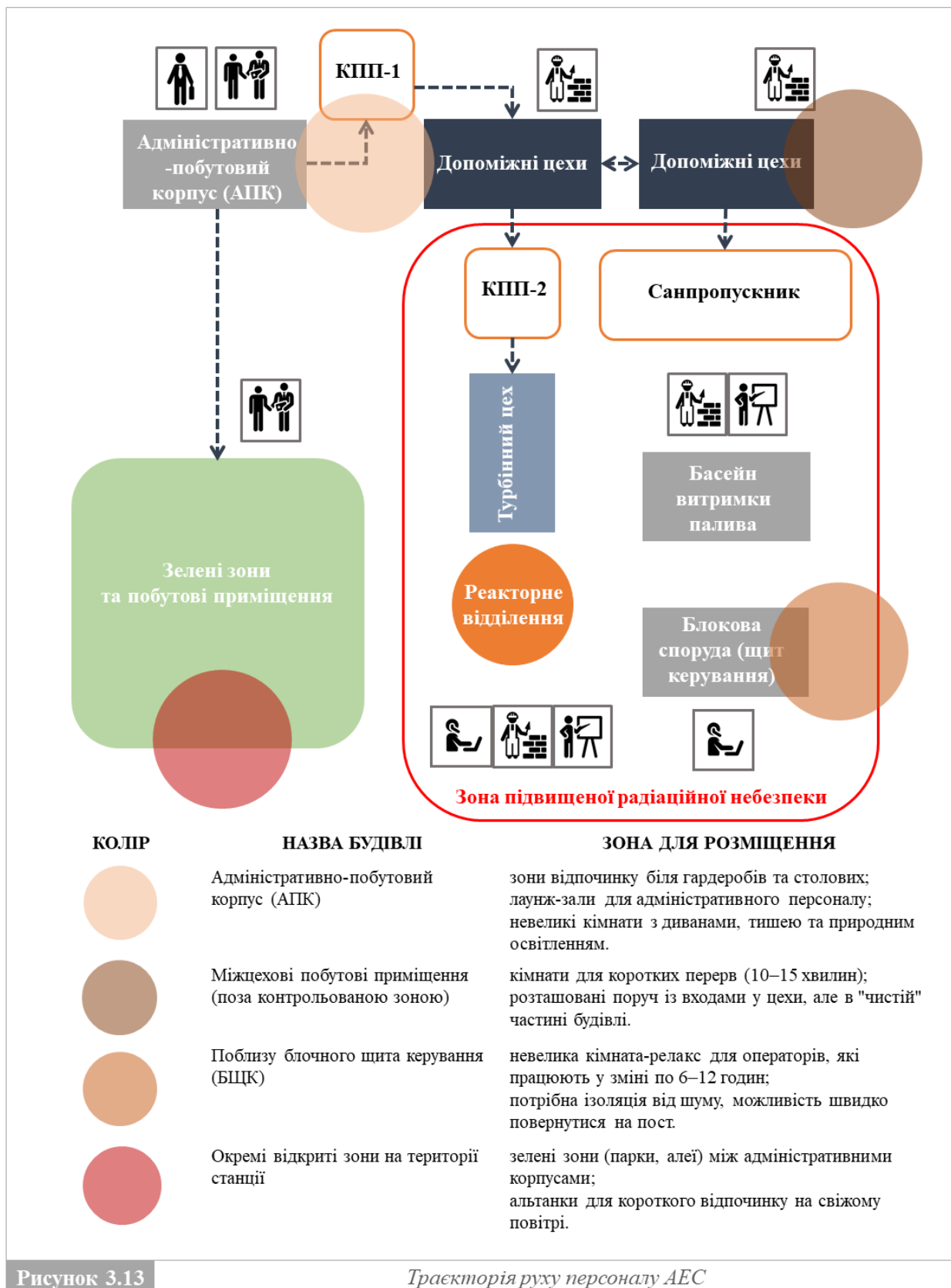


Рисунок 3.13

Траєкторія руху персоналу АЕС



Рисунок 3.14

Види зон релаксації, що інтегруються у загальну організацію АЕС



суворого контролю) з лавками, деревами, кущами та елементами ландшафтного дизайну. Доступ до таких зон має бути легким та безпечним.

- Зони для змінного персоналу (кімнати короткотривалого сну або індивідуальні капсули), які забезпечують повне затемнення, надійну звукоізоляцію, стабільну температуру та можливість ізоляції від зовнішніх подразників. Застосування звукопоглинальних матеріалів, регульованої вентиляції та мінімалістичного обладнання дозволяє створити умови для якісного мікровідпочинку, що знижує ризики помилок і втому операторів.

При організації зон відпочинку на АЕС ключовим принципом є поєднання безпеки, ергономіки та реальних потреб персоналу, який працює в умовах підвищеної відповідальності та стресу (рис. 3.14, 3.15). Насамперед, такі приміщення мають розміщуватися виключно поза межами контрольованих або потенційно небезпечних зон: реакторних приміщень, систем охолодження, турбінних і насосних залів, де рівень шуму, вібрацій та радіаційних ризиків унеможлиблює створення комфортного середовища. Водночас важливо забезпечити їх максимальну доступність — зокрема для операторів блочного щита керування, які повинні мати змогу робити короткі перерви без втрати часу та із можливістю негайно повернутися до виконання своїх обов'язків. Саме тому для них доцільно облаштовувати невеликі тихі кімнати-релакс поруч із щитом управління, з якісною шумоізоляцією, приглушеним світлом і мінімальною кількістю візуальних подразників.

Оптимальними місцями для створення більш просторих зон відпочинку є адміністративно-побутові корпуси. Тут логічно розміщувати лаунж-зони, кімнати для тимчасового відпочинку, приміщення з природним освітленням, а також простори для приймання їжі — усе це сприяє психологічній розрядці та відновленню енергії. Міжцехові побутові приміщення поза контрольованою зоною можуть виконувати функцію швидких міжзмінних пунктів відпочинку, особливо для ремонтного та чергового персоналу. Додатковим ресурсом є зовнішні території АЕС, де можливо створювати озеленені ділянки — алеї, невеликі парки, зони з лавками або навісами, що дають змогу на короткий час вийти на свіже повітря без порушення технологічного режиму.

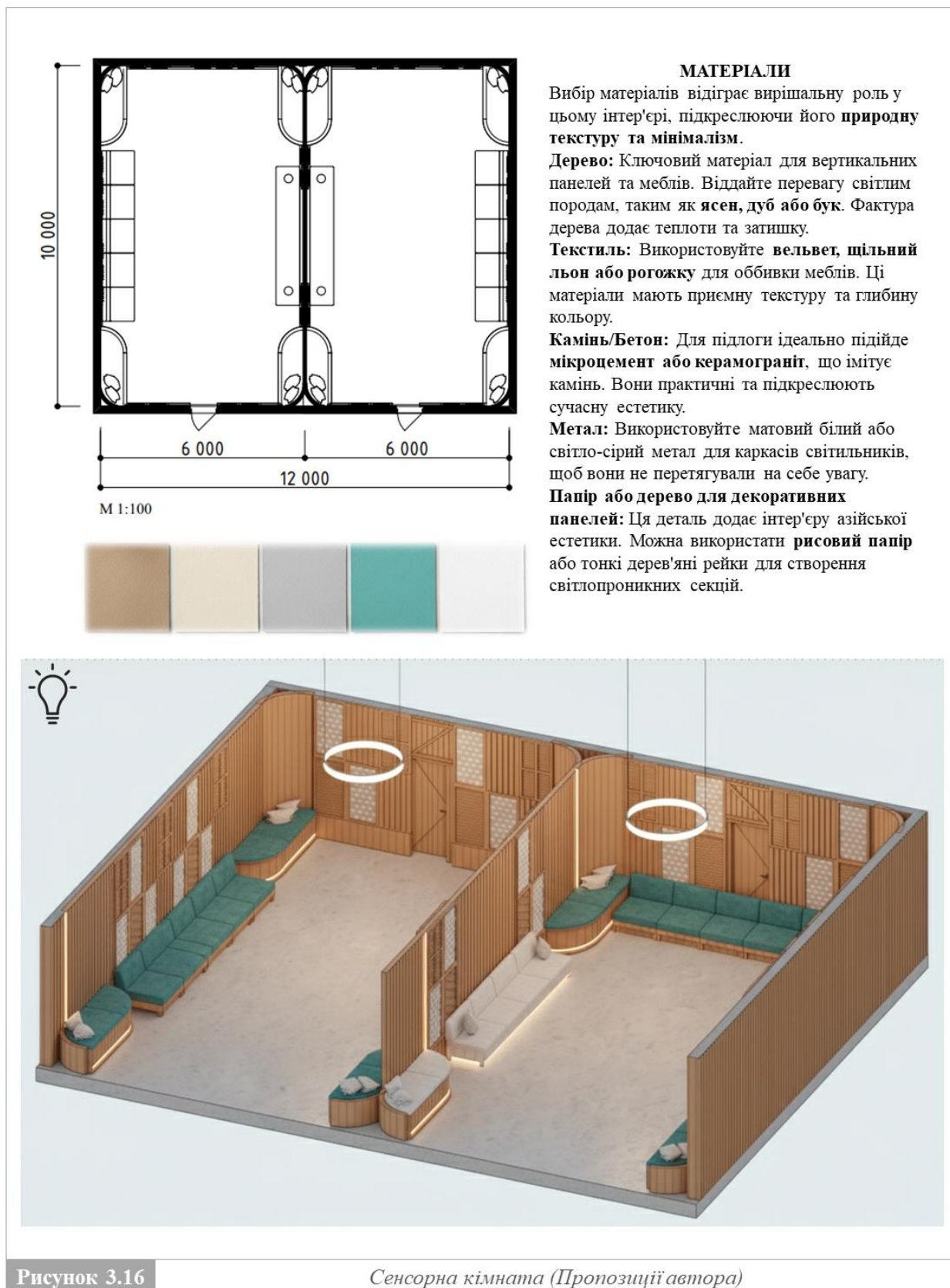
При цьому небажаним є облаштування зон відпочинку біля КПП, у технічних приміщеннях із підвищеним шумовим впливом, а також у просторах із потенційними ризиками скупчення персоналу або втрати концентрації. Рациональне розміщення таких зон — з урахуванням рівнів доступу, функцій різних категорій працівників та специфіки виробничого процесу — дозволяє не лише зменшити психоемоційне навантаження, а й створює культуру турботи про персонал. Це підвищує ефективність роботи, знижує ризики помилок та сприяє формуванню безпечного, людяного середовища на об'єкті стратегічної інфраструктури.

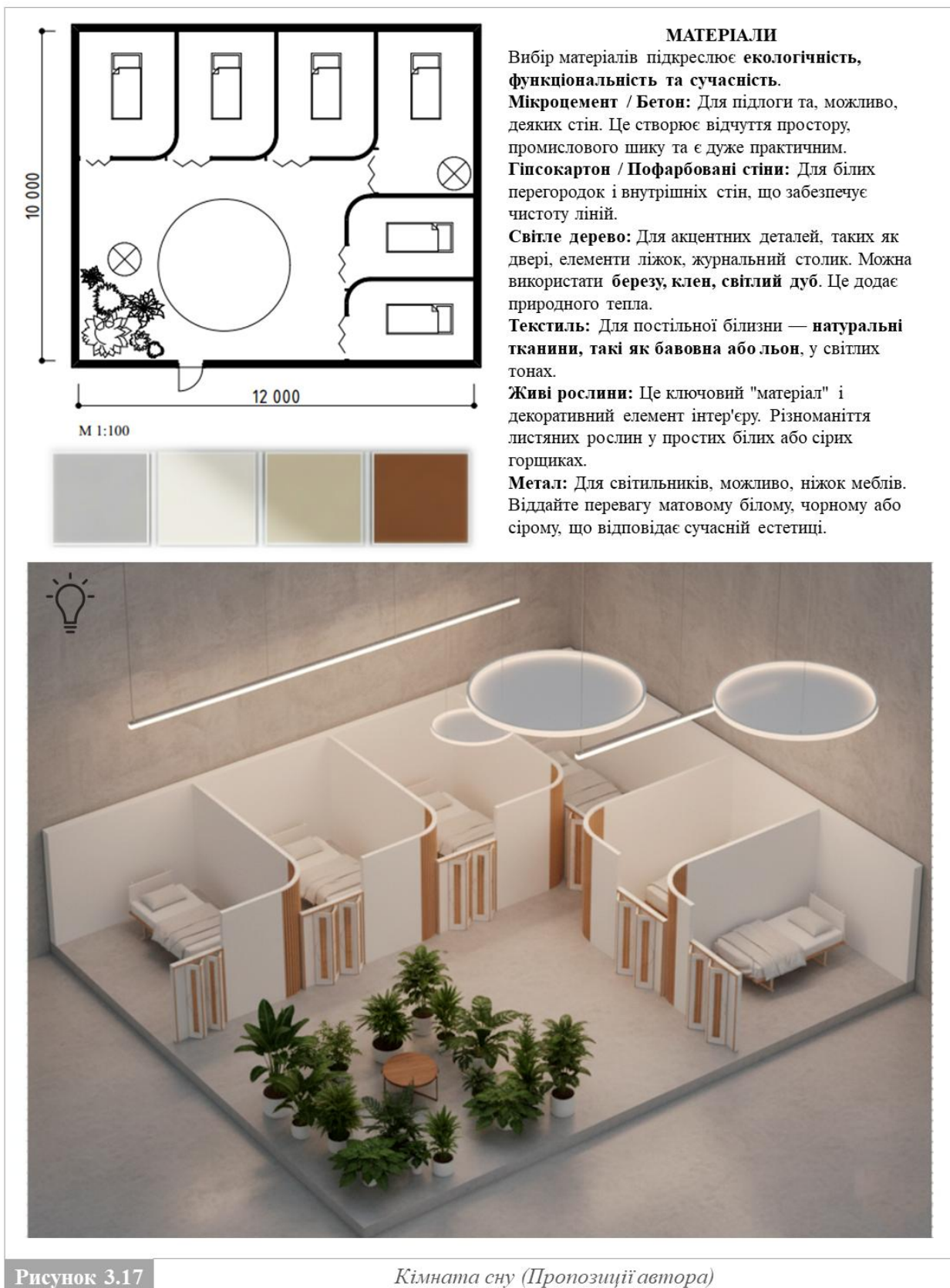
Виходячи з наведених принципів, автором запропоновано низку спеціалізованих приміщень для релаксації та відновлення персоналу, які можуть бути інтегровані в архітектурну структуру АЕС:

- Сенсорна кімната (рис. 3.16) — приміщення 12×10 м для психоемоційного розвантаження, обладнане кріслами та шезлонгами, індивідуальним освітленням, шумоізоляцією та системою ароматерапії. Кімната розташовується подалі від шумних і технічних зон, бажано поруч із зеленими насадженнями. Колірна палітра — пастельні відтінки бежевого, сірого та теплого білого, освітлення — м'яке, індивідуально регульоване.

- Кімната сну (рис. 3.17) — приміщення 12×10 м з 4–6 капсулами для відпочинку ночного персоналу. Оснащене системами кондиціонування, затемнення та ізоляції від шуму й вібрацій. Колірна гамма — темно-синя, графітова та шоколадна; освітлення — приховане, з можливістю повного затемнення. Розміщується у підземному або віддаленому корпусі.

