



*Юбилейный выпуск*

ISSN 2617-1848

# СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (20) ноябрь 2022



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования  
и науки ДНР



# **БЕЗУПРЕЧНЫЙ ТРУД И ПАТРИОТИЗМ: РЕКТОР И ПОЧЕТНЫЙ ПРЕЗИДЕНТ ДОННАСА ПОЛУЧИЛИ НАГРАДЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ КО ДНЮ УЧИТЕЛЯ**



5 октября, в Министерстве образования и науки РФ состоялось торжественное мероприятие, посвященное Дню учителя. Его участниками стали руководители и сотрудники образовательных организаций Республики, руководители управлений, отделов администраций городов и районов, коллектив Минобрнауки. Министр образования и науки ДНР Ольга Павловна Колударова вручила присутствующим почетные награды и благодарности Министерства науки и высшего образования РФ, Правительства РФ, Государственной Думы РФ и Минобрнауки ДНР.

Министр образования и науки ДНР Ольга Колударова подчеркнула, что впервые мы встречаем главный профессиональный праздник всех педагогов в составе Великой России. Ольга Павловна тепло поздравила представителей педагогического сообщества и отметила важнейшую миссию учителя – обучать, просвещать, воспитывать. Министр поблагодарила педагогов Республики за их гражданскую позицию, самоотверженный труд в непростых условиях и пожелала всем здоровья, добра, благополучия, новых профессиональных успехов.

Ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры Николай Михайлович Зайченко удостоен нагрудной медали Министерства науки и высшего образования РФ «За безупречный труд и отличие». Почетный Президент ДОННАСА Евгений Васильевич Горохов отмечен Благодарностью Государственной Думы РФ за активное участие в патриотическом воспитании молодежи.

**Поздравляем Николая Михайловича и Евгения Васильевича,  
желаем крепкого здоровья, сил, успехов во всех начинаниях**



**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Главный редактор	<b>Н.М. ЗАЙЧЕНКО,</b> д. т. н., профессор
Зам. главного редактора (научный редактор)	<b>В.Ф. МУЩАНОВ,</b> д. т. н., профессор
Выпускающий редактор	<b>Н.Х. ДМИТРИЕВА</b>
Ответственный редактор	<b>Б.В. КЛЯУС</b>

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА**

ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ  
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»  
Министерства образования и науки  
Донецкой Народной Республики  
при поддержке Министерства строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства  
Донецкой Народной Республики

**АДРЕС РЕДАКЦИИ**

286123, Донецкая Народная Республика,  
г. Макеевка, ул. Державина, 2, ГОУ ВПО «ДОННАСА»  
Web: strdon.donnasa.ru. Электронная почта: strdon@donnasa.ru  
Контактный телефон: (071) 363-74-63

Печатается по решению Ученого Совета  
ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»  
Протокол № 2 от 03.10.2022 г.

Перепечатка, копирование и воспроизведение всех  
материалов журнала возможны только с письменного  
разрешения редакционной коллегии

«Свободная цена»

Свидетельство о регистрации средства массовой  
информации № 000217, выдано 18.03.2019 года  
Министерством информации  
Донецкой Народной Республики

Приказом МОН ДНР № 99 от 17.01.2020 г. журнал включен  
в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны  
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание  
ученой степени доктора наук

Подписано в печать 27.10.2022. Формат 60 × 90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бум. мелов. Усл. печ. л. 12,28. Тираж 300 экз. Заказ № 17.

ООО «Издательско-полиграфическое предприятие «Проминь»  
283059, г. Донецк, пр. Ильича, 109а  
Свидетельство о государственной регистрации № 27235,  
выдано 03.12.2014 года Департаментом государственной  
регистрации Министерства доходов и сборов  
Донецкой Народной Республики

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Агеев В.Г. – НИИГД «Респиратор», РФ  
Бенаи Х.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Большаков А.Г. – ИрННТУ, РФ  
Братчун В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Брюханов А.М. – ГУ МакНИИ, РФ  
Гайворонский Е.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Горожанкин С.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Горохов Е.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Долженков А.Ф. – ГУ МакНИИ, РФ  
Дрозд Г.Я. – ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. Даля»  
Зайченко Н.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Иванов М.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Левченко В.Н. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Лобов И.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Лобов М.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Лукьянов А.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Мамаев В.В. – НИИГД «Респиратор», РФ  
Мукинов Р.М. – КРСУ, Кыргызстан  
Мущанов В.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Нагаева З.С. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ  
Назим Я.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Найманов А.Я. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Насонкина Н.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Нездойминов В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Нечепачев В.Г. – ГОУ ВПО «ДОННТУ», РФ  
Олексюк А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Пенчук В.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Петраков А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Пономоренко Е.В. – СамГТУ, РФ  
Радионых Т.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Севка В.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Семченков Л.В. – МИНСТРОЙ ДНР, РФ  
Сердюк А.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Тищенко В.П. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Шаленный В.Т. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ  
Шолух Н.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ  
Югов А.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», РФ



## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВИЕ МИНИСТРА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ.....	6
ПРИВЕТСТВИЕ РЕКТОРА .....	7

### ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

<i>Е. А. Гайворонский, Х. А. Бенаи</i> НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ШКОЛЫ ДОНБАССА В ГОУ ВПО «ДОННАСА» .....	8
---	---

### НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

<i>В. Ф. Муцанов</i> РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	17
---	----

<i>В. Н. Левченко, А. В. Недорезов, С. Н. Машталер</i> СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В СТЕНАХ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ .....	25
---	----

### ТЕОРИЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

<i>Е. В. Горюхов, В. Н. Васылев, С. Н. Бакаев, А. В. Танасогло</i> ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕШЕТЧАТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ .....	30
--	----

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Н. М. Зайченко, А. К. Халюшев, В. В. Нефедов, И. Ю. Петрик</i> МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	37
--	----

<i>В. И. Братчун, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов, В. В. Жеванов, А. И. Сазанов</i> ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА - ЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДОРОЖНЫХ ДЕГТЕБЕТОННЫХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	45
--	----

## SUMMARY

*E. A. Gayvoronsky, H. A. Benai*

#### SCIENTIFIC STREAMS OF THE REGIONAL DON- BASS' ARCHITECTURAL SCHOOL IN DONNACEA

This article discusses the specifics complex approach's relevance issues of the scientific architectural school in Donbass in regional engineering and architectural higher education institution – DonNACEA. The events and facts, covering the history of the emergence, formation and development of the main scientific ways of the regional architectural school in Donbass at the Architecture department are summarized here. It covers all stages of DonNACEA history: from Civil engineering institute of Makeevka till DonSACEA and DonNACEA. The modern stage covered here too, including departments: "Architectural planning and design of the architectural environment", "Urban planning and landscape architecture" and "Land management and cadastres". The important role of leading architects and urban planners, design organizations, institutions in the architectural scientific process in our large industrial region considered here. We are researched the pronounced specifics, problems, development strategies that were changing in retrospect. The general characteristics of main scientific researching streams, the circumstances of its occurrence, the most important results and its scientific and applied significance for formation and development Architectural department of DonNACEA and Donbass region are discussed.

