

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 проектування (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 методіку 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 проектування 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 проектування міст-супутників АЕС (Україна, Франція), виявлено їх основні архітектурні та містобудівні особливості; описані методи проектування 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 проектування 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.