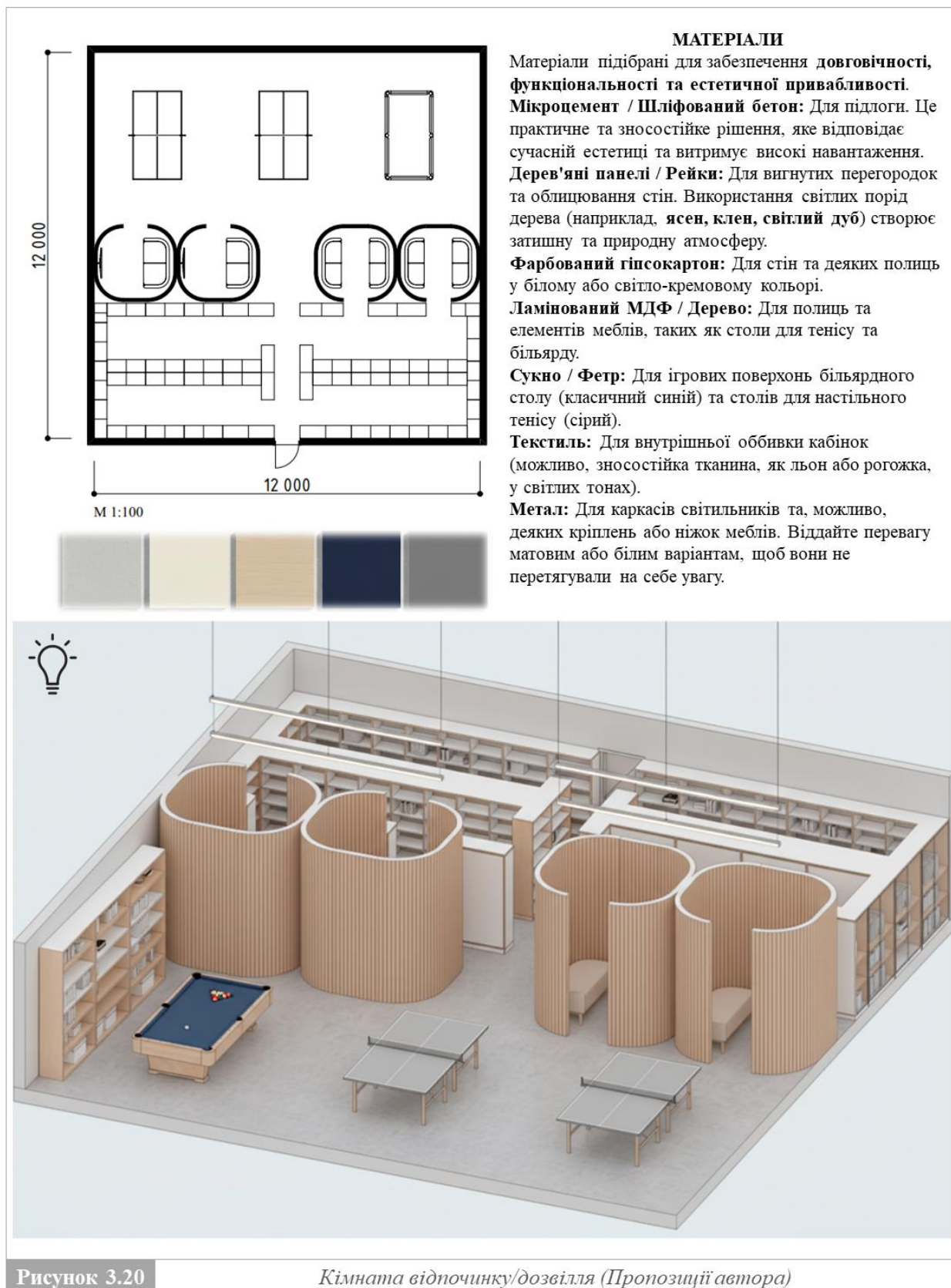
- Кімната психологічного розвантаження (рис. 3.18) — приміщення 12×14 м із м'якими шезлонгами, зеленою рослинністю, акустичною системою та окремою зоною для консультацій психолога і занять йогою. Колірна палітра — відтінки зеленого, світло-блакитний і білий. Освітлення зоноване: більш інтенсивне у робочій зоні, приглушене — у зоні релаксації. Розташування — верхні поверхи або приміщення з природним освітленням.



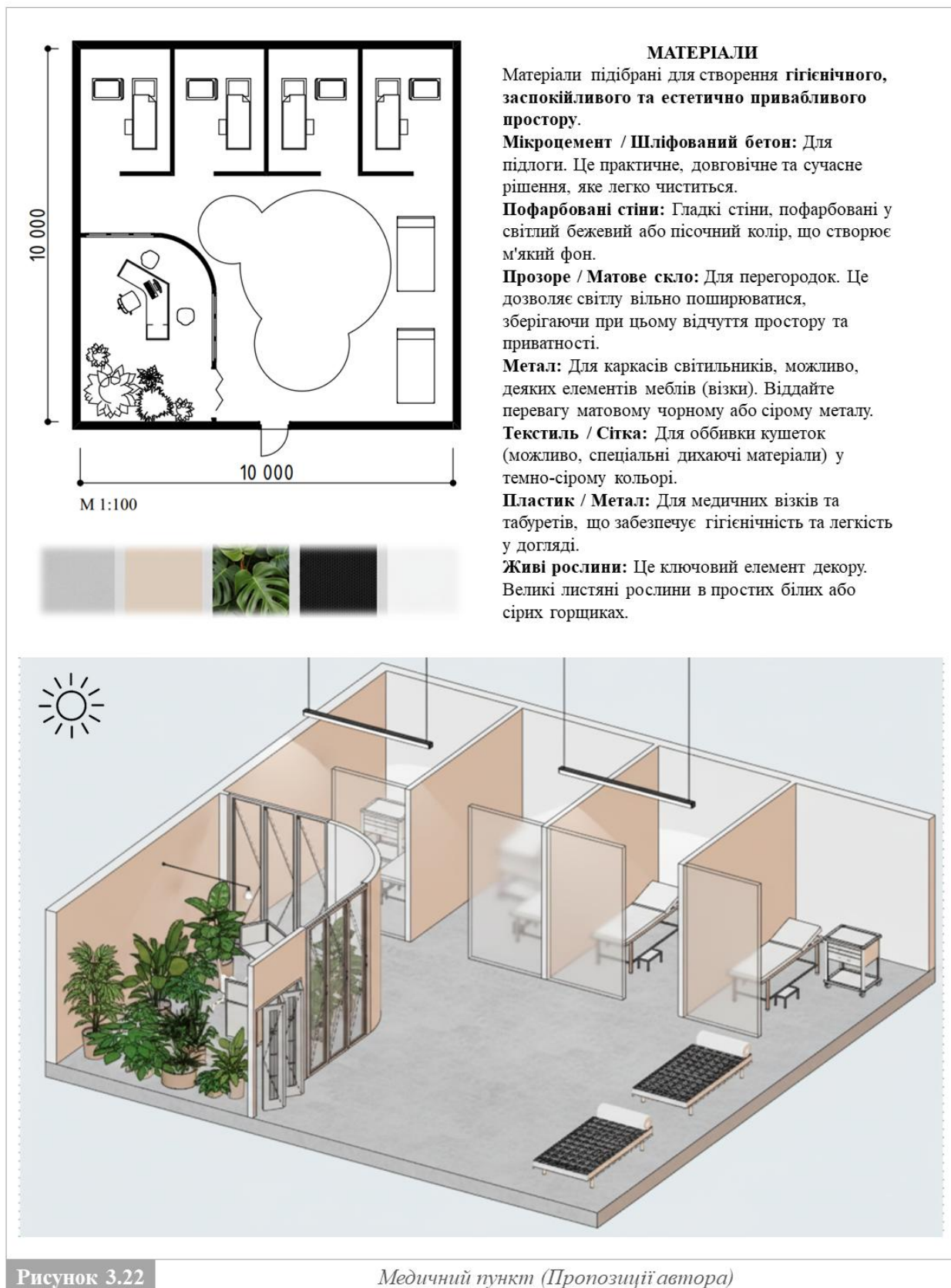












- Спортзал (рис. 3.19) — приміщення 10 × 12 м з зонами кардіо, силових вправ та розтяжки. Колірні акценти — яскраві та енергійні (помаранчевий, синій, червоний). Освітлення максимально природне, додатково

рівномірне LED. Підлога — гумова, стелі звукопоглинальні. Розташування — технічні блоки з ефективною вентиляцією.

- Кімната відпочинку (дозвілля) (рис. 3.20) — приміщення 12×12 м із диванами, телевізійною технікою, настільними іграми та бібліотекою. Колірна палітра — теплі відтінки теракотового, світло-жовтого, зеленого. Освітлення комбіноване, функціонально зоноване на активну та тиху частини.

- Кімната індивідуальної роботи та відеозв'язку з сім'єю (рис. 3.21) — приміщення 10×12 м із 6–8 робочими місцями та окремими капсулами для відеозв'язку. Робочі зони — у стриманих кольорах (сірий, білий, світло-блакитний) із яскравим освітленням. Зони капсул — теплі домашні відтінки, м'яке світло, текстильні елементи для комфортної атмосфери.

- Медичний пункт (рис. 3.22) — приміщення 10×10 м із кушетками, масажним столом та аптечкою. Колірне рішення світле й нейтральне (білий, пастельно-зелений, світло-блакитний). Освітлення рівномірне, нейтральне. Розташування — центральне для забезпечення швидкого доступу.

Запропонована система приміщень забезпечує комплексний підхід до психологічної підтримки персоналу, поєднуючи фізичне, емоційне та когнітивне відновлення, і може бути адаптована до специфіки конкретної АЕС.

Пропозиції щодо внесення змін/доповнень в нормативні документи України щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій

В даному підрозділі надано пропозиції щодо внесення змін/доповнень в нормативні документи України щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій з урахуванням принципів гуманізації архітектурного середовища АЕС, підвищення соціальної прийнятності об'єктів, забезпечення психологічного комфорту персоналу та відповідності міжнародним рекомендаціям у сфері безпеки ядерних установок.

Пропозиції цього розділу поширюються на проектування нових АЕС, модульних реакторів (ММР), об'єктів інфраструктури АЕС, а також на

реконструкцію та модернізацію існуючих енергоблоків, адміністративно-побутових корпусів і допоміжних споруд.

За результатами дисертаційного дослідження автором рекомендовано здійснити гармонізацію національної нормативної бази з міжнародними рекомендаціями у безпеці та архітектурному плануванні АЕС, включно з Паризькою угодою та Європейськими стандартами екологічного проектування, а саме пропозиції щодо включення у ДБН, ВБН, ДСТУ прямих посилань на:

- SSR-2/1 (МАГАТЕ) — це головний міжнародний документ, який визначає, як має бути запроектована безпечна атомна електростанція.

У ньому прописані базові і обов'язкові вимоги до: фізичного бар'єрного захисту, систем безпеки, конструкцій та обладнання, реакторної установки, архітектурно-планувальних рішень з урахуванням безпеки, захисту від внутрішніх і зовнішніх подій, апобігання аваріям і пом'якшення їх наслідків.

- SSG-64 (МАГАТЕ) — це керівництво серії стандартів безпеки МАГАТЕ, що містить рекомендації щодо проектування електричних систем живлення атомних електростанцій. Документ визначає принципи резервування, незалежності, селективності та надійності електроживлення, необхідні для гарантованого функціонування систем безпеки під час нормальної експлуатації, порушень та аварійних режимів.

- ENSREG Stress Tests Criteria — це набір вимог, за якими кожна АЕС в Європі має проходити перевірку на витривалість у надзвичайних ситуаціях. Перевіряють, чи зможе станція зберегти безпеку, якщо одночасно відбудуться сильні природні катаклізми, тривале знеструмлення, відмова систем охолодження тощо.

- WENRA Safety Reference Levels — це набір гармонізованих вимог та критеріїв, які визначають мінімальний прийнятний рівень ядерної безпеки для досі чинних, нових та проєктованих атомних електростанцій у Європі. SRLs використовуються як орієнтир для національних ядерних регуляторів з метою: підвищення та уніфікації стандартів безпеки, оновлення національних норм, оцінки безпеки діючих АЕС.

- EUR (European Utility Requirements) — типові вимоги до проектування нових енергоблоків. — це документ, у якому європейські оператори АЕС визначили, яким повинен бути сучасний безпечний, ефективний і економічно вигідний енергоблок.

- ДСТУ EN 17632-1:2024 (BIM) — це український національний стандарт, гармонізований з європейським EN 17632-1, який регламентує вимоги до інформаційного моделювання будівель (BIM) на національному та проектному рівнях. Це стандарт, який визначає як організувати, управляти та узгоджувати інформацію у будівельних проєктах, що використовують BIM.

- чинних норм радіаційної, санітарної, пожежної та екологічної безпеки.

На основі дисертації запропоновано оновлення нормативних документів такими пунктами:

1. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій»

Пропозиція 1. Розділ 7 «Виробничі території» п. 7.2 «Формування і планування виробничих територій» *доповнити новим підпунктом 7.2.17*

«7.2.17. Території об'єктів ядерної енергетики (АЕС) повинні формуватися з обов'язковим виділенням таких функціональних зон:

- виробничої (реакторні та допоміжні об'єкти);
- адміністративно-побутової;
- рекреаційної зони персоналу;
- відвідувально-інформаційної (візит-центр);
- інженерно-складської;
- транспортно-логістичної.

Не допускається суміщення рекреаційних та адміністративних зон із зонами підвищеного шумового, теплового чи радіаційного впливу.»

Пропозиція 2. Розділ 7 «Ландшафтні та рекреаційні території» п. 8.1 «Мережа ландшафтних та рекреаційних територій» *доповнити пунктом 8.1.4.*

«8.1.4. На територіях АЕС обов'язковим є формування зелених захисних смуг та буферних ландшафтних зон між технологічними та адміністративно-рекреаційними частинами з урахуванням психологічного комфорту персоналу.»

2. ДБН В.1.2-4:2019 «Система надійності та безпеки в будівництві. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту»

Пропозиція 3. Розділ 6 «Планування та забудова населених пунктів, розміщення об'єктів, будівництва та місцевості» п. 6.3 «Розміщення атомних енергетичних об'єктів» *доповнити пунктом 6.3.4.*

«6.3.4. При проєктуванні та реконструкції атомних електростанцій має передбачатися можливість підземного або напівпідземного розміщення:

- реакторних відсіків;
- дизель-генераторних станцій;
- систем аварійного управління;
- резервних командних пунктів;
- захищених систем водо- та паливозабезпечення.»

Пропозиція 4. *додати пункт 6.3.5.*

«6.3.5. Територія АЕС повинна формуватися з урахуванням багаторівневої системи захисту, що включає:

- периметрові зони з різними рівнями доступу;
- standoff-зону не менше 50 м від критичних споруд;
- природні та штучні захисні бар'єри (вали, реветменти).»

3. НП 306.2.245-2024 «Загальні положення безпеки атомних станцій»

Пропозиція 5. Розділ 4 «Фундаментальні принципи безпеки АС» п.1 «Культура безпеки» *доповнити пунктом 4:*

«4. Архітектурно-планувальні рішення атомних електростанцій повинні враховувати соціальні, психологічні та комунікаційні аспекти функціонування об'єкта як складову загальної системи безпеки»

Пропозиція 6. *доповнити пунктом 5.*

«5. Не допускається проектування архітектурних рішень АЕС без урахування принципів гуманізації виробничого середовища та психологічного комфорту персоналу.»

4. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення»

Пропозиція 7. Розділ 5 «Об'ємно-планувальні рішення» п. 5.1 «Адміністративні будинки приміщення» доповнити пунктом 5.1.5 «Адміністративно-побутові приміщення промислових підприємств» доповнити підпунктом 5.1.5.1.

«5.1.5.1. У складі адміністративно-побутових корпусів АЕС обов'язковими є приміщення психологічної підтримки та відновлення персоналу, зокрема:

- сенсорні кімнати;
- кімнати короткочасного сну;
- приміщення психологічного розвантаження;
- спортивні та рекреаційні зали.»

5. ДСТУ 7251:2011 «Дизайн і ергономіка. Вимоги дизайну та ергономіки. Номенклатура та порядок вибору»

Пропозиція 8. Розділ 4 «Основні положення» доповнити положенням 4.11:

«4.11 Архітектурні та інтер'єрні рішення АЕС повинні відповідати ергономічним та психофізіологічним вимогам до робочого та відновлювального середовища з використанням нетоксичних матеріалів, спокійної кольорової гами та регульованого освітлення.»