*V. F. Muschanov*

#### DEVELOPMENT OF APPROACHES TO ENSURING THE RELIABILITY OF THE UNIQUE BUILDINGS AND FACILITIES' STRUCTURES AT THE DESIGN STAGE

New approaches to ensuring reliability at the design stage of the unique buildings and structures are considered in article. It based on new methods for determining the numerical indicators of reliability of repeatedly statically indeterminate systems. This research is intended to the structures of unique buildings and structures of a high level of responsibility, made in the form of spatial bar metal structures (large-span structural coatings, truncated domes) and sheet structures (long-span membrane coatings, vertical cylindrical tanks of large volumes). Appropriate procedures of optimal design have been developed for individual types of structures.

*V. N. Levchenko, A. V. Nedorezov, S. N. Mashtaler*

#### FORMATION OF THE SCIENTIFIC SCHOOL'S REINFORCED CONCRETE THEORIES IN DONBASS NATIONAL ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND AR- CHITECTURE

This article presents the historical aspect of the development and formation the "Reinforced concrete structures" department in Donbass national academy of civil engineering and architecture. The prerequisites for the appearance of the department as an academy's structural unit are considered. Basic information about the history of the department is reflected. The department's role in the creation and development of the scientific school of the development of the theory of reinforced concrete is shown. The main streams of research activity are given. The contribution to the development of the department and scientific areas of the teaching staff is noted.



## SUMMARY

*Ye. V. Gorokhov, V. N. Vasylev, S. N. Bakaev, A. V. Tanasoglo*  
**OPTIMAL DESIGN AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF METAL LATTICE STRUCTURES IN OVERHEAD POWER LINES**

The article presents a new concept for the design of electrical networks. It is used for new unified metal poles' developing, economical and reliable for modern power industry. For the first time has been created a method for the of overhead lines' (OL) optimal design, making power transmission as a single structural system. Our research is taking into account the terrain, atmospheric and climatic conditions and the degree of environmental pollution, the requirements of efficiency, manufacturability and operating costs. We are paid attention to the changes, which are made in the restrictions and conditions that the vector of variable parameters satisfies for finding the geometric dimensions minimum mass' lattice structures. Optimal design, computer controlled assembly and the use of advanced technologies can reduce construction time, reduce operating costs and increase the service life of electrical networks.

*N.M. Zaichenko, A.K. Khalushev, V.V. Nefedov, I.Yu. Petrik*  
**MODIFICATION OF THE ELECTRICAL SURFACE PROPERTIES OF DISPERSED COMPONENTS IN HIGHLY FUNCTIONAL TECHNOLOGY COMPOSITE BUILDING MATERIALS**

The main world trends of development of building materials and products industry in recent years has been considered. They are: the involvement of waste raw materials in the production of building materials, including new types – innovative and composite, the implementation of advanced technologies for their production. Various technological solutions aimed at modifying the electrical surface properties of dispersed components to improve the quality indicators of composite building materials have been considered.

*V. I. Bratchun, M.K. Pakter, V. L. Bespalov, V. V. Zhevanov, A. I. Sazanov*  
**DONBASS' INDUSTRIAL WASTES AS EFFECTIVE COMPONENTS OF ROAD TAR AND ASPHALT CONCRETE MIXTURES**

This article describes our experience in Donbass' industrial wastes' study and using. First, it focused on primary waste from the production of polyvinyl chloride at the Donetsk chemical plant (screenings, filter cake, dust, crust). Second, polystyrene from the Gorlovka association "Azot" (polystyrene dust). Next – distillation residues from the distillation of phthalic anhydride at the Avdeevka coke plant as modifiers of the composition and structure of organic binders in coke production; viscous-plastic products of waste dumps and acid resins of the sulfate department as organic binders and tar-concrete mixtures for the construction of the lower layers of non-rigid pavements. Other direction of our research is neutralization sludge from pickling solutions of the Khartsyzsk steel wire and rope plant and deposited sewage sludge for the production of mineral powders as a component of tar-concrete and asphalt-concrete mixtures. And last point is polymer-containing production wastes of epoxy resins from the Gorlovsky chemical plant and stillage residues from the rectification of styrene from the Gorlovsky Azot association as activators of the surface of mineral powders of tar-concrete and asphalt-concrete mixtures.

## CONTENTS

GREETINGS FROM THE MINISTER OF CONSTRUCTION AND HOUSING UTILITIES.....	6
DONNACEA RECTOR'S GREETINGS .....	7

**PROCESSES OF FORMATION OF THE MODERN URBAN PLANNING ENVIRONMENT OF URBAN DEVELOPMENT OBJECTS**

<i>E. A. Gayvoronsky, H. A. Benai</i> SCIENTIFIC STREAMS OF THE REGIONAL DONBASS' ARCHITECTURAL SCHOOL IN DONNACEA.....	8
--	---

**LOADS AND IMPACTS ON STRUCTURES, BUILDINGS AND FACILITIES**

<i>V. F. Muschanov</i> DEVELOPMENT OF APPROACHES TO ENSURING THE RELIABILITY OF THE UNIQUE BUILDINGS AND FACILITIES' STRUCTURES AT THE DESIGN STAGE .....	17
--	----

<i>V. N. Levchenko, A. V. Nedorezov, S. N. Mashtaler</i> FORMATION OF THE SCIENTIFIC SCHOOL'S REINFORCED CONCRETE THEORIES IN DONBASS NATIONAL ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE .....	25
---	----

**CALCULATION OF BUILDINGS STRUCTURE'S THEORY**

<i>Ye. V. Gorokhov, V. N. Vasylev, S. N. Bakaev, A. V. Tanasoglo</i> OPTIMAL DESIGN AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF METAL LATTICE STRUCTURES IN OVERHEAD POWER LINES.....	30
---	----

**BUILDING MATERIALS**

<i>N. M. Zaichenko, A. K. Khalushev, V. V. Nefedov, I.Yu. Petrik</i> MODIFICATION OF THE ELECTRICAL SURFACE PROPERTIES OF DISPERSED COMPONENTS IN TECHNOLOGY COMPOSITE BUILDING MATERIALS.....	37
<i>V. I. Bratchun, M. K. Pakter, V. L. Bespalov, V. V. Zhevanov, A. I. Sazanov</i> DONBASS' INDUSTRIAL WASTES AS EFFECTIVE COMPONENTS OF ROAD TAR AND ASPHALT CONCRETE MIXTURES.....	45



## СОДЕРЖАНИЕ

**ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ***А. А. Петраков, В. В. Яркин*

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕОТЕХНИКИ  
В СТЕНАХ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И АРХИТЕКТУРЫ ..... 51

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ***В. И. Нездойминов, Н. И. Григоренко*

НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ  
НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ  
ПРИРОДНОЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ ДОНБАССА –  
К 50-летию ЮБИЛЕЮ ДОННАСА ..... 58

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ  
ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ  
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ***А. В. Лукьянов, З. В. Удовиченко*

НАУЧНАЯ ШКОЛА им. В.Ф. ГУБАРЯ ..... 63

*А. Н. Белоус, М. В. Оверченко, Д. В. Выборнов*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА  
УЧЕБНОГО ПОМЕЩЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ ..... 68

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА  
АКАДЕМИИ***Л. И. Сапрыкина, Т. Н. Шинкарева*

С ДНЁМ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИИ!  
С ДНЕМ РОЖДЕНИЯ БИБЛИОТЕКА! ..... 73

## SUMMARY

*A. A. Petrakov, V. V. Yarkin***FORMATION AND DEVELOPMENT OF GEOTECH-  
NICS IN DONBASS NATIONAL ACADEMY OF CIVIL EN-  
GINEERING AND ARCHITECTURE**

This article summarizes events and facts, which are covering history of the emergence, formation and development the main scientific areas of the geotechnical school of at the Civil Engineering Institute, and then DonSACEA and DonNACEA are summarized. The general characteristics of the main scientific research areas and educational activities are given.