6. ВБН В.1.1-034-2003. (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003) «Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами»

Пропозиція 9. доповнити розділ щодо евакуації

«Шляхи евакуації персоналу АЕС повинні формуватися як захищені, безперервні пішохідні маршрути з урахуванням можливих сценаріїв аварійного та воєнного характеру.»

7. ДСТУ EN 17632-1:2024 «Будівельне інформаційне моделювання (BIM). Семантичне моделювання та пов'язування (SML). Частина 1. Загальні шаблони для моделювання (EN 17632-1:2022, IDT)»

Пропозиція 10. Розділ 6 «Проектна координація» *доповнити пунктом 6.7*

«6.7. Архітектурно-планувальні рішення АЕС повинні виконуватися виключно в межах координаційної BIM-моделі з обов'язковим моделюванням евакуації, інженерних колізій, сценаріїв надзвичайних ситуацій та психологічного комфорту персоналу.»

Висновки до третього розділу

1. Визначено принципи архітектурно-планувальної організації атомної електростанції (принцип функціонально-технологічного розподілу, принцип багаторівневого захисту, принцип зручності обслуговування, принцип гнучкості, принцип комплексної безпеки, принцип гуманізації архітектурного середовища АЕС).

2. Розглянуто перспективи впровадження підземних АЕС в Україні, де атомна енергетика є базовою складовою енергосистеми, а ризики воєнних атак на енергетичну інфраструктуру залишаються високими, підземне будівництво може стати стратегічним напрямом розвитку. Зокрема, перспективними є такі рішення: часткове заглиблення нових реакторних корпусів у стійких скельних породах; створення підземних сховищ відпрацьованого ядерного палива; розміщення систем аварійного охолодження та управління у захищених кавернах.

3. Розглянуто архітектурно-планувальні рішення атомних електростанцій з точки зору гуманізації простору та психологічного комфорту персоналу, що підтверджує необхідність інтеграції соціальних, ергономічних та комунікаційних аспектів у проектування АЕС.

4. Визначено принципи розташування зон відпочинку та релаксації: доступність і близькість до робочих місць, диференціація за рівнями доступу

персоналу, ізоляція від шуму та вібрацій, оптимізація природного та штучного освітлення.

5. Сформовано типологію зон релаксації, включно з сенсорною кімнатою, кімнатою сну, кімнатою психологічного розвантаження, спортзалом, кімнатою дозвілля, приміщенням для індивідуальної роботи та відеозв'язку, а також медичним пунктом.

6. Розроблено рекомендації щодо внутрішнього оформлення приміщень: кольорова палітра, освітлення, матеріали, меблі та рослинність, що сприяють відновленню психоемоційного стану персоналу та підвищенню ефективності роботи.

7. Запропоновано інтеграцію зон релаксації в просторову організацію АЕС з урахуванням безпеки, функціональної доступності та зв'язку з адміністративними, виробничими та зовнішніми просторами станції.

8. В межах експериментального проєктування автор здійснив апробацію наукових досліджень через створення ескізних рішень для зон відпочинку та фасадів енергоблоків Хмельницької АЕС, що підтверджує практичну доцільність запропонованих рішень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі було виконано комплексне дослідження архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій (АЕС) у світовому та вітчизняному контексті. Результати дослідження дозволили отримати нові наукові положення й практичні рекомендації, що відповідають поставленим завданням.

1. Визначено фактори, які впливають на проєктування атомних електростанцій. Доведено, що архітектурно-планувальна організація АЕС формується під впливом широкого кола зовнішніх та внутрішніх факторів. Серед ключових — природно-кліматичні, соціально-економічні, містобудівні, інженерно-технологічні, санітарно-гігієнічні, екологічні, архітектурно-планувальні та об'ємно-просторові. На сучасному етапі значну роль відіграють глобальні виклики: підвищення вимог до безпеки, впровадження модульних реакторів нового покоління, екологічні обмеження, а також формування позитивного соціального образу АЕС.

2. Сформовано класифікацію будівель і споруд АЕС за функціональною та ієрархічною ознаками: основні виробничі об'єкти (ядро АЕС: реакторний відділ, турбінний зал, системи охолодження); допоміжні виробничі споруди; загальностанційні інженерні об'єкти; соціально-побутова інфраструктура; захисні та спеціальні споруди. Композиційні домінантами архітектурно-просторової структури АЕС є реакторні та турбінні корпуси, а також системи охолодження (градирні, бризкальні басейни), які визначають візуальний образ промислового комплексу в ландшафті.

3. Встановлено типологічні особливості основних виробничих будівель та споруд атомних електростанцій. Розроблено типологію енергоблоків за конструктивною схемою (компактні, роздільні, модульні), планувально-просторовою структурою (радіальна, блокована, лінійна, дзеркальна, центральна), типом реактора та рівнем індустріалізації. Окремо систематизовано різновиди систем охолодження (градирні, бризкальні басейни, водосховища-

охолоджувачі). Це забезпечує універсальність підходу до проектування й дає можливість оптимізувати функціонально-просторову організацію АЕС залежно від природних та технологічних умов.

4. Визначено принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій: принцип функціонально-технологічного розподілу; принцип багаторівневого захисту; принцип експлуатаційної зручності; принцип гнучкості; принцип комплексної безпеки; принцип гуманізації архітектурного середовища АЕС. Запропоновано прийоми реалізації зазначених принципів архітектурно-планувальними та інженерно-технічними засобами.

5. Проаналізовано просторово-планувальні рішення захисних споруд, систем безпеки та заходи підвищення стійкості АЕС до надзвичайних ситуацій техногенного й воєнного характеру. Запропоновано архітектурно-інженерні прийоми захисту вітчизняних АЕС.

6. Запропоновано шляхи реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС здійснюється шляхом формування позитивного сприйняття зовнішнього вигляду АЕС. Визначено прийоми реалізації принципу гуманізації архітектурного середовища АЕС, а саме: просторово-планувальні, інженерно-технічні, комунікаційно-інформативні, архітектурно-композиційні, естетично-рекреаційні. Особливу увагу приділено формуванню позитивного соціального образу АЕС шляхом модернізації архітектури АЕС, а саме: формування сучасної композиції фасадів, розширенням соціальної інфраструктури (візит-центри, ландшафтні та рекреаційні простори, громадські та культурні центри) та створення рекреаційних зон для персоналу АЕС.

7. Надано практичні рекомендації щодо вдосконалення архітектурно-планувальних рішень АЕС зон відпочинку й релаксації з персоналу АЕС. Систематизовано зони відпочинку й релаксації для працівників: сенсорні кімнати, кімнати сну, зали для психологічного розвантаження, спортивні приміщення, кімнати дозвілля та індивідуальної роботи, медичні пункти. Визначено принципи їхнього просторового розташування (доступність, ізоляція

від шумних зон, інтеграція з побутовою інфраструктурою). Запропоновані рішення спрямовані на зниження рівня стресу та підвищення продуктивності праці персоналу.

8. Надано рекомендації для внесення змін/доповнень до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», ДБН В.1.2-4:2019 «Система надійності та безпеки в будівництві. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту», НП 306.2.245-2024 «Загальні положення безпеки атомних станцій», ДБН В.2.2 «Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти. Зі Зміною № 1», ДСТУ 7251:2011 «Дизайн і ергономіка. Вимоги дизайну та ергономіки. Номенклатура та порядок вибору», ВБН В.1.1-034-2003 (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003) «Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами», ДСТУ EN 17632-1:2024 «Будівельне інформаційне моделювання (BIM). Семантичне моделювання та пов'язування (SML). Частина 1. Загальні шаблони для моделювання (EN 17632-1:2022, IDT)».

9. Засвідчено, що отримані результати щодо архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій мають розглядатися у комплексі технічних, містобудівних, соціально-психологічних та естетичних факторів. Таким чином, робота створює цілісну наукову основу для подальшого розвитку архітектурних підходів до проектування різних видів атомних електростанцій (мікрореактори, малі модульні реактори (SMR), підземні або частково підземні АЕС, традиційні великі надземні АЕС), що поєднують безпеку, функціональність та гуманізацію промислового середовища.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурлака Ю. Об'ємно-просторова композиція головних корпусів атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2025. № 72. С.307–317.
2. Ковальська Г., Бурлака, Ю. Гуманізація архітектурного образу атомних електростанцій. *Просторовий розвиток*. № 15. С. 14-25.
3. Ковальська Г., Бурлака Ю. Особливості архітектури атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, 2024. № 68. С. 280–292.
4. Бурлака Ю. Фактори та принципи, що впливають на формування функціонально-планувальної організації атомних електростанцій. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2024. № 30-31. С. 142–149.
5. Бурлака Ю. Особливості застосування ВІМ-технологій у будівництві та архітектурі атомних електростанцій в Україні. *Просторовий розвиток*. 2025. № 13. С. 53–68.
6. Бурлака Ю. Особливості формування міст-супутників Атомних електростанцій. *Містобудування: проблеми і перспективи розвитку* : тези доп. п'ятої науково-практ. конф., м. Київ, 25 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 21 (53 с.)
7. Ковальська Г., Бурлака Ю. Будівництво АЕС з реакторами нового покоління. *Програма та тези доповідей. Архітектура та Будівництво: Відновлення України. Наука, Технологія, Практика* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 17–18 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 186–187.
8. Ковальська Г., Бурлака Ю. Впровадження ВІМ-технологій у будівництво та проектування атомних електростанцій. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн : Технологія, Енергетика, Менеджмент* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 16–17 жовт. 2024 р. Київ, 2024. С. 212–213.
9. Ковальська Г., Бурлака Ю. Роль енергетичної промисловості у відновленні України. *Філософія науки, техніки і архітектури в гуманістичному*

виміри : Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф. Частина II, м. Київ, 10–11 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 84-86 (192 с.)

10. Ковальська Г., Бурлака Ю. Технополіси та технопарки як інноваційні простори. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 15–16 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 215 (568 с.)

11. Бурлака Ю. Основні особливості міст-супутників АЕС. *Проблеми і методи відновлення і розвитку архітектурномістобудівного середовища в Україні: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої до 95-річчя КНУБА, до 35-річчя кафедри дизайну архітектурного середовища, до 35-річчя кафедри теорії архітектури і архітектурного проектування та співпраці з кафедрою міського дизайну та планування Технічного університету Дармиштадта (9 квітня 2025 року, м. Київ).* – Київ: КНУБА, 2025. – 79 с. (с.56)

12. Бурлака Ю., Ковальська Г. Вітчизняний досвід фасадних рішень АЕС: еволюція та сучасні підходи. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 24–25 листоп. 2025 р. Київ, 2023. С. 265-266.

13. Бурлака Ю., Ковальська Г. Досвід проектування підземних атомних електростанцій. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17.

14. Атомна електростанція // Велика українська енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Атомна_електростанція (дата звернення: 22.11.2025).

15. АЕС нового покоління // Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-4/part-1/section-7/7-1> (дата звернення: 06.10.2025).

16. Про затвердження Загальних вимог до безпеки атомних станцій : наказ Державної інспекції ядерного регулювання України від 19.04.2019 № 83. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-19> (дата звернення: 23.12.2024).

17. Реакторна установка ВВЕР-1000 : технічні характеристики та особливості конструкції // НАЕК «Енергоатом». URL: <https://www.energoatom.com.ua> (дата звернення: 07.11.2025).
18. Зона спостереження // Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/10694> (дата звернення: 23.01.2025).
19. Каверна // Енциклопедія сучасної України. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=12006 (дата звернення: 27.01.2026).
20. Корпусний ядерний реактор // Вікіпедія : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Корпусний_ядерний_реактор (дата звернення: 02.02.2025).
21. Гермооболонка : Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0> (дата звернення: 11.03.2024).
22. Advanced Small Modular Reactors (SMRs) // International Atomic Energy Agency. URL: <https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors> (дата звернення: 03.04.2025).
23. Про МАГАТЕ : офіційний вебсайт // Міжнародне агентство з атомної енергії. URL: <https://www.iaea.org/uk/pro-magate> (дата звернення: 04.11.2025).
24. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-вр> (дата звернення: 02.02.2025).
25. Радіоактивні відходи (РАВ) : поводження та безпека // Державне агентство України з управління зоною відчуження. URL: <https://dazv.gov.ua> (дата звернення: 09.07.2025).
26. Киплячий графіто-водний реактор (РВПК) : технологічні особливості // World Nuclear Association. URL: <https://world-nuclear.org> (дата звернення: 03.05.2025).
27. Гідротехнічні споруди. Основні положення : ДБН В.2.4-3:2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 56 с. URL: <https://document.vobu.ua/wp->

<content/uploads/DBN/87.1.-DBN-V.2.4-42010.-Proektuvannya.-Poligoni-zneshko.pdf> (дата звернення: 09.05.2025).

28. Санітарно-захисна зона : наказ МОЗ України від 21.01.2008 № 14. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-08> (дата звернення: 17.10.2025).

29. Енергетична стратегія України на період до 2050 року : розпорядження Кабінету Міністрів України № 373-р від 21.04.2023 р. Київ, 2023.

30. Паризька угода про зміну клімату. Париж, 2015. 27 с.

31. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Брюссель, 2014. 486 с.

32. План відновлення України: енергетичний сектор. Київ : Міністерство відновлення України, 2023. 112 с.

33. IAEA. *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*. GC(69)/INF/9. Vienna : IAEA, 2025. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc69-inf9.pdf> (дата звернення: 27.01.2026).

34. IAEA increases its nuclear growth projections : news // Foronuclear. URL: <https://www.foronuclear.org/en/updates/news/iaea-increases-its-nuclear-growth-projections/> (дата звернення: 06.03.2025).

35. Ядерна енергетика України : стан та перспективи розвитку // World Nuclear Association. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/ukraine.aspx> (дата звернення: 07.03.2025).

36. Heyets V. M., Kirilenko O. V., Basok B. I., Baseyev Ye. T. Energy Strategy: Projections (Review) // *Science and Innovation*. 2024. Vol. 16, № 1. С. 3–12. URL: <https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/scinnua/article/view/5663> (дата звернення: 24.02.2025).

37. Beliakova I. Nuclear energy of Ukraine // *MNPK 2023*. С. 239–240. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/43744/2/MNPK_2023_Beliakova_I-Nuclear_energy_of_Ukraine_239-240.pdf (дата звернення: 12.03.2025).

38. Маркіна Л., Залеська О., Дрогоман І. Сучасні проблеми стану енергетичних станцій // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція

«Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України», ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 5–6 листопада 2024 р. С. 210–213. URL:

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/Zbirnik_Ekol_stalij_rozv_urbosistem_2024.pdf#page=210 (дата звернення: 23.09.2025).

39. Круш К.-К. О. Стан і перспективи підприємств енергетичної галузі // *Київський економічний науковий журнал*. 2025. № 9. С. 149–156. URL: <https://journals.kyumu.kyiv.ua/index.php/economy/article/view/243> (дата звернення: 21.08.2025).

40. Пільгун А. Атомна енергетика в умовах модернізації // *МЕ 2024*. С. 222–225. URL: https://www.wunu.edu.ua/pdf/conference/2024/ME_2024.pdf#page=222 (дата звернення: 16.09.2025).

41. Борисенко В. Розвиток ядерної енергетики в Україні – перспективи та проблеми // Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища (INUDECO 23) : збірник матеріалів VIII Міжнародної конференції (27–28 квітня 2023 р., м. Славутич). Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. С. 10–21. URL: <https://ir.stu.cn.ua/server/api/core/bitstreams/fe0da583-2750-4996-926d-41c0474a2dcd/content#page=10> (дата звернення: 25.11.2024).

42. Азаренко О., Гончаренко Ю., Дівизинюк М., Шевченко Р., Шевченко О. Характеристики об'єктів інфраструктури критичного стану (особливості ядерних та інших стратегічних об'єктів) // *Комунальне господарство міст*. 2023. № 175. С. 160–168. URL: <https://khgts.kname.edu.ua/index.php/khgts/article/view/6092> (дата звернення: 15.03.2025).

43. Elhegazy H., Kamal M. Implementing nuclear power plants (NPPs): state of the art, challenges, and opportunities // *Innovative Infrastructure Solutions*. 2022. Vol. 7. Article 11. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-021-00611-z> (дата звернення: 12.10.2025).