*V. I. Nezdoyminov, N. I. Grigorenko***SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS IN NEW TECHNOL-  
OGIES' CREATION FOR THE CONSERVATION OF THE  
NATURAL AQUATIC ENVIRONMENT OF DONBASS – TO  
DONNACEA'S 50TH ANNIVERSARY**

The scientific achievements and researches in the water supply and sewerage's field, which influenced the life and development of our region are considered. The Donbass national academy of civil engineering and architecture role and role of the department of water supply, sanitation and water resources' protection in these scientific developments are presented. Besides the merits of our scientists over the past 50 years are noted, and achievements for the further development of science in academy are determined.

*A. V. Lukianov, Z. V. Udovichenko***SCIENTIFIC SCHOOL NAMED AFTER V.F. GUBAR**

The article considers the prerequisites for the creation of a scientific school at the department of heat engineering, heat and gas supply and ventilation, headed by Doctor of technical sciences, professor V. F. Gubar. The main scientific directions are presented, within the framework of which scientific research is carried out at the department and new scientific personnel of the highest qualification are being prepared. Showing the real results of research conducted by scientists of V.F. Gubar's scientific school, the topics of defended dissertations are given, the areas of implementation of scientific results are marked.



## S U M M A R Y

*A. N. Belous, M. V. Overchenko, D. V. Vybornov***THE THERMAL REGIME'S OF THE CLASSROOM  
MODELING: PROBLEMS AND PROSPECTS**

A review of methods for modeling the temperature regime of rooms is made here. Approaches to modeling heat transfer processes in rooms with non-stationary operation are described. The features of creating a geometric model of a room and methods for assigning boundary conditions in modeling heat transfer processes are determined. The problematic moments associated with the creation of a model of a classroom due to the inconsistent stay of people inside during the day are noted. The features of modeling of individual structural elements and parts are indicated, taking into account their geometric dimensions and the distribution of temperature fields. The main problems in creating computational models with non-stationary thermal conditions are outlined. And also the prospects for solving complex thermophysical problems are identified, taking into account the joint influence between the enclosing structures, taking into account the non-stationary heat input from household sources, the heat capacity of structures, the elements of filling the room and the simultaneous non-stationary thermal regime of the external environment are considered.

*L. I. Saprykina, T. N. Shinkareva***HAPPY BIRTHDAY DONNACEA! HAPPY BIRTHDAY  
SCIENTIFIC LIBRARY!**

This article presents a history of the library's development. The place and role in educational activities, cultural life of the Donbass national academy of civil engineering and architecture and our researcher's scientific issues are described.

## C O N T E N T S

**THEORY OF FORMATION AND IMPROVEMENT  
OF BUILDING TECHNOLOGIES***A. A. Petrakov, V. V. Yarkin*

FORMATION AND DEVELOPMENT OF  
GEOTECHNICS IN DONBASS NATIONAL  
ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND  
ARCHITECTURE..... 51

**INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER  
SUPPLY AND DISTRIBUTION SYSTEMS***V. I. Nezdoyminov, N. I. Grigorenko*

SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS IN NEW  
TECHNOLOGIES' CREATION FOR THE  
CONSERVATION OF THE NATURAL  
AQUATIC ENVIRONMENT OF DONBASS – TO  
DONNACEA'S 50TH ANNIVERSARY ..... 58

**ENERGY SAVING IN HEATING, VENTILATION  
AND AIR-CONDITIONING SYSTEMS***A. V. Lukianov, Z. V. Udovichenko*

SCIENTIFIC SCHOOL NAMED  
AFTER V.F. GUBAR ..... 63

*A. N. Belous, M. V. Overchenko, D. V. Vybornov*

THE THERMAL REGIME'S OF THE CLASSROOM  
MODELING: PROBLEMS AND PROSPECTS ..... 68

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL LIBRARY  
OF THE ACADEMY***L. I. Saprykina, T. N. Shinkareva*

HAPPY BIRTHDAY DONNACEA!  
HAPPY BIRTHDAY SCIENTIFIC LIBRARY! ..... 73



ОСИПОВ Эдуард Александрович

#### **УВАЖАЕМЫЕ ДРУЗЬЯ, КОЛЛЕГИ!**

*Поздравляю преподавательский коллектив, сотрудников и студентов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» с двумя славными юбилеями: 50-летием этого прославленного в Донбассе и во всех уголках бывшего Советского Союза высшего учебного заведения и 75-летием начала подготовки в Донбассе инженеров-строителей.*

*За прошедшие годы ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» заняла лидирующие позиции в области подготовки специалистов для строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства, получила широкое признание за рубежом, а разработки ученых получили признание коллег и были востребованы в решении задач социально-экономического развития региона.*

*Обращаясь к Вам со страниц журнала «Строитель Донбасса», соучредителем которого является Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики, хочу еще раз подчеркнуть огромную востребованность того разнопланового потенциала ученых Академии и подготовленных в ее стенах специалистов строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства для Донбасса, а с недавних пор, и для всей огромной России. Уверен, что Вы будете высоко нести статус базовой организации Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики, и те знаковые разработки, которые выполнены по заказу Минстроя ДНР в сферах территориального планирования, разработки проектов восстановления объектов транспортной инфраструктуры, систем водоснабжения и водоотведения, концепции строительства социального жилья на территориях, пострадавших от военных действий, будут дополнены результатами исследований в области новых технологий строительства, материалов, конструкций, средств механизации.*

*Только объединение науки, практики и государственной позиции позволит нам эффективно решить важнейшие задачи восстановления и дальнейшего развития народного хозяйства Донбасса и других регионов России.*

*Хочу пожелать вам успехов в реализации всех амбициозных планов, которые стоят перед вашим коллективом как в подготовке кадров, способных решать самые масштабные задачи для строительной отрасли, так и покорения новых вершин строительной науки, поскольку уверен, что именно строительство станет тем локомотивом, который обеспечит возрождение и развитие народного хозяйства Донбасса в составе великой России!*





**УВАЖАЕМЫЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ, СОТРУДНИКИ И СТУДЕНТЫ,  
ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ И ПАРТНЕРЫ, ВЫПУСКНИКИ!**

*Вот уже полвека на нашей родной земле динамично развивается высшая строительная школа. Деятельность коллектива Академии направлена на обеспечение Донецкой Народной Республики квалифицированными специалистами в области строительства, архитектуры, дизайна и проектирования, инженерных систем, экологии, механики, менеджмента и экономики в отрасли.*

*Подготовка инженеров-строителей в Донбассе началась еще в далеком 1947 году, когда послевоенный разрушенный гитлеровскими фашистами Донбасс нуждался в восстановлении. Осенью 2022 года исполняется 75 лет с момента исторического начала высшей строительной школы в Донбассе.*

*Наши выпускники востребованы не только в нашем молодом государстве, но и за рубежом, прежде всего, в Российской Федерации. Научные труды, исследования и разработки ученых Академии заложили основы не только теоретической базы фундаментальной науки в строительной отрасли, но и на протяжении всех этих лет используются во многих сферах жизни общества и государства, в народном хозяйстве, в территориальном планировании и инновациях.*