44. Zhang X., Wealer B., Bauer S., Hirschhausen C. v., Kemfert C., Göke L. Investing into third generation nuclear power plants – Review of recent trends and analysis of future investments using Monte Carlo Simulation // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 143. Article 110836. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121001301> (дата звернення: 13.09.2025).
45. Пядишев В. Г. Перспективи забезпечення безпеки атомних електростанцій в Україні від зовнішнього вторгнення під час воєнного стану // *Юридичний науковий електронний журнал*. 2023. № 4. С. 776–780. URL: http://www.lsej.org.ua/4_2023/188.pdf (дата звернення: 03.09.2024).
46. Gorodnov V. P., Malyuga V. G., Golovan O. M., Sukonko S. M. Model of countering the unmanned aerial vehicles by forces and means of military units for nuclear power plants protection // *Honor and Law*. 2019. № 1(68). С. 4–14. URL: <https://chiz.nangu.edu.ua/article/view/172498> (дата звернення: 22.08.2025).
47. Shchyhelska H., Bodnar V. Threats of emergency in nuclear power plants // *MCTD* 2022. С. 99–101. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/37905/2/MCTD_2022_Shchyhelska_H-Threats_of_emergency_99-101.pdf (дата звернення: 10.06.2025).
48. Щигельська Г., Боднар В. Загрози надзвичайних ситуацій на атомних електростанціях в умовах нового етапу російсько-української війни // II Міжнар. наук. конф. «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки». – С. 99–101. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/37905/2/MCTD_2022_Shchyhelska_H-Threats_of_emergency_99-101.pdf (дата звернення: 11.03.2025).
49. Сапельнікова Т. С. Деякі аспекти професіографічного аналізу діяльності операторів атомного енергоблоку // *Global achievements and current trends in the development of science*. – С. 211–214. URL: <https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2024/02/Global-achievements-and-current-trends-in-the-development-of-science.pdf#page=212> (дата звернення: 13.03.2025).

50. Hyvärinen J., Vihavainen J., Ylönen M., Valkonen J. An overall safety concept for nuclear power plants // *Annals of Nuclear Energy*. 2022. Vol. 178. Article 109353. ISSN 0306-4549. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306454922003887> (дата звернення: 27.07.2025).
51. Арас Е. М., Діаконеаса М. А. Критичний погляд на необхідність проведення ймовірнісної оцінки ризиків для атомних електростанцій з урахуванням багатьох небезпек // *Eng*. 2021. Vol. 2. P. 454–467. <https://doi.org/10.3390/eng2040028>. URL: <https://www.mdpi.com/2673-4117/2/4/28> (дата звернення: 21.04.2025).
52. Sadekin S., Zaman S., Mahfuz M., Sarkar R. Nuclear power as foundation of a clean energy future: A review // *Energy Procedia*. 2019. Vol. 160. P. 513–518. ISSN 1876-6102. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219312913> (дата звернення: 16.08.2025).
53. Сяо Х., Лян Дж., Тонг Дж., Ван Х. Методи підтримки прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях для атомних електростанцій: поточний стан, проблеми та майбутні тенденції // *Energies*. 2024. Vol. 17. Article 2439. <https://doi.org/10.3390/en17102439>. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/10/2439> (дата звернення: 23.03.2025).
54. Стамат В., Крижова В. Діяльність атомних електростанцій у контексті забезпечення екологічної безпеки // *DSpace MNAU*. С. 5–7. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/12060/1/5-7.pdf> (дата звернення: 24.03.2025).
55. Беліков А. С. та ін. Підходи до подовження ресурсу біологічного захисту ядерних установок атомних електростанцій України // *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 5 (023). С. 21–29. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/315610> (дата звернення: 25.03.2025).
56. Тарадуда Д. В., Безугла Ю. С., Попов О. О. Щодо нерадіаційної небезпеки атомних електростанцій // *Матеріали Міжнародної науково-*

практичної конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій». С. 312–314. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11411> (дата звернення: 27.01.2026).

57. Бровко К. Ю., Великогорський О. В. Вплив систем освітлення на роботу оперативного персоналу АЕС. С. 49–51. URL: https://eprints.kname.edu.ua/65963/1/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2024_2.pdf#page=50 (дата звернення: 11.03.2025).

58. Iqbal J., Howari F. M., Mohamed A.-M. O., Paleologos E. K. Assessment of radiation pollution from nuclear power plants // In: Mohamed A.-M. O., Paleologos E. K., Howari F. M. (eds.) *Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering*. Butterworth-Heinemann, 2021. P. 1027–1053. ISBN 9780128095829. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128095829000207> (дата звернення: 24.04.2025).

59. Носовський А. В. Щодо перспектив будівництва нових атомних електричних станцій // *NPE Kiev*. С. 3–13. URL: <https://npe.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/15.pdf#page=4> (дата звернення: 27.01.2026).

60. Nosovskyi A. Some issues in the nuclear energy sector of Ukraine // *Nuclear Power and the Environment*. 2020. Vol. 18. P. 5–9. 10.31717/2311-8253.20.3.1. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Anatolii-Nosovskyi/publication/346843724> (дата звернення: 05.07.2025).

61. Yüksel S., Mikhaylov A., Ubay G. G. Factors Causing Delay in the Installation of Nuclear Power Plants // Springer, 2021. P. 75–88. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-76783-9_7 (дата звернення: 23.06.2025).

62. Lu C. et al. Nuclear Power Plants With Artificial Intelligence in Industry 4.0 Era: Top-Level Design and Current Applications—A Systemic Review // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 194315–194332. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3032529. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9233420/> (дата звернення: 07.08.2025).

63. Basu P. C. Site evaluation for nuclear power plants – The practices // *Nuclear Engineering and Design*. 2019. Vol. 352. Article 110140. ISSN 0029-5493. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029549319301475> (дата звернення: 17.06.2025).

64. Devanand A., Kraft M., Karimi I. A. Optimal site selection for modular nuclear power plants // *Computers & Chemical Engineering*. 2019. Vol. 125. P. 339–350. ISSN 0098-1354. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135419300997> (дата звернення: 18.06.2025).

65. Stewart W. R., Shirvan K. Capital cost estimation for advanced nuclear power plants // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 155. Article 111880. ISSN 1364-0321. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121011473> (дата звернення: 20.06.2025).

66. Сенчихін Ю. М., Дендаренко Ю. Ю. Особливості протипожежного захисту атомних електростанцій // *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 143–144. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17553/1/Thesis_PES2023_134-144.pdf (дата звернення: 10.07.2025).

67. Іванова А. С. Поліпшення умов праці та екологічна безпека на атомній електростанції. С. 225–117. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/bitstreams/32c84f4a-12fb-4531-9638-aba3a89cf47d/download> (дата звернення: 02.10.2025).

68. Дутчак М. В. та ін. Базові положення побудови профілактично-оздоровчих програм для працівників атомних електростанцій // *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2019. № 1. С. 81–85. DOI: 10.32652/spmed.2019.1.81-85. URL: <https://doi.org/10.32652/spmed.2019.1.81-85> (дата звернення: 20.11.2024).

69. Васільєва В. В. Особливості оцінки професійно важливих якостей персоналу атомних електростанцій // *WayScience*. 2020. С. 4–13. URL: <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2020/07/Issue----1-5.pdf> (дата звернення: 24.09.2025).
70. Talerko M., Bonchuk Y., Nosovskyi A. Аналіз досвіду зонування території навколо АЕС // *Ядерна та радіаційна безпека*. 2025. № 1(105). С. 35–44. DOI: 10.32918/nrs.2025.1(105).04. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).04) (дата звернення: 27.12.2025).
71. Дмитренко А. Ю. та ін. Big Cities Industrial Territories Revitalization Problems and Ways of Their Solution // *NUPP Repository*. 2020. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/7910> (дата звернення: 27.08.2024).
72. Orlenko M. et al. The influence of ideology on the preservation, restoration and reconstruction of temples in the urban structure // *BazTech*. URL: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-6bac667e-4c19-486a-89e5-a3833be4a1fe> (дата звернення: 21.11.2025).
73. Orlenko O. et al. Ways of revitalization with the restoration of historical industrial facilities in large cities // *International Journal of Computational Science*. 2020. URL: https://ijcs.ro/public/IJCS-20-25_Orlenko.pdf (дата звернення: 27.10.2024).
74. Talerko M. et al. Аналіз досвіду зонування території навколо АЕС // *Ядерна та радіаційна безпека*. 2025. № 1(105). С. 35–44. DOI: 10.32918/nrs.2025.1(105).04. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).04) (дата звернення: 27.10.2025).
75. Дьомін М., Івашко О., Ковальська Г., Кащенко О. Ревіталізація промислових територій великих міст // *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation*. 2020. № 61. С. 31–34. URL: <https://bibliotekanauki.pl/articles/217822.pdf> (дата звернення: 07.09.2025).
76. Булах І., Смілка В. The use of various materials in the formation of architectural space // *AIP Conference Proceedings*. 2022. Vol. 2490, № 1. URL:

<https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2490/1/060007/2928279> (дата звернення: 07.03.2026).

77. Kovalska G., Bulakh I., Didichenko M., Kozakova O., Chala O. Higher education institutions energy efficient methods of functional planning solution // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 280. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/56/e3sconf_icsf2021_04013/e3sconf_icsf2021_04013.html (дата звернення: 07.08.2025).

78. Білошицька Н., Татарченко Г. Архітектурно-планувальні особливості формування виробничих середовищ // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2023. № 66. С. 132–141. URL: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/286229> (дата звернення: 07.04.2025).

79. Брідня Л. Ю. Принципи і прийоми естетично-образної трансформації при реконструкції історичних промислових будівель під громадську функцію // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. № 63. С. 252–267. DOI: 10.32347/2077-3455.2022.63.252-267. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.252-267> (дата звернення: 07.09.2025).

80. Bridnia L. Analysis of the experience of renovating industrial enterprises into hotels in China // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 237. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123704007> (дата звернення: 07.03.2025).

81. Кравченко І. Л., Познякова І. О. Архітектура поліфункціональних виробничих комплексів з переробки луб'яних культур // *Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects : тези доп. 8-ї міжнар. наук.-практ. конф.* Берлін, 23–25 січ. 2022 р. Berlin: MDPC Publishing, 2022. С. 321–326. URL: <https://sci-conf.com.ua/> (дата звернення: 07.11.2024).

82. Кравченко І. Learning landscape – навчальний ландшафт як структурно-функціональна складова формування архітектури закладів неформальної освіти // *Містобудування та територіальне планування*. 2023. № 84. С. 181–192. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.181-192. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.181-192> (дата звернення: 09.12.2025).

83. Дорохіна Г., Ляшук А. Містобудівні та архітектурні особливості міст-супутників спеціалізованих промислових комплексів на прикладі атомних електростанцій в Україні // *Просторовий розвиток*. 2025. № 15. С. 74–88. URL: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2515.pdf> (дата звернення: 07.012.2025).

84. Дорохіна Г. І., Ляшук А. С. Архітектурно-планувальні рішення високотехнологічних промислових споруд з урахуванням безпекових загроз ззовні // *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2025. № 19. С. 122–129. URL: https://www.axi-pnam.com.ua/images/Csa/AxiPnam19_13.pdf (дата звернення: 07.11.2025).

85. Merylova I. Revitalizing industrial territories in Ukraine: Spatial model of the tourism cluster in the Prydniprovsk region // *Frontiers of Architectural Research*. 2024. Vol. 13, Issue 6. P. 1342–1362. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.05.003> (дата звернення: 20.11.2024).

86. Мерилова І. Промислові території міста Дніпра: стратегія перетворення на рекреаційні активи // *Просторовий розвиток*. 2024. № 7. С. 87–101. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.87-101. URL: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.87-101> (дата звернення: 17.09.2025).

87. Мазур Т., Король Є. Напрямки містобудівного розвитку інноваційних виробничих територій (на прикладі Львова) // *Містобудування та територіальне планування*. 2021. № 77. С. 320–334. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.77.320-334. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.320-334> (дата звернення: 07.08.2025).

88. Фоменко О. Впровадження ергономічних рішень для створення інклюзивного середовища // *Art and Design*. 2024. № 4. С. 180–189. URL: <https://jrnl.knutd.edu.ua/index.php/artdes/article/view/1722/1599> (дата звернення: 11.10.2025).

89. Кононенко Г. Ю., Фоменко О. О. Критерії та рівні оцінки візуальних якостей штучного освітлення відкритих публічних просторів // *Архітектурний*

вісник КНУБА. 2022. № 24–25. С. 57–66. URL: <https://av.knuba.edu.ua/article/view/266862/264070> (дата звернення: 17.11.2024).

90. International Atomic Energy Agency. *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*. Vienna: IAEA, 2023. URL: <https://www.iaea.org/publications/15487/energy-electricity-and-nuclear-power-estimates-for-the-period-up-to-2050> (дата звернення: 07.09.2025).

91. *World Nuclear Performance Report 2024*. London: World Nuclear Association, 2024. URL: <https://world-nuclear.org/images/articles/World-Nuclear-Performance-Report-2024.pdf> (дата звернення: 09.08.2025).

92. Островська О.О. Проблеми ядерної безпеки України // *Проблеми ядерної безпеки сучасного світу і України*. 2023. С. 131-138. URL: https://ivinas.gov.ua/publikatsiji/download/296_3328ed1dc9f0ee3c92bfa5ce6f2b4bab.html (дата звернення: 08.01.2025).

93. *Statistical Review of World Energy 2023*. 72nd ed. Energy Institute, 2023. 60 р. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> (дата звернення: 26.09.2024).

94. *Electricity 2024*. International Energy Agency (IEA). Paris: IEA, 2024. 172 р. URL: <https://www.iea.org/reports/electricity-2024> (дата звернення: 07.08.2025).

95. Warner, E., Heath, G. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Electricity Generation // *Journal of Industrial Ecology (J IND ECOL)*. 2012. Vol. 16. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00472.x. URL: <https://www.researchgate.net/publication/239769092> (дата звернення: 01.03.2025).

96. Микола П. К. Відновлювані джерела енергії та їх використання для систем розподіленої генерації. *Відновлювані джерела енергії та їх використання для систем розподіленої генерації*. 2025. №9 С.65-71. URL: <https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/visnyk/article/view/22411/20923> (дата звернення: 14.09.2025).

97. Байдала В., Нагорний В. Дослідження ефективності та перспектив розвитку вітрової енергетики у світі // *Економіка та суспільство*. 2023. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-55-83. URL:

https://www.researchgate.net/publication/375530308_DOSLIDZENNA_EFEKTIVNOSTI_TTA_PERSPEKTIV_ROZVITKU_VITROVOI_ENERGETIKI_U_SVITI

(дата звернення: 07.11.2025).

98. Плохій С. *Атоми і попіл: глобальна історія ядерних катастроф*. Київ: Наш Формат, 2024. 198 с. URL: <https://nashformat.ua/products/atomy-i-popil-hlobalna-istoriya-yadernyh-katastrof-934526> (дата звернення: 08.11.2025).

99. *Аварія на АЕС Три-Майл-Айленд: технічний опис події*. Комісія ядерного регулювання США (NRC). URL: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html> (дата звернення: 10.11.2025).

100. Причини та масштаби аварії. *Чорнобильська АЕС*. URL: https://chnpp.gov.ua/ua/?option=com_content&view=article&id=175&Itemid=79&lang=uk (дата звернення: 03.10.2025).

101. *The Fukushima Daiichi Accident: Report by the Director General*. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2015. 212 p. URL: <https://www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident> (дата звернення: 05.03.2025).

102. International Atomic Energy Agency. *Управління відпрацьованим ядерним паливом: технічний звіт*. Відень: IAEA, 2025. 56 с. URL: <https://www.iaea.org/publications/15919/management-of-spent-fuel-from-nuclear-power-reactors> (дата звернення: 07.08.2025).