*Важнейшим достижением коллектива стала многогранная интеграция в образовательное и научное пространство Российской Федерации, полный переход на российские образовательные стандарты и, как итог, аккредитация всех образовательных программ. На сегодняшний день все выпускники ВУЗа получают наряду с дипломами ДНР и дипломы Российской Федерации.*

*От всего сердца поздравляю каждого, кому дорог наш ВУЗ, кто учился или работал здесь раньше, кто сейчас связал с ним свою студенческую страницу жизни и трудовую биографию. Каждый из нас сделал свой выбор — в разное время, по разным побуждениям, но все мы стали одной семьей, единым целым. Мы - ДонНАСА!*

*С уважением, ректор*

**Н. М. Зайченко**

# НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ШКОЛЫ ДОНБАССА В ГОУ ВПО «ДОННАСА»

Х. А. Бенаи, доктор архитектуры, профессор;

Е. А. Гайворонский, доктор архитектуры, профессор

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы актуальности комплексного рассмотрения специфики научной школы архитектурного факультета в региональном строительно-архитектурном вузе – в ГОУ ВПО «ДОННАСА». Обобщены события и факты, освещающие историю возникновения, становления и развития основных научных направлений региональной архитектурной школы Донбасса на архитектурном факультете Макеевского инженерно-строительного института, а затем ДонГАСА и ДонНАСА, в том числе на современных кафедрах «Архитектурное проектирование и дизайн архитектурной среды», «Градостроительство и ландшафтная архитектура» и «Землеустройство и кадастры». Рассматривается роль ведущих архитекторов и градостроителей, проектных организаций, учреждений в архитектурном научном процессе в крупнейшем промышленном регионе с ярко выраженной спецификой, проблемами, стратегией развития, меняющимися в исторической ретроспективе. Приводятся общие характеристики основных научных направлений, обстоятельства их возникновения, наиболее важные результаты и их научно-прикладное значение, в том числе для формирования, становления и развития как архитектурного факультета и Академии, так и региона.

**Ключевые слова:** архитектурный факультет, Донбасс, научные направления, подготовка архитектурных кадров, региональная архитектурная школа.



**Бенаи**

*Хафизулла Аминуллович*



**Гайворонский**

*Евгений Алексеевич*

## ВВЕДЕНИЕ

Формирование региональной школы подготовки архитектурных кадров для Донбасса берет начало в 1972 г., когда в только что созданном Макеевском инженерно-строительном институте был произведен первый набор студентов для подготовки по специальности «Архитектура» и начал работу архитектурный факультет. Обобщение информации о формировании, становлении и развитии научной школы архитектурного факультета является на сегодняшний день важной задачей, особенно в год пятидесятилетнего юбилея и факультета, и Академии. Общие сведения о научных направлениях архитектурного факультета можно встретить на информационных сайтах Академии и в различных научных публикациях преподавателей и студентов выпускающих кафедр. В данной статье впервые комплексно обобщена эта информация, что имеет очень важное научное и практическое значение для осмысления специфики региональной научной архитектурной школы и значения результатов её деятельности для формирования, развития и сохранения научного потенциала ГОУ ВПО «ДОННАСА» на современном этапе её развития, для осознания той важной роли, которую изначально играла и в настоящее время играет Академия в социально-экономической и культурной жизни Донбасса. Особую актуальность данное обобщение и осмысление имеет в современных условиях беспрецедентных геополитических, социально-экономических трансформаций, затронувших наш регион.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Процессы создания и становления архитектурного факультета Макеевского ИСИ, а затем ДонГАСА и ДонНАСА происходили в тесном контакте с Донецкой организацией Союза архитекторов, руководством ведущих региональных проектных организаций (Донецкий ПромстройНИИпроект, институты «Донецкпроект», «ДонГИПрощахт», «Донбассгражданпроект», УГА<sup>1</sup> Донецка и Макеевки), деятельность которых направлена на решение конкретных актуальных архитектурно-

<sup>1</sup> Управление градостроительства и архитектуры.



градостроительных проблем и задач региона в целом и его отдельных населённых мест. Это обстоятельство изначально предопределяло и в настоящее время обуславливает общую структуру и направленность научной деятельности архитектурного факультета и его подразделений.

Важное значение для развития научной деятельности архитектурного факультета имело то, что уже на первых этапах его работы для руководства кафедрой архитектурного проектирования (АП — изначально основа архитектурного факультета) были приглашены опытные практикующие архитекторы, в том числе и с учёной степенью: из Донецкого ПромстройНИИ проекта — канд. архит. С. Н. Багмут<sup>2</sup> (заведующий кафедрой АП в 1972-1977 гг.) и ведущий архитектор Б. А. Соловьев (1977-1983 гг.); из ПИ «ДонГИПрощахт» — канд. архит. Т. Н. Вышинская (1983-1987 гг.); главный архитектор г. Макеевки В. И. Онищенко (1992-1995 гг., по совместительству); из ПИ «Донецкпроект» — канд. архит. А. А. Мураенко (1995-1996 гг.).

Руководство архитектурным факультетом с самого начала осуществляли опытные учёные — к.т.н., профессор Б. Т. Елагин (1972-1979 гг.); к.т.н., доцент Н. В. Прядко (1979-1988 гг.); канд. архит., доц. О. В. Чемакина (1992-1996 гг.). В 1996 г. для руководства кафедрой архитектуры был приглашён архитектор-практик с международным опытом работы и учёный, докт. архит., проф. Х. А. Бенаи. В 1997 г. кафедра архитектуры получила статус архитектурного факультета, а докт. архит., проф. Х. А. Бенаи был назначен деканом факультета. Это дало мощнейший толчок общему развитию как отдельных научных направлений, так и научно-методическому обеспечению подготовки архитектурных научных кадров в вузе. Под руководством и при непосредственном участии проф. Х. А. Бенаи на факультете была открыта аспирантура, а затем и докторантура по специальностям 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности» и 05.23.20 «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия». Благодаря этому целый ряд специалистов получили возможность и повысили свою научную квалификацию: доктор архитектуры Гайворонский Е. А. (2018 г.), кандидаты архитектуры Черныш М. А. (2012 г.), Радионов Т. В. (2015 г.), Липуга Р. Н. (2015 г.), Джерелей Д. А. (2018 г.), Анисимов А. В. (2020 г.), Синякова А. Е. (2021 г.) и др. Под общим руководством и при непосредственном участии проф. Х. А. Бенаи на архитектурном факультете также была открыта магистратура по всем направлениям подготовки — «Архитектура» (2016 г.), «Дизайн архитектурной среды» (2017 г.), «Градостроительство» (2018 г.). В настоящее время осуществляется подготовка к открытию магистратуры по направлению «Ландшафтная архитектура». Под научным руководством профессора Бенаи Х. А. защитили: кандидатские диссертации Губанов А. В., Полищук А. А., Радионов Т. В., Липуга Р. Н., докторскую диссертацию Гайворонский Е. А., а в настоящее время осуществляется подготовка к защите ещё двух докторских диссертаций (Радионов Т. В. и Яковенко К. А.) и нескольких кандидатских диссертаций по архитектуре.

В качестве руководителей курсового и дипломного архитектурного проектирования в разное время были приглашены архитекторы ведущих организаций Донбасса, владеющие опытом практического решения архитектурно-градостроительных проблем региона: из Донецкого ПромстройНИИ проекта — к.т.н. Г. Н. Школяренко (в 1970-е — 1980-е гг. доцент кафедры); из ПИ «ДонГИПрощахт» — архитектор Н. П. Настенко (ст. преподаватель кафедры); главные архитекторы г. Донецка — В. П. Кишкань (1965-1989 гг.), И. Я. Кислый (1950-е гг.) и А. Е. Емельянов (1989-1991 гг.); председатели Донецкой организации Союза Архитекторов СССР и НСАУ — Н. М. Поддубный (1980-е гг., в 1963-2005 гг. архитектор, ГАП, директор по архитектуре и градостроительству ПИ «Донбассгражданпроект»), Ю. П. Олейник (1985-1991 гг.), В. В. Шамраевский (в 1977-1982 гг. гл. архитектор г. Мариуполя, в 1982-1994 гг. гл. архитектор Донецкой обл., с 1996 г. — доцент кафедры АП); специалисты ГлавУГА г. Донецка — М. Я. Ксенович (впоследствии в 2000-х гг. докт. архит. и проф. КНУСА, г. Киев), М. Г. Навроцкий (с 1993 г. — ГАП КП «Управление генплана г. Донецка»); С. И. Прудиус (в 2000-е гг. директор ПИ «Донбассгражданпроект», затем начальник УКС г. Донецка); Народный и Заслуженный архитектор УССР А. Л. Лукин; Заслуженные архитекторы УССР П. И. Вигдергауз, П. М. Жук (гл. инженер ПИ «Донецкпроект»), В. И. Романчиков, С. А. Ильин.

В настоящее время руководство выпускающими кафедрами архитектурного факультета осуществляют: докт. архит., проф. Бенаи Х. А. (кафедра архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды); докт. архит., проф. Гайворонский Е. А. (кафедра градостроительства и ландшафтной архитектуры); докт. архит., проф. Шолух Н. В. (кафедра землеустройства и кадастра).

В рамках хозяйственной тематики на архитектурном факультете выполняются научно-проектные работы для Донбасса. Так, по заказу Управления промсанитарии МУП УССР (1985 г., научный руководитель — канд. архит., доцент Т. Н. Вышинская) совместно с Донецким медицинским институтом им. М. Горького и Донецким центром техники безопасности и профилактики профзаболеваний разработана концепция архитектурного формирования комплексов медико-психологической подготовки шахтёров для угольных шахт Донбасса. Результаты этой работы были внедрены в ЦНИИПромзданий (г. Москва) при разработке материалов по СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания промышленных предприятий» для проектных организаций СССР (1990 г., архит. Гайворонский Е. А. при подготовке диссертации кандидата архитектуры).

В 1980-х — 1990-х гг. на стыке прикладных научных исследований и практики при архитектурном факультете была создана и функционировала экспериментальная лаборатория архитектурного дизайна и эстетики. Впоследствии это предопределило в некоторой степени открытие в 2000-х гг. нового направления подготовки «Дизайн архитектурной среды».

<sup>2</sup> Старший научный сотрудник ПИ «Донецкий ПромстройНИИпроект» (1960-е — 1970-е гг.), ученик докт. архит., проф. А. Я. Хорхота; занимался научными исследованиями в сфере строительства и архитектуры зданий шахтной поверхности.

*Архитекторы, ученые, педагоги, которые внесли весомый вклад в развитие основных научных направлений архитектурной школы Донбасса.*

Большой вклад в становление и развитие научной архитектурной школы Донбасса внесли ректор ДонНАСА д.т.н., профессор, академик Горохов Е. В., а также педагоги и ученые архитектурного факультета (фото1):

докт. архит., профессор Игнаткин И. А.; к.т.н., проф. Елагин Б. Т.; докт. архит. проф. Бенаи Х. А.; докт. архит., проф. Шолух Н. В.; докт. архит., проф. Гайворонский Е. А.; к.т.н., доц. Школяренко Г. Н.; канд. архит., доц. Вышинская Т. Н.; канд. архит., доц. Чемакина О. В.; канд. архит., доц. Вергелес А. В.; канд. архит., доц. Мураенко А. А.; канд. архит., доц. Лобов И. М.



*Д-р т.н., проф.,  
Горохов Е. В.*



*Д-р арх., проф.  
Игнаткин И. А.*



*К.т.н., проф.  
Елагин Б. Т.*



*Д-р арх., проф.  
Шолух Н.В.*



*К.т.н, доц.  
Школяренко Г.Н.*



*Канд. арх., доц.  
Вышинская Т. Н.*



*Канд. арх., доц.  
Чемакина О.*



*Канд. арх., доц.  
Мураенко А. А.*



*Канд. арх., доц.  
Вергелес А. В.*



*Канд. арх., доц.  
Лобов И. М.*

*Фото 1. Архитекторы, ученые, педагоги ГОУ ВПО «ДОННАСА», которые внесли весомый вклад в развитие основных научных направлений региональной архитектурной школы Донбасса*

На развитие научного потенциала архитектурного факультета ДонНАСА оказали влияние учёные других регионов (фото 2): докт. архит., проф. Ксенович М. Я. (КНУСА, г. Киев); докт. архит., проф. Мироненко В. П. (ХНУСА, г. Харьков); докт. архит., проф. Нагаева З. С. (ФГБОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь); докт. архит., проф. Муксинов Р. М. (ГОУ ВПО «Киргизско-Российский Славянский Университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Бишкек) и др. В научных исследованиях архитектурно-градостроительных проблем Донбасса принимали и принимают участие архитекторы Донбасса – по совместительству педагоги архитектурного факультета (фото 3): Емельянов А. Е., Прудис С. И., Семченков Л. В.,

Заслуженный архитектор Донецкой Народной Республики доцент Шамраевский В. В. и др.

Архитекторами-выпускниками архитектурного факультета разработан, запатентован метод универсальной планетарной пассивной системы (УППС) использования солнечной энергии в природно-климатических условиях Донбасса (архитекторы В. В. Сучков и Л. В. Семченков) [4], который проходит апробацию на архитектурном факультете в НИР, учебном курсовом и дипломном проектировании архитектурно-градостроительных объектов.

Благодаря руководству Академии и архитектурного факультета в 1980-е гг. осуществлялась подготовка преподавателей высшей квалификации через аспирантуру МИСИ им. В. В. Куйбышева<sup>3</sup> (Вергелес А. В., Гайворонский Е. А., Аверкиев В. О., Шолух Н. В.) и Киевского ИСИ (Яценко В. А., Чемакина О. В.).

<sup>3</sup> В настоящее время НИУ МГСУ – Научно-исследовательский Московский государственный строительный университет.





*Д-р арх., проф.  
Муксинов Р. М.*



*Д-р арх., проф.  
Ксенович М. Я.*



*Д-р арх., проф.  
Мироненко В. П.*



*Д-р арх., проф.  
Нагаева З. С.*

*Фото 2. Ученые, оказавшие существенное влияние на развитие научного потенциала архитектурной школы ГОУ ВПО «ДОННАСА»*



*Архитектор  
Емельянов А. Е.*



*Архитектор  
Прудиус С. И.*



*Заслуж. арх. ДНР  
Шамраевский В. В.*



*Архитектор  
Семченков Л. В.*

*Фото 3. Архитекторы Донбасса, которые внесли весомый вклад в развитие научных исследований архитектурно-градостроительных проблем Донбасса*

Из числа профессорско-преподавательского состава архитектурного факультета вышел ряд кандидатов архитектуры, ставших сотрудниками и научными работниками различных организаций и учреждений как Донбасса, так и других регионов.