103. *Сьома національна доповідь України про виконання зобов'язань за Об'єднаною конвенцією про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами / Державна інспекція ядерного регулювання України*. Київ, 2023. 148 с. URL: <https://snriu.gov.ua/news/nacionalna-dopovid-ukraini-pro-vikonannya-zobovyazan-za-obyednanoyu-konvenciyeyu-2023> (дата звернення: 05.03.2025).

104. *Наказ про затвердження "Основних положень забезпечення безпеки проміжних сховищ відпрацьованого ядерного палива сухого типу".* Державний комітет ядерного регулювання України. 2004. №198 15с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0049-05#Text> (дата звернення: 16.11.2025).

105. *Radioactive Waste Management Overview.* Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2020. URL: <https://www.iaea.org/topics/radioactive-waste-management> (дата звернення: 07.07.2025).

106. *Nuclear Decommissioning Market Set to Boom /* International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/bulletin/nuclear-decommissioning-market-set-to-boom> (дата звернення: 23.05.2025).

107. *Cost Estimation for Decommissioning /* OECD/NEA. URL: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14502/cost-estimation-for-decommissioning (дата звернення: 12.04.2025).

108. Науково-технічний журнал. *Ядерна енергетика та довкілля.* 2020. №3 URL: https://ukrns.org/images/activity/nuclear_power_and_the_environment/N318.pdf (дата звернення: 27.08.2025).

109. *Національна енергетична стратегія до 2050 року /* Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Київ, 2023. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya-0> (дата звернення: 24.11.2025).

110. *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements.* World Nuclear Association, 2024. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme> (дата звернення: 01.07.2025).

111. *Integrated Waste Management System for Spent Nuclear Fuel.* OSTI.GOV. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21192983> (дата звернення: 07.09.2025).

112. Sutharshan, B., Mutyala, M., Vijuk, R., Mishra, A. The AP1000™ Reactor: Passive Safety and Modular Design. *Energy Procedia*, 2011. Vol. 7, pp. 293–

302. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.06.038. URL: https://www.researchgate.net/publication/251712549_The_AP1000TM_Reactor_Passive_Safety_and_Modular_Design (дата звернення: 24.07.2024).
113. *Advanced Boiling Water Reactor (ABWR): Design Description* / Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. URL: <https://www.hitachi-hgne.co.jp/en/download/abwr.pdf> (дата звернення: 15.04.2025).
114. *Nuclear Reactor Types* / The Institution of Engineering and Technology (IET). URL: <https://www.theiet.org/media/8809/nuclear-reactor-types.pdf> (дата звернення: 16.04.2025).
115. *Design Description and Comparison of Design Differences: APR1400* / OECD Nuclear Energy Agency (NEA). URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400-01%20Design%20Description%20and%20Comparison%20of%20Design%20Differences.pdf> (дата звернення: 19.04.2025).
116. *CANDU Nuclear Power Plant Layout and Civil Design* / Canteach (CANDU). URL: <https://canteach.candu.org/Content%20Library/20100100.pdf> (дата звернення: 25.04.2025).
117. Nuclear Power in 2023 NEA Activities by Sector General Information. *NEA Annual Report*. 2023. 123с. URL: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_98068/2023-nea-annual-report (дата звернення: 16.03.2025).
118. *IPCC, 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2022. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (дата звернення: 27.09.2025).
119. Jobs in Nuclear Energy. Nuclear Energy Institute. URL: <https://www.nei.org/advantages/jobs> (дата звернення: 25.09.2025).
120. Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants. Vienna : International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/publications/12331/human-factors-engineering-in-the-design-of-nuclear-power-plants> (дата звернення: 29.08.2025).

121. Про затвердження Порядку проведення державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки : постанова Кабінету Міністрів України від 18.07.2011 № 1270. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1270-2011-%D0%BF> (дата звернення: 11.06.2025).

122. Managing Human Performance to Improve Nuclear Facility Operation. Vienna : International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1738_web.pdf (дата звернення: 11.07.2025).

123. AP1000 PWR. Westinghouse Electric Company : офіційний вебсайт. URL: <https://westinghousenuclear.com/new-plants/ap1000-pwr/> (дата звернення: 19.08.2025).

124. Nuclear safety and risk governance. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/18626033.2024.2463196> (дата звернення: 16.07.2025).

125. Звіт про атомну енергетику в Україні. Heinrich Böll Stiftung, Екодія. URL: https://ua.boell.org/sites/default/files/2025-08/ukr_zvit-pro-atomnu_bollya-ekodiya_2025.pdf (дата звернення: 11.10.2025).

126. Hanul Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hanul_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 07.07.2025).

127. Paluel Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Paluel_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 10.07.2025).

128. Palo Verde Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Palo_Verde_Nuclear_Generating_Station (дата звернення: 11.07.2025).

129. Bruce Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Bruce_Nuclear_Generating_Station (дата звернення: 15.09.2025).

130. Gravelines Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gravelines_Nuclear_Power_Station (дата звернення: 09.05.2025).

131. Ohi Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ohi_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 08.05.2025).

132. Fukushima Daini Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_Daini_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 10.06.2025).

133. Cattenom Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cattenom_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 02.09.2025).

134. Zaporizhzhya Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zaporizhzhia_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 01.03.2025).

135. Rivne Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Rivne_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 09.06.2025).

136. South Ukraine Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/South_Ukraine_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 12.12.2025).

137. Khmelnytsky Nuclear Power Plant : technical data. *Вікіпедія*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Khmelnytskyi_Nuclear_Power_Plant (дата звернення: 14.12.2025).

138. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1995. № 12. Ст. 81. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр> (дата звернення: 16.11.2025).

139. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання : Закон України від 14.01.1998 № 15/98-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1998.

№ 22. Ст. 115. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-вр> (дата звернення: 16.11.2025).

140. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : державні гігієнічні нормативи. Київ : МОЗ України, 1998. 198 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98> (дата звернення: 16.11.2025).

141. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005) : наказ МОЗ України від 02.02.2005 № 54 // Офіційний вісник України. 2005. № 23. Ст. 1322. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05> (дата звернення: 19.11.2025).

142. Загальні положення безпеки атомних станцій (ЗПБ АС) : наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 19.11.2007 № 162. Офіційний вісник України. 2008. № 9. Ст. 226. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-08> (дата звернення: 24.11.2025).

143. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2019. Чинний від 2019-10-01. Київ : Мінрегіон України, 2019. 195 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0104858-19> (дата звернення: 26.11.2025).

144. Про затвердження Загальних правил радіаційної безпеки використання джерел іонізуючого випромінювання у медицині : *наказ МНС та МОЗ України від 16.02.2017 № 51/151* // Офіційний вісник України. 2017. № 23. Ст. 675. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0636-17> (дата звернення: 04.10.2025).

145. **Вимоги щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції** : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.10.2011 № 1343 // Офіційний портал Верховної Ради України. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1343-11#Text> (дата звернення: 11.07.2025).

146. Забезпечення радіаційної безпеки. Порядок встановлення розмірів санітарно-захисної зони АЕС : СОУ НАЕК 023:2014. URL: <file:///D:/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/sou-naek-0232014-zabezpecennia-radiaciiinoyi-bezpek-poriadok-vstanovlennia-rozmiriv-sanitarno-zaxisnoyi-zoni-aes.pdf> (дата звернення: 11.08.2025).

147. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Vienna : International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency> (дата звернення: 11.05.2025).

148. Planning Zones for Nuclear Emergency Preparedness and Response. Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung. URL: <https://www.nuklearesicherheit.de/en/nuclear-emergency-preparedness-and-response/preparing-for-an-emergency/planning-zones/> (дата звернення: 11.11.2025).

149. *Petition for Rulemaking to Improve Emergency Planning Regulations (10 C.F.R. 50.47)* : U.S. Nuclear Regulatory Commission. URL: <http://www.nirs.org/reactorwatch/emergency/petitionforrulemaking22012.pdf> (дата звернення: 22.09.2025).

150. *Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій* : НАПБ Б.01.014-2007. Київ : Держатомрегулювання України, 2007. 42 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1039-07#Text> (дата звернення: 07.07.2025).

151. *International Atomic Energy Agency (IAEA) : офіційний вебсайт*. URL: <https://www.iaea.org> (дата звернення: 24.09.2025).

152. Пп Державні будівельні норми України залізниці колії 1520 мм. ДБН В.2.3-19:2018. 131с. URL: [https://mtu.gov.ua/files/%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.3-19-202%D0%A5_%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%96_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%97_1520_%D0%BC%D0%BC_\(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80.1%D1%80%D0%B5%D0%B4_08.02.2024\)%20\(1\).pdf](https://mtu.gov.ua/files/%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.3-19-202%D0%A5_%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%96_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%97_1520_%D0%BC%D0%BC_(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80.1%D1%80%D0%B5%D0%B4_08.02.2024)%20(1).pdf) (дата звернення: 17.10.2024)

153. Olkiluoto 3 – Basic Facts. TVO. URL: <https://www.tvo.fi/uploads/File/OL3perustiedot-ENG%281%29.pdf> (дата звернення: 13.12.2024).

154. Hinkley Point C–Workers Accommodation Campuses IBIBI. *Constructing Excellence*. 2019. URL: <https://constructingexcellence.org.uk/hinkley-point-c-workers-accommodation-campuses/> (дата звернення: 14.11.2024).

155. Дюфо П. *Безпечні атомні електростанції будуть побудовані під землею. Підземний простір: розширення кордонів : матеріали міжнар. конф. (м. Афіни, 10–13 верес. 2007 р.)*. Афіни, 2007. С. 207–212. URL: https://www.ecolo.org/documents/documents_in_french/G4-souterrain-duffaut-athenes-2007.pdf (дата звернення: 23.07.2025).

156. Мір К. Я. *«Шведська лінія» (Den svenska linjen)*. URL: <https://historia.vattenfall.se/stories/fran-vattenkraft-till-solceller/den-svenska-linjen> (дата звернення: 05.11.2025).

157. Оберт Р.К., Лі К.Ф. *«Підземне розміщення атомної електростанції Канду»*. Доповідь, представлена на Міжнародному симпозиумі ISRM – Rockstore 80, Стокгольм, Швеція, червень 1980 року. URL: <https://onepetro.org/ISRMROCKSTORE/proceedings-abstract/ROCKSTORE80/All-ROCKSTORE80/ISRM-Rockstore-1980-091/43694> (дата звернення: 07.12.2024).

158. Бюлетен магате міжнародне агентство з атомної енергії. *MYRRHA: система для поводження з радіоактивними відходами на базі прискорювача*. 2022. № 63-2. С.30 URL: <https://www.iaea.org/ru/bulletin/myrrha-cistema-dlya-obrashcheniya-s-radioaktivnymi-othodami-na-baze-uskoritelya> (дата звернення: 24.11.2024).

159. *Олімпійський печерний зал Гьовіка (Gjøvik Olympic Cavern Hall)*. URL: <https://visitostnorge.no/listing/gj%C3%B8vik-olympic-cavern-hall/63783301/> (дата звернення: 05.11.2025).

160. Віллет Д. *Розміщення підземної атомної електростанції після Три-Майл-Айленд*. Інформаційний бюлетень USNC Tunnelling Technology. 1980. № 29. С. 1. URL: <https://www.nrc.gov/> (дата звернення: 07.01.2026).

161. *Management of Human Resources in Nuclear Power Plants*. Vienna : International Atomic Energy Agency (IAEA), 2020. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1947_web.pdf (дата звернення: 11.04.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Бурлака, Ю. (2025). Об'ємно-просторова композиція головних корпусів атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (71), 307–317. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.307-317>.
2. Ковальська, Г., Бурлака, Ю. (2025). Гуманізація архітектурного образу атомних електростанцій. *Просторовий розвиток*, (15), 14-25. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.14-25>.

Особистий внесок здобувача: збір, аналіз та обробка інформації і участь у формулюванні основних висновків щодо методів гуманізації та естетизації промислового середовища АЕС для підвищення довіри громадськості та інтеграції об'єкта в суспільне життя.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

3. Ковальська, Г., Бурлака, Ю. (2024). Особливості архітектури атомних електростанцій. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (68), 280–292. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.280-292>.

Особистий внесок здобувача: збір, аналіз та обробка інформації і участь у формулюванні основних висновків щодо особливостей архітектури атомних електростанцій в Україні та світі.

4. Бурлака, Ю. (2024). Фактори та принципи, що впливають на формування функціонально-планувальної організації атомних електростанцій. *Архітектурний вісник КНУБА*, (30-31), 142-149. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2024.30-31.142-149>.

5. Бурлака, Ю. (2025). Особливості застосування вім-технологій у будівництві та архітектурі атомних електростанцій в Україні. *Просторовий розвиток*, (13), 53-68. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.53-68>.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати

дисертації

6. Бурлака Ю. Особливості формування міст-супутників Атомних електростанцій. *Містобудування: проблеми і перспективи розвитку* : тези доп. п'ятої науково-практ. конф., м. Київ, 25 квіт. 2023 р. Київ, 2023. С. 53.

7. Ковальська Г., Бурлака Ю. Будівництво АЕС з реакторами нового покоління. *Програма та тези доповідей. Архітектура та Будівництво: Відновлення України. Наука, Технологія, Практика* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 17–18 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 186–187.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо проєктів АЕС нового покоління.

8. Ковальська Г., Бурлака Ю. Впровадження BIM-технологій у будівництво та проєктування атомних електростанцій. Програма та тези доповідей. *Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент* : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 16–17 жовт. 2024 р. Київ, 2024. С. 212–213.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо впровадження BIM-технологій як обов'язкових для проєктування АЕС.

9. Ковальська Г., Бурлака Ю. Роль енергетичної промисловості у відновленні України. *Філософія науки, техніки і архітектури в гуманістичному вимірі: Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф. Частина II*, м. Київ, 10–11 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 192.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо значення атомної енергетики для України.

10. Ковальська Г., Бурлака Ю. Технополіси та технопарки як інноваційні простори. Програма та тези доповідей. *Архітектура, Дизайн та*

Будівництво: Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 15–16 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 568.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо створення інноваційних технократичних просторів.

11. Бурлака Ю. Основні особливості міст-супутників АЕС. Проблеми і методи відновлення і розвитку архітектурномістобудівного середовища в Україні: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої до 95-річчя КНУБА, до 35-річчя кафедри дизайну архітектурного середовища, до 35-річчя кафедри теорії архітектури і архітектурного проєктування та співпраці з кафедрою міського дизайну та планування Технічного університету Дармштадта (9 квітня 2025 року, м. Київ). – Київ: КНУБА, 2025. – 79 с. (с.56).

12. Бурлака Ю., Ковальська Г. Вітчизняний досвід фасадних рішень АЕС: еволюція та сучасні підходи. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології : Міжнар. науково-техн. форум, м. Київ, 24–25 листоп. 2025 р. Київ, 2023. С. 265-266.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо застосування сучасних матеріалів в композиції фасадів для промислових об'єктів типу АЕС.

13. Бурлака Ю., Ковальська Г. Досвід проєктування підземних атомних електростанцій. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали ІV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17.

Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено збір та аналіз матеріалу, взято участь у формулюванні висновків щодо проєктування підземних атомних електростанцій в сучасних умовах.

Додаток Б

Акти впровадження результатів дослідження



ФІЛІЯ
«ВП «АТОМПРОЕКТІНЖІНІРІНГ»
АТ «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ»

вул. Свєт Праксик, 6, м. Київ, 01033 УКРАЇНА
т. +380 44 206 9787, ф. +380 44 201 0903
e-mail: office_ap@direkcyatom.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ



Генерального директора
АТ «НАЕК «Енергоатом»
Філії «ВП «Атомпроектінжиніринг»

Тетяна АМОСОВА
2024 р.

АКТ

впровадження результатів науково-дослідної роботи

Наукові висновки та практичні рекомендації дисертації Бурлаки Ю. М. щодо дослідження принципів архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій використані при розробці ескізних рішень фасадів турбінного відділення енергоблоків №№ 3, 4 Хмельницької АЕС.

В процесі розробки ескізних рішень фасадів турбінного відділення було проведено комплексний аналіз об'єктів-аналогів, виявлено основні принципи архітектурного оздоблення фасадів промислового типу будівлі з урахуванням сучасних вимог безпеки, енергоефективності та естетичного вигляду. Бурлакою Ю. М. надані рекомендації, що стосуються оптимізації теплового режиму фасадів турбінних відділень, визначено основні акценти в композиції фасадних рішень та розроблено низку варіантів архітектурного оздоблення.