На всем протяжении существования архитектурного факультета сформировались и получили развитие несколько основных научных направлений.

Научные результаты по направлению «*Исследование проблем развития и совершенствования жилищной архитектуры городов Донбасса*» (научный руководитель — профессор, докт. архит. Бенаи Х. А.) были внедрены при выполнении госбюджетной темы Д-1-01-17 «Разработка концепции создания социального жилья и восстановления объектов инфраструктуры на территориях, пострадавших от военных действий» (2017–2018 гг., гос. рег. № 0117 D 000217) по заказу Минстроя ДНР [1]. По данному научному направлению успешно защищена кандидатская диссертация (2015 г., Радионов Т. В.<sup>4</sup>, научный руководитель - докт. архит., проф. Бенаи Х. А.),

осуществляется подготовка к защите диссертационной работы Пестряковой Э. Р. (научный руководитель - докт. архит., проф. Бенаи Х. А.). Данной теме была посвящена также кандидатская диссертация выпускника архитектурного факультета Аверкиева В. А.<sup>5</sup>

Успешно развивается новое инновационное научное направление «*Особенности динамической организации архитектуры зданий и сооружений, подлежащих реконструкции*» (научный руководитель - канд. архит., доц. Радионов Т. В.) (фото 4) [3], в рамках которого в настоящее время осуществляется подготовка к защите докторской диссертации (канд. архит., доц. Радионов Т. В., научный консультант - докт. архит., проф. Бенаи Х. А.).

«*Исследование проблем проектирования реабилитационной среды для инвалидов и людей преклонного возраста в промышленных городах Донбасса*» (научный руководитель — докт. архит., проф. Н. В. Шолух) берет начало в конце 1980-х - в начале 1990-х гг. В рамках

<sup>4</sup> Архитектурно-пространственная реконструкция объектов типовой застройки городов Донбасса / Т. В. Радионов. Автореф....дис. канд. арх. — Макеевка: ДонНАСА, 2015. — 24 с.

<sup>5</sup> Аверкиев В. А. Социально-функциональные основы архитектурно-планировочной реконструкции городского жилища 1950–1960-х годов в Донбассе. Дис. ... канд. архит. Научн. рук. д.т.н. проф. Маклакова Т. Г. — Москва: Московский ГСУ, 1994 г. — 190 с.



*Канд. арх., доц.  
Радионо́в Т. В.*



*Канд. арх., доц.  
Дже́релей Д. А.*



*Канд. арх., доц.  
Че́рныш М. А.*



*Канд. арх., доц.  
Синяко́ва А.Е.*

*Фото 4. Выпускники архитектурного факультета, развивающие современные научные направления региональной архитектурной школы Донбасса*

данного научного направления защищена докторская диссертация (2010 г., Шолух Н. В.<sup>6</sup>), подготовлено два кандидата архитектуры (2019 г., Анисимов А. А.<sup>7</sup>; 2021 г., Синякова А. Е.<sup>8</sup> (фото 4), научный руководитель - докт. архит. Шолух Н. В.). В ходе реализации научных результатов по данному направлению в 2010 г. студенты архитектурного факультета Светличный П. и Герцев А. подготовили проект «Реконструкция олимпийского комплекса в Берлине с учетом потребностей малоомобильных групп населения» (научные руководители: докт. архит., проф. Бенаи Х. А.; докт. архит., проф. Шолух Н. В., доц. Шамраевский В. В.; ГИП, д.т.н., проф. Мушанов В. Ф.), который был высоко оценен на престижном международном конкурсе в Германии, а авторы проекта были приглашены представить его на фестивале «Archiprix International 2011» на базе Массачусетского технологического института в США.

Научное направление «**Архитектурно-ландшафтная реабилитация нарушенных территорий, реновация территории недействующих промышленных предприятий Донбасса**» (научный руководитель - канд. архит., доц. И. М. Лобов) логически продолжает исследования проблем рекультивации терриконов и нарушенных

территорий в городах региона, начатые на архитектурном факультете в 1970-х – 1980-х гг. при выполнении хозговорных НИР (научный руководитель - к.т.н., доцент Г. Н. Школяренко<sup>9 10 11</sup>). По результатам исследований подготовлены и защищены 3 кандидатские диссертации (2001 г., Лобов И. М.<sup>12</sup>; 2005 г., Таболина Т. В.<sup>13</sup>, научный руководитель - канд. архит., доц. Чемакина О. В.; 2018 г., Джерелей Д. А., научный руководитель - канд. архит., доц. Лобов И. М.). В настоящее время готовится к защите кандидатской (Ступина А. Э., научный руководитель - канд. архит., доц. Лобов И. М.) и докторская диссертация (к.т.н., доц. Яковенко К. А., научный руководитель - докт. архит., проф. Бенаи Х. А.).

Научное направление «**Региональные особенности формирования и развития архитектуры, градостроительства, ландшафтной и садово-парковой архитектуры, реконструкции и реставрации объектов культурного наследия Донбасса**» (научный руководитель - докт. архит., проф. Е. А. Гайворонский). Импульсом для развития исследований по данному направлению стала научная работа, посвящённая архитектурному формированию специальных оздоровительных комплексов

<sup>6</sup> Шолух Н. В. Системные принципы архитектурного совершенствования реабилитационной среды промышленного города. – Автореферат дис. ... докт. архит. по спец. 18.00.01 – теор. архит., реставрация памятников архит. – Харьковский ГТУСА, Харьков, 2010. – 36 с.

<sup>7</sup> «Архитектурно-планировочная организация комплексов социально-бытового обслуживания в районах компактного проживания слепых (на примере городов Донбасса)» / А. В. Анисимов. Автореф дис....канд. арх. – Макеевка: ДонНАСА, 2019. – 24 с.

<sup>8</sup> «Архитектурно-планировочная организация образовательно-реабилитационной среды в высших учебных заведениях (на примере Донецкого региона)» / А. Е. Синякова. Автореф дис....канд. арх. – Макеевка: ДонНАСА, 2021. – 24 с.

<sup>9</sup> Ст. н. с. ГПИ «Донецкий ПромстройНИИпроект» (1960-е - нач. 1970-х гг.), автор научных изданий и публикаций по проблемам восстановления и усовершенствованию естественного ландшафта Донбасса и строительству на терриконах, защиты зданий от влияния горных выработок.

<sup>10</sup> Архитектурно-планировочные предложения по переустройству и благоустройству территории терриконов шахты им. А.Б. Батова, по формированию новых отвалов из пород текущего поступления: Отчет (заключительный) / Минвуз УССР, МИСИ; Рук. темы к.т.н. Г. Н. Школяренко. – 81-35/1. № Гр 01821040065. Инв. № 0066484. – Макеевка, Макеевский ИСИ, 1983. – 57 с.

<sup>11</sup> Разработка новых методов планировки и застройки угленосных территории: Заключительный отчет. Часть 1/ Минвуз УССР, МИСИ, Научн. рук. к.т.н., доц. Г. Н. Школяренко; Г-1-4-79; Инв. № 0081721, № Гр 79037947. – Макеевка, Макеевский ИСИ, 1982. – 168 с.

<sup>12</sup> Лобов И. М. Функционально-планировочная реабилитация застройки нарушенных территорий (на примере Донецко-Макеевской агломерации) / Автореф. дис. ... канд. арх. – Киев, 2002 г. – 19 с.

<sup>13</sup> Методика архитектурной реабилитации городской среды Донбасса, включающей нарушенные территории / Таболина Т. В. Дис. ...канд. архитектуры. – Харьков, 2005. – 211 с.

для шахтёров Донбасса<sup>14</sup>. Полученные при этом научные результаты оказались знаковыми для формирования архитектуры Донбасса в целом, где угледобывающая отрасль является фактором, определяющим специфику региона. По результатам исследований региональных особенностей архитектуры Донбасса подготовлена и успешно защищена докторская диссертация<sup>15</sup>, а результаты исследований получили внедрение при подготовке проектов жилищного и строительного кодексов Донецкой Народной Республики (2015–2016 гг.); при разработке и реализации ряда проектов, а также «Концепции развития региональных особенностей архитектуры зданий и сооружений в городах Донецкой Народной Республики», принятой для реализации ведущими проектными организациями ДНР и ГлавУГА администрации городов Донецка и Макеевки. Результаты исследований внедрены в учебном процессе: при разработке более 1000 дипломных проектов студентов архитектурного факультета (ряд из них были высоко оценены на международных конкурсах), а также при подготовке дисциплин «Проблемы национальной и региональной архитектуры» для аспирантов, «Региональные особенности проектирования зданий и сооружений», «Региональные проблемы градостроительства», «Региональные основы ландшафтного проектирования» для бакалавриата и магистратуры по направлениям «Архитектура», «Градостроительство», «Дизайн архитектурной среды», «Ландшафтная архитектура».

Результаты исследований региональных особенностей архитектуры Донбасса воплощаются в постдипломном творчестве выпускников архитектурного факультета, в том числе в архитектурных решениях объектов в г. Донецке: Музей Великой Отечественной войны и художественно-выставочный центр «Арт-Донбасс» (2011 г., ГПИ «Донецкпроект», архитекторы Кайяль И. В., Балакирев П. В.) в составе мемориального комплекса «Твоим освободителям, Донбасс!»; админздание по пер. Донбасскому, 1 в Калининском районе (2012 г., ТАМ «Г. М. Алтунин»; торгово-развлекательные и офисные центры «Золотое кольцо» (2003 г., ООО ТПЦ «Среда»), «Донецк-Сити» (объект — лауреат госпремии Украины 2008 г. по архитектуре, ООО ТПЦ «Среда» при участии выпускников архитектурного факультета Омельченко П. Н., Романчикова С. В. и Березанского А. В.) и «GREEN-PLAZA» (2007 г., при участии выпускников Омельченко П. Н.,

Романчикова С. В., Березанского А. В., Селезневой Е., Ильина К. С.); библиотечно-информационный корпус Донецкого НТУ по ул. Артема, 96 (2007 г., ООО ТПЦ «Среда» с участием выпускника архитектурного факультета 1999 г. Готовцева Р. В.; лучший архитектурный объект Украины 2008 г.) и других.

Научное направление «*Современная архитектурно-градостроительная реинтеграция объектов культурного наследия Донбасса*» (научные руководители — докт. архит., проф. Гайворонский Е. А. и канд. архит., доц. Черныш М. А. развивается с конца 1970-х гг., когда под руководством докт. архит., проф. И. А. Игнаткина (руководитель сектора теории КиевНИИТАГ<sup>16</sup>, г. Киев) на архитектурном факультете было создано научное общество охраны памятников истории и культуры. По материалам исследований, выполненных в этот период, были защищены две кандидатские диссертации (1991 г., Вергелес А. В.<sup>17</sup>; 1989 г., Яценко В. А.<sup>18</sup>).

В 1999 г. на базе архитектурного факультета ДонГАСА был создан региональный Центр историко-архитектурных исследований<sup>19</sup> (первый руководитель — канд. архит., доцент Вергелес А. В.; с 2006 г. по настоящее время — Гайворонский Е. А., канд. архит., доцент, затем докт. архит.). Итогом работы стала подготовка и утверждение Донецкой облгосадминистрацией списка памятников архитектуры и градостроительства местного и национального значения (1999 г.). За время существования Центра выполнен ряд важных научно-проектных работ, в том числе: историко-архитектурные опорные планы и проекты зон охраны объектов культурного наследия в составе генпланов Макеевки (2008 г.), Артёмовска и Часов-Яра (2014 г.); историко-градостроительные обоснования проектов реконструкции существующих и строительства новых объектов в исторических ареалах Макеевки и Донецка; проект сохранения и реставрации фасадов театра оперы и балета им. А. Б. Соловьяненко (2020 г.) (рис. 1а); проект сохранения и реставрации ОКН «Автомобильный мост через реку Кальмиус по проспекту Ильича в г. Донецке» (2021 г.) (рис. 1в, г), а также историко-градостроительное обоснование реконструкции и восстановления ОКН «Мемориальный комплекс «Саур-Могила» в Шахтёрском районе (2021 г.) (рис. 1б). По материалам исследований Центра защищены три кандидатские диссертации (2008 г., Губанов А. В.<sup>20</sup> и 2010 г., Полищук А. А.<sup>21</sup>; научные руководители — канд. архит., доц. Вергелес А. В. и докт. архит., проф.

<sup>14</sup> Архитектурно-планировочная организация комплексов оздоровительно-профилактического назначения на предприятиях угледобывающей промышленности (на примере угольных шахт Донбасса) Дис. ... на соиск. уч. ст. канд. арх. Гайворонского Е. А. — М., 1992. С. 169. с прил. и илл.

<sup>15</sup> Региональные особенности формирования и развития архитектуры зданий и сооружений в городах Донбасса Дисс. ... докт. арх. Гайворонского Е. А. в 2-х т. — Макеевка, 2017. С. 407. с прил. и илл. [http://donnasa.ru/upload/files/dissertation\\_gayvoronskiy.pdf](http://donnasa.ru/upload/files/dissertation_gayvoronskiy.pdf)

<sup>16</sup> Киевский научно-исследовательский институт теории архитектуры и градостроительства

<sup>17</sup> Вергелес А. В. Особенности градостроительного развития Донбасса в период с 1917 по 1941 годы/ Автореф. дис. ....канд. архит./ Московский архитектурный институт. — М., 1991. — 24 с.

<sup>18</sup> Яценко В. А. Планировочная реконструкция больших городов Донбасса, образованных в годы первых пятилеток : автореферат дис. ... кандидата архитектуры : 18.00.04 / КИСИ. — Киев, 1989. — 21 с.

<sup>19</sup> Первоначальное название — ЦИАИ «Наше наследие», затем «Архитектурное наследие», в настоящее время — Научно-проектный центр «Архитектурно-градостроительное наследие»

<sup>20</sup> Губанов А. В. Принципы формирования ансамблей 1930—50-х гг. в центрах городов Донбасса [Текст] : дисс. на соиск. науч. степени канд. арх. : спец. 18.00.01 «Теория архитектуры. Реставрация памятников архитектуры» /А. В. Губанов. — Харьков, 2008. —180 с.