Вказані наукові результати та практичні рекомендації, розроблені Бурлакою Ю. М., сприяли успішному затвердженню проектних рішень з відновлення експлуатаційної придатності огорожуючих конструкцій турбінного відділення, деаераторного відділення та прибудови ЕЕТП енергоблоку № 3 Хмельницької АЕС в частині застосування вентиляованих фасадів з використанням сендвіч-панелей, оптимізації розміщення віконних прорізів для забезпечення природного освітлення та вентиляції, використання сучасних систем теплоізоляції для зменшення втрат тепла та застосування енергоефективного освітлення.

Начальник виробничо-технічного відділу
Управління з капітального будівництва об'єктів,
що створюються

Святен БИКОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

 Т. в. о. генерального директора
 АТ «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ»
 Філія «ВП «Атомпроектінжиніринг»

 Тетяна АМОСОВА
 2024 р.

АКТ

впровадження результатів науково-дослідної роботи

Науково-дослідна робота Бурлаки Юлії Миколаївни присвячена дослідженню процесів вдосконалення проектування атомних електростанцій (АЕС), зокрема, можливість впровадження сучасних інструментів проектування при розробці архітектурно-планувальних рішень АЕС. Одним з важливих напрямків дослідження було впровадження технології Building Information Model (BIM) в процеси проектування.

В ході дослідження отримано такі наукові висновки:

1. Застосування інструментів 3D-моделювання дозволить значно скоротити час та ресурси на оптимізацію просторової організації обладнання реакторного відділення енергоблоку;
2. Застосування принципів модульного проектування елементів будівлі дозволить пришвидшити будівництво, розробити уніфіковані елементи будівлі з різною модифікацією, зменшити вартість об'єкту в цілому;
3. Створення інформаційної бази даних (єдиного цифрового поля) для ефективного управління життєвим циклом проекту дозволить більш якісно скоординувати роботу фахівців всіх учасників будівництва.

На основі отриманих наукових висновків сформульовано практичні рекомендації, що в свою чергу реалізовано при створенні BIM-моделі: використання параметричних сімейств для моделювання типових елементів; застосування технології інформаційного моделювання для координації робіт різних спеціалістів; інтеграція BIM-моделі з іншими системами управління проектом.

Результати науково-дослідної роботи Бурлаки Ю. М. були успішно впроваджені при створенні деталізованої BIM-моделі реакторного відділення енергоблоку №3 Хмельницької АЕС. Завдяки використанню розроблених принципів вдалося збільшити точність та деталізацію моделі, зменшити кількість помилок на етапі проектування та забезпечити ефективне управління процесами будівництва та експлуатації в майбутньому. Фахівцями Проектувальника відзначено значне зниження трудомісткості за рахунок автоматизації підрахунку специфікацій, відомості об'єктів та корегування креслень.

Результати науково-дослідної роботи Бурлаки Ю. М. мають високу практичну значимість і сприяють підвищенню ефективності проектування та будівництва атомних електростанцій. Розроблені підходи можуть бути використані при створенні BIM-моделей інших об'єктів ядерної енергетики.

Начальник виробничо-технічного відділу
 Управління з капітального будівництва об'єктів,
 що створюються



Свет БИКОВ

ВИКОНАВЧИЙ ОРГАН КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ЗЛАДИ
(КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ)
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ

**КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ
«КИЇВСЬКА МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ»**

вул. Івана Мазепи 13, м. Київ, 01010 / вул. Павла Мирного, 19,
м. Київ, 01010, тел. 044298-47-55
E-mail: man-kiiev@ukr.net, Код ЄДРПОУ/ 37318-36

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор КЗПО «Київська Мала
академія наук учнівської молоді»

 Ірина ПОЛЩУК
"___" _____ 2024 р.

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідницької роботи

Згідно угоди № 66 від 17.05.2021р. про науково-педагогічну співпрацю між Київським національним університетом будівництва і архітектури в особі ректора професора Петра КУЛІКОВА та КЗПО «Київська Мала академія наук учнівської молоді» (далі Київська МАН) в особі директора Ірини ПОЛЩУК, яка діє з 17 травня 2021 року по 17 травня 2024 року, на базі архітектурного факультету КНУБА щорічно працює секція «Архітектура та дизайн» під керівництвом кандидата архітектури, доцента кафедри теорії архітектури КНУБА Ольги ГОМОН. Переважна кількість учнів займаються науково-дослідницькою роботою.

Під керівництвом аспірантки кафедри теорії архітектури КНУБА Юлії БУРЛАКИ ученицею Київської МАН Анною СВАТОВСЬКОЮ підготовлено науково-дослідницьку роботу на тему «Модульний житловий блок на три кімнати», яка визначена призовим 3 місцем на І етапі Всеукраїнського Конкурсу-захисту НДР учнів-слів МАН.

Наукові положення дисертаційної роботи аспірантки Юлії БУРЛАКИ були використані при розробці теоретичної та практичної частини роботи учениці Київської МАН, а саме:

- доведено актуальність дослідження принципів архітектурно-планувальної організації модульних блоків для проектування об'єктів різного призначення, у т.ч. зведення тимчасового модульного житла поруч з майдаєчиком будівництва атомних електростанцій;
- на базі варіативного проектування разом з ученицею було розроблено нове архітектурно-планувальне рішення модульного житлового блоку для забезпечення проживання до 8 осіб.

Зказані результати наукового дослідження аспірантки Юлії БУРЛАКИ дозволили змістовно обґрунтувати актуальність тематики науково-дослідницької роботи учениці, що сприяє успішній роботі та захисту навчального проєкту.

Завідувач відділення
Інженерії та матеріалознавства

 Станіслава ІГНАТОВА



МОН
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

просп. Повітряних Сил, 31,
 м. Київ, 03037
 тел.: +38 (044) 241-55-80,
 e-mail: knuba@knuba.edu.ua,
 web: knuba.edu.ua
 ЄДРПОУ 02070909

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідної роботи в освітній процес

Акт складено відповідно до подання декана архітектурного факультету, д.т.н., проф., Каценка О.В., завідувача кафедри теорії архітектури і архітектурного проектування, д. арх., проф., Ковальської Г.Л. про те, що окремі наукові висновки, результати та рекомендації дисертації **Бурлаки Юлії Миколаївни** на тему «**Принципи архітектурно-планувальної організації атомних електростанцій**» було впроваджено в освітній процес, зокрема:

- під час керівництва кваліфікаційною роботою на здобуття ступеня «бакалавр» за темою: «Науково-дослідний центр ядерної фізики у м. Києві» ст. гр. АРХ-21-3Б, Поплавська Олена, 2025 р. (керівники проф. Кравченко І.Л., асп. Бурлака Ю.М.), наказ ректора КНУБА від 24.04.2025 № 87/19/25;
- у викладанні двох лекцій в рамках лекційного курсу вибіркової дисципліни «Захист архітектурного середовища планувальними засобами» для магістрів спеціальності 191 «Архітектура та містобудування», 2024 і 2025 рр.;
- у формуванні презентацій дипломних тем кафедри для кваліфікаційних робіт (за відповідним науковим напрямком) на здобуття ступенів «бакалавр» і «магістр» спеціальності 191 «Архітектура та містобудування».

Впроваджені результати дисертаційного дослідження сприяли набуттю теоретичних знань і практичних проектних навичок студентів під час підготовки фахівців за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування».

Проректор з НМР



Андрій ШПАКОВ

№273/03/25 від 24.09.2025

Додаток В





КОМІТЕТ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ, МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ, РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТА МІСТООБУДУВАННЯ
 МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД, ТЕРИТОРІЙ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
 КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ (КНУБА)
 ДП НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ В.С. БАЛИЦЬКОГО (ДП «НДІБВ»)
 АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ (АБУ)
 НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ УКРАЇНИ
 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОГО БУДІВНИЦТВА (НДІ ІНБУД)
 УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК (ЛЮБЕК НІМЕЧЧИНА)
 БРАНДЕНБУРЗЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НІМЕЧЧИНА)
 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ М. БРНО (ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА)
 СІЛЕЗЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (SUT)
 КРАКІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМ. ТАДЕУША КОСТЮШКА (ПОЛЬЩА)
 УКРАЇНСЬКО-КИТАЙСЬКИЙ ІНСТИТУТ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ (КИТАЙ)
 ДЕПАРТАМЕНТ МІСТООБУДУВАННЯ ТА АРХІТЕКТУРИ КМДА
 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ТЕОРІЇ ТА ІСТОРІЇ АРХІТЕКТУРИ, МІСТООБУДУВАННЯ І ДИЗАЙНУ (НДІТІАМД)
 ДП «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОЕКТУВАННЯ МІСТ «ДІПРОМІСТО» ІМ. Ю.М.БІЛОКОРИ
 СПІЛКА ДИЗАЙНЕРІВ УКРАЇНИ
 THE WALL UKRAINE



МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ФОРУМ

«Архітектура, Будівництво, Дизайн : Виробництво, Інформатизація, Менеджмент»

X Міжнародна
науково-технічна конференція
«Ефективні технології в Будівництві»

XI Міжнародна
науково-технічна конференція
«Архітектура історичного Києва. Актуальні перспективи відбудови»

XII Міжнародна
науково-технічна конференція
«Нові технології в Будівництві»

СЕРТИФІКАТ

підтверджує, що

БУРЛАКА Юлія Миколаївна

брав(ла) участь у конференціях форуму
24-25 Листопада 2025р. Київ, Україна

Rector of Kyiv National University of Construction and Architecture – the head of organizing committee

CERTIFICATE

confirms that

Yulia BURLAKA

has participated in the conferences forum
November 24-25, 2025 Ukraine, Kyiv

Oleksii Dniprov

TOTAL:
15 hours - 0,5 ECTS



Certificate No.
KNUCA-25-11-088



СЕРТИФІКАТ

учасника V науково-практичної конференції

«МІСТООБУДУВАННЯ:
ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ»,
яка відбулася 25 квітня 2023 року
в Київському національному університеті будівництва і архітектури
на кафедрі містобудування,

виданий аспірантці кафедри теорії архітектури
Київського Національного університету будівництва і архітектури

Бурлаці Юлії Миколаївні

Декан архітектурного факультету КНУБА,
проф. О. В. Кашченко

Проректор з наукової роботи та
інноваційного розвитку КНУБА,
канд.т.н., ст. наук.спів. О.Ю.Ковальчук



Додаток Г

Джерела ілюстрацій

Джерела ілюстрацій до першого розділу

Рис. 1.1

URL: <https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2020/08/World-Nuclear-Landscape-1500px.html>

Рис. 1.4

Створено з використанням джерела

URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Nuclear_power_history.svg?lang=uk

Рис. 1.5

EPR 1600 (AREVA, Франція)

URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EPR_OLK3_lage.jpg?uselang=ru

AP1000 (Westinghouse, США)

URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:AP1000Reactor.jpg>

URL: <https://news.electrotorg.biz.ua/industry/energoatom-i-westinghouse-obsudili-stroitel-stvo-novykh-blokov-aes-v-ukraine-s-ispol-zovaniem-ar1000>

ABWR (Toshiba)

URL: <https://world-nuclear-news.org/Articles/Fennovoima-selects-Toshiba-but-keeps-options-open>

ESBWR (Hitachi GE)

URL: <https://world-nuclear-news.org/Articles/Design-approval-for-the-ESBWR>

APR-1400 (Корея)

URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2023/09/21/138946>

ACR-1000 (A ECL Corporation, Канада)

URL:https://nuclearstreet.com/nuclear_power_industry_news/b/nuclear_power_news/archive/2011/01/31/accel-reaches-design-review-milestone-for-the-advanced-candu-reactor-acr_2d00_1000-013103

Рис. 1.7

АЕС Пало-Верде, США

URL:<https://www.gettyimages.es/detail/fotografía-de-noticias/palo-verde-az-the-palo-verde-nuclear-generating-fotografía-de-noticias/515412426?adppopup=true>

АЕС Брюс, Канада

URL:<https://www.atomic-energy.ru/files/styles/center/public/images/2021/02/cjos-bruce-power1.jpg?itok=tXOC41Bd>

URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A1_%D0%91%D1%80%D1%8E%D1%81#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Bruce-Nuclear-Szmurlo.jpg

АЕС Охі, Японія

URL:https://english-kyodo.ismcdn.jp/mwimgs/8/9/635mw/img_890c32476223d084e3cd41ea996142552643054.jpg

URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%AD%D0%A1_%D0%9E%D0%B8#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ohi_Nuclear_Power_Plant_\(02010077\).jpg](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%AD%D0%A1_%D0%9E%D0%B8#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ohi_Nuclear_Power_Plant_(02010077).jpg)

АЕС Фукусіма 1 та 2, Японія

URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%AD%D0%A1_%D0%A4%D1%83%D0%BA%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0-1#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Fukushima_I_NPP_1975.jpg

URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Daini_Offshore.jpg

г

АЕС Пауель, Франція

URL:https://www.atomic-energy.ru/files/styles/first_foto/public/images/2021/04/paluel.jpg

URL:<https://miraes.ru/wp-content/uploads/AES-Palyue%60l-Frantsiya.-Foto.jpg>

АЕС Гравлін, Франція

URL:https://www.atomic-energy.ru/files/styles/first_foto/public/images/2013/12/4%255B5%255D.jpg
http://cdn.fishki.net/upload/post/201511/09/1730105/energy_05.jpg

АЕС Каттенон, Франція

URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Nuclear_Power_Plant_Cattenom.jpg/330px-Nuclear_Power_Plant_Cattenom.jpg

АЕС Ханбіт, Південна Корея

URL:[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A1_%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ulchin_\(now_Hanul\)_04790182_\(8506930230\).jpg](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A1_%D0%A5%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ulchin_(now_Hanul)_04790182_(8506930230).jpg)

URL:https://www.energydaily.co.kr/news/photo/201912/105212_61767_3729.jpg

Рис. 1.8

Рівненська АЕС

URL:https://static.ukrinform.com/photos/2018_03/thumb_files/630_360_1521356538-3130.jpg

Хмельницька АЕС

URL:<https://cdn4.suspilne.media/images/resize/530x1.78/30ad0669721b423f.jpg>

Південна АЕС

URL: <https://uatom.org/yaderna-haluz-ukrainy/diyuchi-aes-ukrainy/yugno-ukrainska-aes>

Запорізька АЕС

URL:https://comments.ua/img/publications/UUxkcc6xxYgEq3J_Bp28twc7PwtDwdzk.jpg

Джерела ілюстрацій до другого розділу

Рис. 2.3

м. Славутич

URL:https://ua-travels.in.ua/wp-content/uploads/2018/12/IMG_2030.jpg

м. Нетішин

URL: https://perspekt.org.ua/assets/images/2013_lyutiu/karta_Netichina.jpg

м. Вараш

URL:

<https://lh4.googleusercontent.com/proxy/0Iyse8zNfFNbmHdi5BvIwaEibzlGNv2ApH4OyGsqC2II2DXrzBRTKCg1dXR2IbIS9gO1bkIV>

м. Южноукраїнськ

URL:<https://billboards.com.ua/upload/197/fb6782c92d71c7ab15a1.jpg.webp>

Рис. 2.4

м. Сен-Поль-Труа-Шато

URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/St-paul_vuegenerale.jpg/330px-St-paul_vuegenerale.jpg

м. Гравлін

URL:

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D0%BD#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Plan_Relief_06_Gravelines_2_PBA_Lille_2019.jpg

м. Во-ан-Бюже

URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/07/Vaux-en-Bugey_%281%29.JPG/330px-Vaux-en-Bugey_%281%29.JPG

Рис. 2.8

АЕС Гравлін

URL: <https://itc.ua/wp-content/uploads/2025/08/imgonline-com-ua-convertFQEqnwXNe6Fm.jpg>

АЕС Бюже

URL:

https://static.ukrinform.com/photos/2017_06/thumb_files/630_360_1497894206-6313.jpg

АЕС Козлодуй

URL: <https://infoatom.news/obj.asp?p=oid86496sid0aid80>

АЕС Каттеном

URL: <https://miraes.ru/wp-content/uploads/AES-Katenom.-Frantsiya.-Foto.jpg>

Рівненська АЕС

URL:

<https://zaxid.net/resources/photos/news/202208/1548113.jpg?20221226122201&fit=cover&w=1200&h=675&q=10>

Рис. 2.10

URL: https://st.depositphotos.com/1323913/3086/v/450/depositphotos_30867323-stock-illustration-isometric-nuclear-power-facility.jpg

Рис. 2.11

Компактні (моноблочні) АЕС

URL: <https://info.westinghousenuclear.com/hs-fs/hubfs/SMR%20-%20Cover%20resized.jpg?width=2000&name=SMR%20-%20Cover%20resized.jpg>

Роздільні (модульні) АЕС

URL: https://www.energinyheter.se/sites/default/files/media-cover-images/nuscale-smr-plant-design_nuscale-power.jpeg

Лінійна АЕС

URL: <https://energoatom.com.ua/storage/articles/main/fhtKTKUk5Iv6H73W09OkB7bUGJ6vhlNcJyPFqBUy.webp>

Центральна (радіальна) АЕС

URL: <https://babel.ua/static/content/cdu6y87t/thumbs/660x371/0/31/35d6508a5713df4a89bb44fff5c20310.jpg?v=6640>

Каскадна (ступінчаста) АЕС

URL: https://www.atomic-energy.ru/files/images/2025/11/np_file_119475.jpeg

Рис. 2.12

Однорідний енергоблок

URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/Ikata_Nuclear_Powerplant.JPG/960px-Ikata_Nuclear_Powerplant.JPG

Комбінований енергоблок

URL:<https://ww2.kqed.org/app/uploads/sites/10/2018/07/GettyImages-110400369-1038x576.jpg>

Модульний заводський енергоблок

URL:https://s5.postimg.cc/bzcsj25xz/26410224682_d0290d355e_o.jpg

Традиційний енергоблок

URL:<https://www.istpravda.com.ua/images/doc/e/7/e776c83-sch-bud.jpg>

Рис. 2.13

Радіальний тип головного корпусу АЕС

URL:<https://freshet.files.wordpress.com/2011/04/aes.jpg?w=400>

Блокований тип головного корпусу АЕС

URL:https://www.atomic-energy.ru/files/styles/first_foto/public/images/2021/04/paluel.jpg

Лінійний тип головного корпусу АЕС

URL:https://english-kyodo.ismcdn.jp/mwimgs/8/9/635mw/img_890c32476223d084e3cd41ea996142552643054.jpg

Дзеркальний тип головного корпусу АЕС

URL:<https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTXBU7vZWX-pD52i7GwZvtd6-0TlbGiCrj-wxYNQaKENEqZAI7T>

Центральний тип головного корпусу АЕС

URL:https://thebreakthrough.imgix.net/AdobeStock_430938731.jpeg?auto=format&dpr=1&crop=faces,center&fit=clip&w=1200&ixlib=react-7.2.0

Рис. 2.14

Градирні атмосферні, механічні та комбіновані

створено з використанням джерел:

1. [URL:https://studfile.net/html/2706/262/html_YFj1Vsz7tl.Tj6p/img-liez3E.png](https://studfile.net/html/2706/262/html_YFj1Vsz7tl.Tj6p/img-liez3E.png)

2. [URL:https://studfile.net/html/2706/1225/html_ZliWhfyTA5.G1Ea/img-klwPc.jpg](https://studfile.net/html/2706/1225/html_ZliWhfyTA5.G1Ea/img-klwPc.jpg)

3. [URL:https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/009/001/200871759.jpg](https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/009/001/200871759.jpg)

Рівненська АЕС

URL:https://www.google.com/maps/place/%D0%A0%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%90%D0%AD%D0%A1/@51.3252952,25.8860467,16.75z/data=!4m6!3m5!1s0x47260dedef8f78e9:0x79ffa804e7ee4c2c!8m2!3d51.3267903!4d25.8884404!16zL20vMGM1NzVj?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTExMi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

АЕС Пало-Верде

URL:https://www.google.com/maps/place/%D0%90%D0%AD%D0%A1+%D0%9F%D0%B0%D0%BB%D0%BE-%D0%92%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B5/@33.3826145,-112.8605405,17z/data=!4m15!1m8!3m7!1s0x80d4b896ab9eb13f:0xbb05e464d7e88ab0!2z0JDQrdChINCf0LDQu9C-LdCS0LXRgNC00LU!8m2!3d33.3826145!4d-112.8605405!10e5!16zL20vMDU4eG14!3m5!1s0x80d4b896ab9eb13f:0xbb05e464d7e88ab0!8m2!3d33.3826145!4d-112.8605405!16zL20vMDU4eG14?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTExMi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Запорізька АЕС

URL:https://www.google.com/maps/search/%D0%90%D0%AD%D0%A1+%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0/@47.5162809,34.5799681,2763m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTExMi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Рис. 2.15

Різновиди градижень створено з використанням джерел:

1. [URL:https://studfile.net/html/2706/262/html_YFj1Vsz7tl.Tj6p/img-liez3E.png](https://studfile.net/html/2706/262/html_YFj1Vsz7tl.Tj6p/img-liez3E.png)

2. [URL:https://studfile.net/html/2706/1225/html_ZliWhfyTA5.G1Ea/img-klwPc.jpg](https://studfile.net/html/2706/1225/html_ZliWhfyTA5.G1Ea/img-klwPc.jpg)

3. URL:<https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/009/001/200871759.jpg>

Відкриті поверхневі басейни:

URL:https://zn.ua/img/article/4376/50_main.jpg

Закриті або напівзакриті системи

URL:[https://i.c97.org/ai/589427/aux-head-1711658460-](https://i.c97.org/ai/589427/aux-head-1711658460-20240101_samal_360.jpg)

[20240101_samal_360.jpg](https://i.c97.org/ai/589427/aux-head-1711658460-20240101_samal_360.jpg)

Модульні форсункові ряди

URL:[https://cdn.ca.emap.com/wp-content/uploads/sites/9/2024/05/holtec-smr-](https://cdn.ca.emap.com/wp-content/uploads/sites/9/2024/05/holtec-smr-300-300x200.jpg)

[300-300x200.jpg](https://cdn.ca.emap.com/wp-content/uploads/sites/9/2024/05/holtec-smr-300-300x200.jpg)

Рис. 2.16

АЕС Дрезден, США

URL:[https://www.neimagazine.com/wp-](https://www.neimagazine.com/wp-content/uploads/sites/7/2024/07/Dresden-1-%C2%A9-Exelon-309x241.jpg)

[content/uploads/sites/7/2024/07/Dresden-1-%C2%A9-Exelon-309x241.jpg](https://www.neimagazine.com/wp-content/uploads/sites/7/2024/07/Dresden-1-%C2%A9-Exelon-309x241.jpg)

URL:[https://www.google.com/maps/place/%D0%BE%D0%B7.+%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BD+%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3/@41.3562869,-](https://www.google.com/maps/place/%D0%BE%D0%B7.+%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BD+%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3/@41.3562869,-88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-88.2582857!16s%2Fg%2F1232t9g50?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D)

[88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-](https://www.google.com/maps/place/%D0%BE%D0%B7.+%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BD+%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3/@41.3562869,-88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-88.2582857!16s%2Fg%2F1232t9g50?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D)

[88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-](https://www.google.com/maps/place/%D0%BE%D0%B7.+%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BD+%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3/@41.3562869,-88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-88.2582857!16s%2Fg%2F1232t9g50?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D)

[88.2582857!16s%2Fg%2F1232t9g50?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/%D0%BE%D0%B7.+%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BD+%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3/@41.3562869,-88.2376172,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x880e86afbf818be1:0x84d86ee717b9d6cd!8m2!3d41.3554982!4d-88.2582857!16s%2Fg%2F1232t9g50?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D)

Хмельницька АЕС, Україна

URL:[https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQVMtdwZSVaU3ShiJCZueGadFaYgxhyD_oCKGykohuTKDPIr2mOFa0ggT9MaJX1Tzbz01Y&usqp=CAU)

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQVMtdwZSVaU3ShiJCZueGadFaYgxhyD_oCKGykohuTKDPIr2mOFa0ggT9MaJX1Tzbz01Y&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQVMtdwZSVaU3ShiJCZueGadFaYgxhyD_oCKGykohuTKDPIr2mOFa0ggT9MaJX1Tzbz01Y&usqp=CAU)

URL:

https://www.google.com/maps/place/%D0%A5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%90%D0%AD%D0%A1/@50.3091867,26.6187195,14.2z/data=!4m6!3m5!1s0x472eff2c6068ca3d:0x7894edc314788cee!8m2!3d50.3025119!4d26.6521852!16s%2Fm%2F04yfb6?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEExMi4wIKXMDS0ASAFAw%3D%3D

АЕС Гравлін, Франція

URL:<https://www.atomic-energy.ru/files/images/2022/06/gravelines-nuclear-power-station-aerial-view.jpg>

URL:https://www.google.com/maps/place/%D0%90%D0%AD%D0%A1+%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D0%BD/@51.0127882,2.1318647,15.73z/data=!4m6!3m5!1s0x47dc676b1b041051:0x7b8d5e7d5fac5a08!8m2!3d51.0126707!4d2.1392659!16s%2Fm%2F02wwz3s?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTExMi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Рис. 2.17

Проект АЕС Агеста

URL:<https://miraes.ru/wp-content/uploads/Shema-pervoy-AE%60S-SHvetsii-Adzhesta.jpg>

АЕС Люсенс, Швейцарія, 1966 р.;

URL: <https://miraes.ru/aes-lusens-avariya-1969-goda-v-shveytsarii/>

Концепції підземних АЕС. Проект МYRRНА (Бельгія)

Ковальська Г. Л., Бурлака Ю. М. Досвід проектування підземних атомних електростанцій. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17.

Рис. 2.18

Проект льодової арили Гьовік (Норвегія, 1994 р.) 13.Ковальська Г. Л., Бурлака Ю. М. Досвід проектування підземних атомних електростанцій. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17.

Історичні приклади підземних АЕС

13. Ковальська Г. Л., Бурлака Ю. М. Досвід проектування підземних атомних електростанцій. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві : матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Івано-Франківськ, 18 листоп. 2025 р.). Івано-Франківськ : Університет Короля Данила, 2025. С. 13–17.

Джерела ілюстрацій до третього розділу

Рис. 3.6

Бетонні фасади

URL:<https://i.pinimg.com/1200x/18/04/4e/18044edefcee1281349a8d01fc6d9e56.jpg>

URL:<https://i.pinimg.com/736x/91/ec/59/91ec595bf3f40eb9e4a33492a0ddb2f7.jpg>

Сендвіч-панелі

URL:<https://i.pinimg.com/236x/f5/7a/7b/f57a7bcfed6e04569e523a96ea1997e7.jpg>

URL:https://delta-vikna.com.ua/assets/cache_image//files/category/cat3-min_650x360_909.webp

Алюмінієві композитні панелі (АКП)

URL:<https://cdn.archilovers.com/projects/538d53b2-d022-4f34-b035-770390074d0b.jpg>

URL:<https://image.made-in-china.com/2f0j00dqDvWKilrtco/PVDF-Coated-Silver-Grey-ACP-Panels-ndash-Exterior-Wall-Facade-Decoration-Composite-Panels.webp>

Цегляні фасади

URL:https://mblogthumb-phinf.pstatic.net/MjAyMTA3MjJfMjIx/MDAxNjI2OTQ3NzM4MzYw.xiFQDjCfZSs2UbANNaIA6Vtt7QMUOn5x2jgUN1NvIg.WZxBZAUcM_au38vYi4e6H0uAh98LJq-a2_0INHBkbog.JPEG.raumst/SE-02422017-345e-4f4d-9056-beeacfb51fe8.jpg?type=w800

URL:<https://davidkohn.co.uk/img/aHpuWDZmcEErdHNzOEowNXNRVHFidz09/216-pr-website-11.jpg>

Фіброцементні панелі

URL:<https://i.pinimg.com/736x/1d/47/bd/1d47bd0917a9bfc823c0a3a1fceffd9e.jpg>

URL:https://www.bastion.vinnica.ua/imagephp/width=1200&image=/pictures/product_cats/c905ec8bd3db084888390423d4799dcfcbe8e231.jpg

Касетні фасади

URL:<https://i.pinimg.com/736x/d8/19/e8/d819e8f870c6acfe36866347c8bea6f4.jpg>

URL:<https://i.pinimg.com/236x/95/5c/49/955c49ba20ace62a918c90814309c2cc.jpg>

Рис. 3.7

Бетонні панелі + вентилявані вставки

URL:https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/dis/bc580f12300645.562662131471d.jpg

Сендвіч-панелі з покриттям PVDF

URL:<https://i.pinimg.com/236x/f5/7a/7b/f57a7bcfed6e04569e523a96ea1997e7.jpg>

Профнастил або сендвіч-панелі

URL:<https://i.pinimg.com/236x/c3/e0/32/c3e03218a463fe23214d9c94e564d4c7.jpg>

Вентилюваний фасад + перфоровані панелі

URL:<https://i.pinimg.com/736x/d8/19/e8/d819e8f870c6acfe36866347c8bea6f4.jpg>




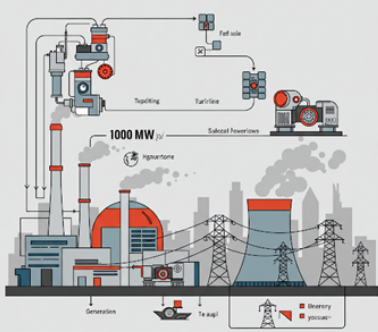
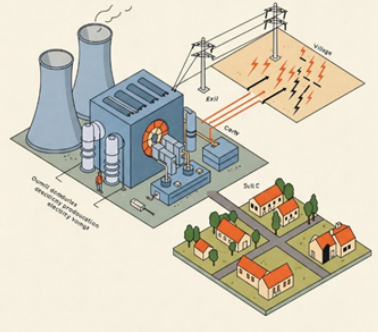
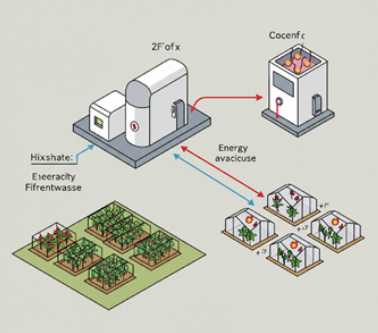
Алюмінієві композитні панелі, фіброцемент, касети

URL:<https://i.pinimg.com/236x/95/5c/49/955c49ba20ace62a918c90814309c2cc.jpg>

URL:<https://image.made-in-china.com/202f0j00KjVIGWgInsfy/Prefabricated-Construction-Steel-Structure-Industrial-Building-Light-Metal-Project-Warehouse-Workshop.webp>

Додаток Д

Додаткові відомості до розділу 1.

			
	~ 500-1000 осіб персоналу	Традиційні великі ядерні реактори переважно мають встановлену потужність 700 МВт і більше	В Україні експлуатуються 13 блоків ВВЕР-1000 (шість блоків ЗАЕС тимчасово окуповані росією) та 2 – ВВЕР-440. Крім того, Україна разом з компанією Westinghouse планує збудувати дев'ять реакторів AP1000 (потужністю 1100 МВт).
	~ 200-500 осіб персоналу	Малі модульні реактори потужністю до 300 МВт	Вони дозволяють швидше завершувати будівництво за рахунок збірних модулів, а також потребують рідшого перевантаження палива. Паливний цикл таких реакторів може тривати від 3 до 7 років, тоді як великі реактори потребують частішої заміни паливних збірок.
	~ 5-50 осіб персоналу	Мікрореактори потужністю до 10 МВт	Можуть слугувати резервним джерелом живлення в надзвичайних ситуаціях або замінити електрогенератори, які часто працюють на дизельному паливі, наприклад, у сільських громадах або на віддалених підприємствах.

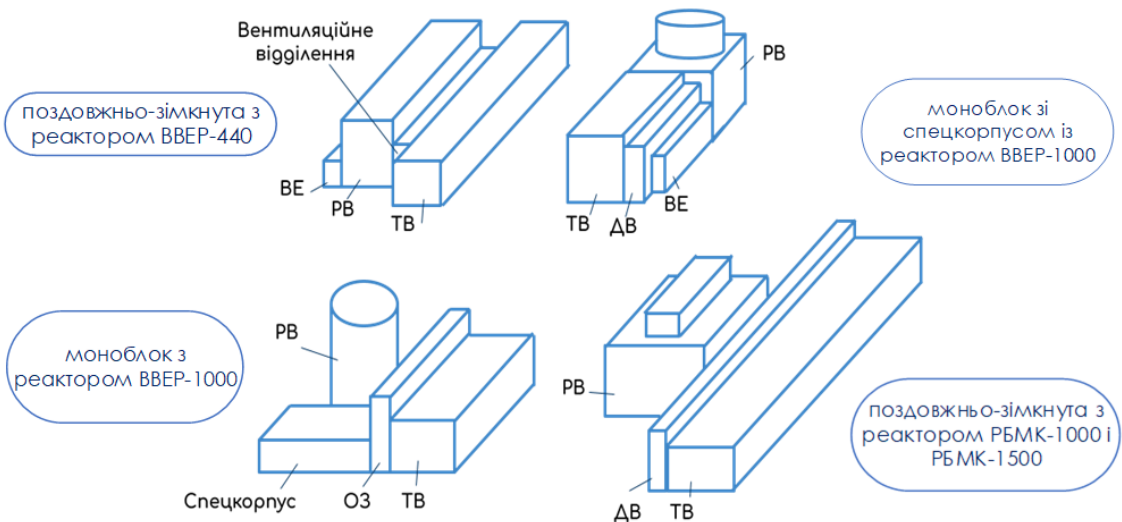
ВИСНОВОК

Аналіз типів сучасних атомних електростанцій показує, що поряд із традиційними великими реакторами, які залишаються основою базового навантаження енергосистеми, активно розвиваються малі модульні реактори та мікрореактори. Вони характеризуються скороченими строками будівництва, вищою гнучкістю та підвищеним рівнем безпеки, що робить їх перспективними для децентралізованої генерації, модернізації інфраструктури та забезпечення енергією віддалених територій. Різноманіття масштабів та функціональних можливостей нових реакторних технологій формує багаторівневу структуру майбутньої ядерної енергетики та розширює потенціал її застосування.

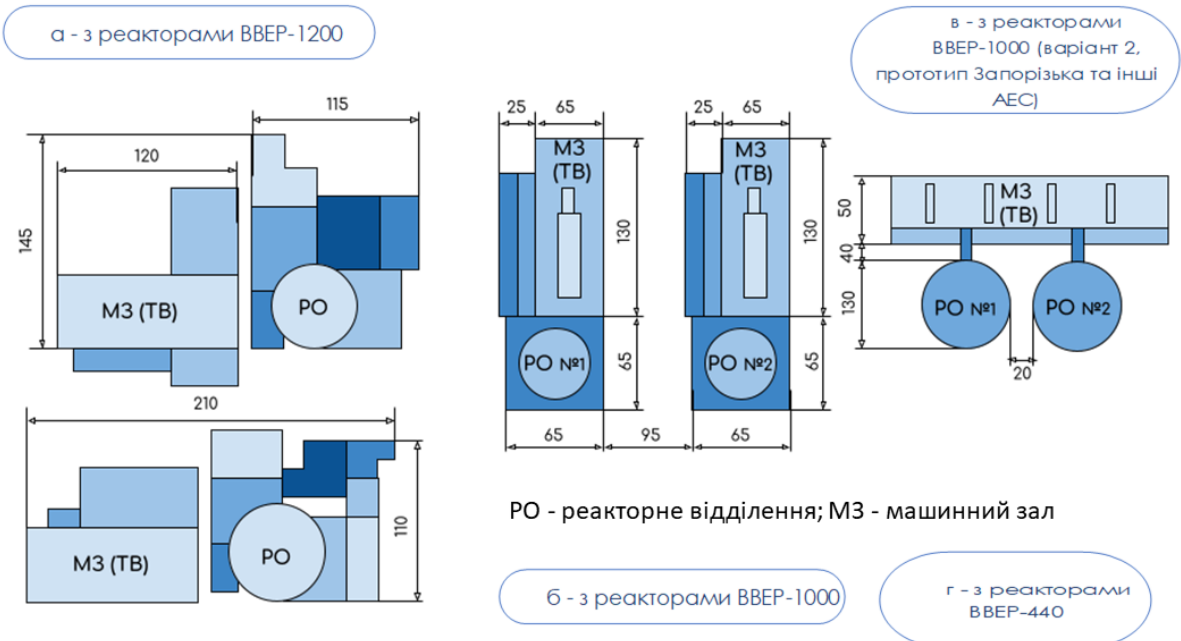
Додаток Е

Додаток Е1. Додаткові відомості до розділу 1.

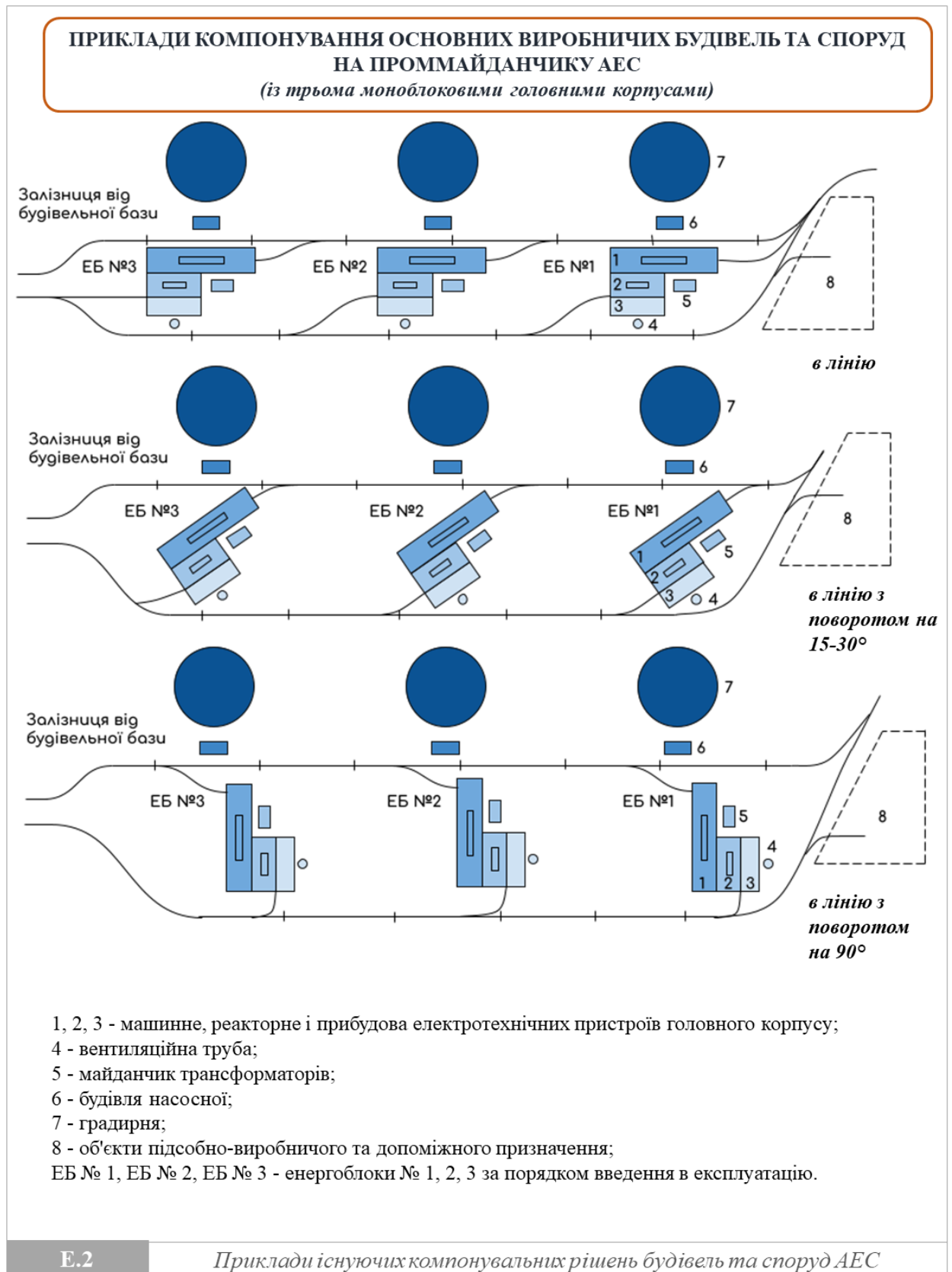
**СХЕМИ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ГОЛОВНИХ КОРПУСІВ АЕС
(з реакторами типу ВВЕР)**



**СХЕМИ КОМПОНУВАННЯ ГОЛОВНИХ КОРПУСІВ АЕС
(з реакторами типу ВВЕР (розміри в метрах))**



Додаток Е2. Додаткові відомості до розділу 2.



Додаток Ж

Додаткові відомості щодо фасадних рішень.

Окрему увагу приділено інноваційним матеріалам в композиції фасадів. На рисунках Ж.1 та Ж.2 наведено основні типи фасадних матеріалів, що застосовуються у виробничих, технологічних та енергетичних будівлях та названо їх характеристики, сферу застосування та ключові експлуатаційні властивості. Представлені матеріали — бетонні фасади, цегляні фасади, сендуч-панелі, фіброцементні панелі, алюмінієві композитні панелі (АКП) та касетні фасади — охоплюють увесь спектр рішень, які використовуються у сучасному промисловому будівництві, включно з об'єктами атомної енергетики.

Бетонні та цегляні фасади вирізняються високою міцністю, вогнестійкістю та тривалим (до 50 років) строком експлуатації, що робить їх придатними для енергетичних об'єктів, насосних станцій та промислових веж. Разом із тим вони мають суттєві недоліки — значну вагу, технологічну складність та високі трудові витрати при монтажі. Сендвач-панелі, які використовуються у складах, ангарах та виробничих корпусах, забезпечують високу швидкість монтажу, добру теплоізоляцію та вогнестійкість, проте мають обмежені архітектурні можливості.

Фіброцементні панелі та алюмінієві композитні панелі є сучасними рішеннями з покращеною естетикою та експлуатаційними властивостями. Фіброцемент відзначається стійкістю до УФ-випромінювання, вологи та перепадів температур, тоді як АКП забезпечують легкість конструкції, довговічність та корозійну стійкість, що робить їх популярними для фасадів АБК і підстанцій. Касетні фасади зі сталі або алюмінію застосовуються у випадках підвищених архітектурних вимог, оскільки гарантують точну геометрію, строгість форм та швидкий монтаж.













На додаток представлено узагальнену схему (Рис. Ж.1) відповідності фасадних матеріалів різним типам виробничих і технологічних будівель енергетичного комплексу. Композиція демонструє, як ті чи інші фасадні рішення

застосовуються залежно від функціонального призначення споруди, умов експлуатації та вимог до довговічності й безпеки. Такий підхід дозволяє системно розмежувати сфери використання масивних, легких, вентильованих або антикорозійно стійких фасадних систем у структурі сучасних промислових об'єктів, зокрема атомних електростанцій.

Для головного корпусу енергоблока традиційно використовуються бетонні фасади, що забезпечують необхідну міцність, радіаційну стійкість та вогнестійкість. У будівлях із підвищеним техногенним навантаженням застосовуються бетонні панелі у поєднанні з вентильованими вставками, які підвищують теплообмін та забезпечують контроль вологості. Цехи з агресивним середовищем, характерні для хімічних або технологічних виробництв, зазвичай облицьовуються матеріалами зі стійкістю до корозії, зокрема сталевими сендвіч-панелями або профнастилом.

Адміністративні корпуси, а також будівлі зі значним експлуатаційним і репрезентативним навантаженням переважно оформлюють алюмінієвими композитними панелями, фіброцементними плитами або фасадними касетами — матеріалами, що поєднують естетичність, корозійну стійкість і легкість конструкції. Для трансформаторних підстанцій, навпаки, важлива простота та ремонтпридатність, тому використовуються переважно металеві панелі або інші довговічні рішення з мінімальними вимогами до декоративності. Складські термінали та допоміжні виробничі приміщення у більшості випадків проектуються із застосуванням сендвіч-панелей, що дозволяє забезпечити швидкий монтаж та оптимальну теплоефективність.

Окрему групу становлять вентильовані фасади та перфоровані панелі, що застосовуються у зонах із підвищеним тепловим навантаженням або там, де необхідна додаткова циркуляція повітря. Вони виконують не лише функціональну, але й естетичну роль, підвищуючи архітектурну виразність будівель у межах технологічного комплексу.

МАТЕРІАЛ	ХАРАКТЕРИСТИКА	МАТЕРІАЛ	ХАРАКТЕРИСТИКА
 <p data-bbox="320 434 564 488">Бетонні фасади</p>  <p data-bbox="320 692 564 745">Бетонні фасади</p>	<p data-bbox="600 259 860 291">Бетонні фасади</p> <p data-bbox="600 293 860 645">Навіщо підходять: енергетичні об'єкти, насосні станції, промислові вежі. Переваги: міцність, вогнестійкість, термін служби 50 років. Недоліки: висока трудомісткість та вага.</p>	 <p data-bbox="943 434 1187 488">Цегляні фасади</p>  <p data-bbox="943 692 1187 745">Цегляні фасади</p>	<p data-bbox="1212 259 1473 291">Цегляні фасади</p> <p data-bbox="1212 293 1473 645">Навіщо підходять: енергетичні об'єкти, насосні станції, промислові вежі. Переваги: міцність, вогнестійкість, термін служби 50 років. Недоліки: висока трудомісткість та вага.</p>
 <p data-bbox="320 949 564 1003">Сендвіч-панелі</p>  <p data-bbox="320 1220 564 1274">Сендвіч-панелі</p>	<p data-bbox="600 775 860 806">Сендвіч-панелі</p> <p data-bbox="600 808 860 1290">Використання: склади, ангари, виробничі корпуси. Варіанти утеплювача: пінополіуретан (ППУ), мінеральна вага, пінополістирол. Плюси: швидке збирання, відмінна теплоізоляція, вогнестійкість (мінвата). Мінуси: обмежені архітектурні можливості.</p>	 <p data-bbox="943 949 1187 1003">Фіброцементні панелі</p>  <p data-bbox="943 1220 1187 1274">Фіброцементні панелі</p>	<p data-bbox="1212 775 1473 828">Фіброцементні панелі</p> <p data-bbox="1212 831 1473 1070">Переваги: стійкість до УФ, вологи, перепадів температур, презентабельний вигляд. Мінуси: вага та ціна вище, ніж у металу</p>
 <p data-bbox="320 1476 564 1529">Алюмінієві композитні панелі</p>  <p data-bbox="320 1747 564 1800">Алюмінієві композитні панелі</p>	<p data-bbox="600 1301 860 1400">Алюмінієві композитні панелі (АКП)</p> <p data-bbox="600 1402 860 1697">Використовуються на фасадах АБК, технологічних будівель, підстанцій. Плюси: легкість, сучасний вигляд, стійкість до корозії. Мінуси: ціна вища за профлист.</p>	 <p data-bbox="943 1476 1187 1529">Касетні фасади</p>  <p data-bbox="943 1738 1187 1792">Касетні фасади</p>	<p data-bbox="1212 1301 1473 1332">Касетні фасади</p> <p data-bbox="1212 1335 1473 1738">З чого робляться: сталь, алюміній, рідше – мідь. Застосування: фасади будівель із підвищеними естетичними вимогами. Позитивні якості: точна геометрія, строгість форм, легкий монтаж.</p>



Додаток И

Загальна композиція планшетів