а



б



в



г

Рис. 1. Примеры объектов культурного наследия, для которых разработана научно-проектная документация:  
а – здание театра оперы и балета им. А. Б. Соловьяненко в г. Донецке;  
б – Мемориальный комплекс «Саур-Могила» в Шахтёрском районе ДНР;  
в, г – автомобильный мост через реку Кальмиус по проспекту Ильича в г. Донецке, фрагмент стелы на въезде с ул. Набережной

Бенаи Х. А.; 2014 г., Черныш М. А.<sup>22</sup>, научный руководитель - докт. архит., доц. Шолух Н. В.). Развитию данного научного направления была посвящена диссертация канд. архит. Липуги Р. Н.<sup>23</sup> (2015 г., научный руководитель - докт. архит., проф. Бенаи Х. А.).

К историко-архитектурным исследованиям и выполнению научно-проектных работ привлекаются студенты архитектурного факультета. Ежегодно студенты первых курсов во время ознакомительно-рисовальных и обмерочных практик выполняют работы по пополнению архива материалов по объектам культурного наследия в городах Донбасса и его Донецкого региона. На базе Научно-проектного центра проходят практику

студенты старших курсов архитектурного факультета.

В настоящее время в рамках развития исторического научного направления ведётся подготовительная работа по открытию новой специальности «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия». С 2021 г. на основе магистратуры 07.04.04 «Градостроительство» осуществляется подготовка специалистов по профилю «Особенности реконструкции и реставрации архитектурно-градостроительного наследия в Донецкой Народной Республике». Большое значение при этом имеет тесная связь с Министерством культуры ДНР, отделами культуры Донецка и Макеевки, Донецким республиканским краеведческим музеем.

<sup>21</sup> Полищук А. А. Принципы формирования функционально-пространственной структуры учреждений культуры и досуга клубного типа (на примере Дворцов культуры 20-70-х гг. XX в. г. Донецка) [Текст] : автореф. дис. ... канд. архит. : 18.00.01 / А. А. Полищук; ХГТУСА. - Харьков, 2010. - 22 с.

<sup>22</sup> Регенерация культурно-исторической среды промышленного города (на примере города Макеевки) / М. А. Черныш. Автореф... дис. канд. арх. — Макеевка: ДонНАСА, 2014. — 24 с.

<sup>23</sup> Архитектурно-планировочная организация православных храмов Юго-Восточной Украины с учетом их исторического развития / Р. Н. Липуга. Автореф... дис. канд. арх. — Макеевка: ДонНАСА, 2014. — 24 с.

Выполненные в рамках данного исторического направления выпускные работы студентов архитектурного факультета экспонировались на выставке «Индустриальное наследие Донбасса», посвященной 150-летию металлургии России, в Государственной Думе Федерального Собрания России (15-19 мая 2017 г., Москва).

Относительно недавно получило развитие научное направление *«Формирование и развитие архитектуры зданий, сооружений, их комплексов с подземными структурами в городах Донбасса»* (научный руководитель - канд. архит., доцент Джерелей Д. А. [2]. Начало развития этого самостоятельного научного направления было положено в процессе подготовки и успешной защиты диссертации «Архитектурно-планировочная организация центров хранения и обработки данных (на базе угольных шахт)» (2018 г., Джерелей Д. А., научный руководитель - канд. архит., доц. Лобов И. М.).

В 2004 г. на архитектурном факультете организована УНТЛ «Градостроительство»<sup>24</sup> (руководитель - Богак Л. Н.) где ведутся работы по уточнению генеральных планов городов, составлению градостроительных обоснований строительства различных объектов, организации придомовых территорий и оценке земли. Основу коллектива составляют опытные специалисты-градостроители - выходцы из архитектурно-планировочной мастерской НИТПИ<sup>25</sup> «Донбассгражданпроект» им. Н. А. Травкина (г. Донецк). С 2020 г. профессорско-преподавательский состав архитектурного факультета участвует в проведении научных исследований по разработке стратегии социально-экономического развития Донецкой Народной Республики в архитектурно-градостроительной сфере.

Признанием достижений научной архитектурной школы ГОУ ВПО «ДОННАСА» являются договора о творческом и научном сотрудничестве между кафедрами архитектурного факультета и соответствующими профильными подразделениями ведущих вузов Российской Федерации и государств ближнего зарубежья: ГОУ ВПО «Кыргызско-Российский Славянский Университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Академия строительства и архитектуры ФГБОУ ВО «Самарский ГТУ», Институт архитектуры и строительства ФГБОУ ВО «Волгоградский ГТУ» и др.

Научная школа архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА» завоевывает и международное признание. Докт. архит., проф. Бенаи Х. А. является членом диссертационного совета Казанского Федерального Университета (г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация). Результаты научных исследований проходят апробацию в рамках выполнения ВКР студентов архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА» и получают высокую оценку (дипломы I и II степени) на Международных

конкурсах-фестивалях архитектурных школ Евразии, которые проводятся Казахской головной архитектурно-строительной академией (КазГАСА, Республика Казахстан) и компанией ТЮРКСОЙ (Турция) на базе таких вузов и организаций, как: Университет Малтепе (г. Стамбул, Турция, 2013 г.), КазГАСА (г. Алматы, Казахстан), Йылдызский технический университет (г. Стамбул, Турция), Фонд Ромуальдо дель Бианко (г. Флоренция, Италия, 2015 г.), Ближневосточный Университет Северного Кипра (г. Лефкоша, 2016 г.), Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Бишкек), Самарский ГТУ (2017 г., Россия, г. Самара); Технический университет Молдовы (г. Кишинев, 2018 г.), а также в г. Ташкенте (2019 г., Узбекистан).

С 2020 г. осуществляется подготовка кандидатской диссертации «Особенности архитектурного формирования малоэтажных жилых зданий в Республике Южная Осетия» (соискатель — Плиев А. С., старший преподаватель Юго-Осетинского ГТУ им. А. А. Тибилова, г. Цхинвал; научный руководитель - докт. архит., проф. Гайворонский Е. А.). Ежегодно учёными архитектурного факультета осуществляется рецензирование и оппонирование диссертационных работ, подготовленных в вузах России, Казахстана, Киргизии, Узбекистана и других стран. Учёные архитектурного факультета участвуют в международных конференциях, в том числе по именным приглашениям [6].

В настоящее время на архитектурном факультете учебный процесс осуществляют: 3 профессора, доктора архитектуры; 7 кандидатов архитектуры, 8 доцентов; 7 старших преподавателей; 15 ассистентов, в том числе магистров архитектуры. К преподаванию привлекаются профессиональные ученые-педагоги, преподаватели, архитекторы-практики из КП<sup>26</sup> «Управление генерального плана города Донецка», ДРГПИ<sup>27</sup> «ДОНЕЦКПРОЕКТ», Департамента территориального развития Министерства строительства и ЖКХ ДНР, ГлавУГА<sup>28</sup> городов Донецка и Макеевки.

Докт. архит., проф. Бенаи Х. А., докт. архит., проф. Шолух Н. В., докт. архит., проф. Гайворонский Е. А. являются членами специализированного диссертационного совета Д 01.006.02 ГОУ ВПО «ДОННАСА».

Ежегодно профессорско-преподавательский состав архитектурного факультета пополняется преподавателями из числа выпускников магистратуры, которые затем продолжают свою научную работу в аспирантуре или в качестве соискателей степени кандидата архитектуры. В настоящее время над кандидатскими диссертациями работают: на кафедре архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды – 3; на кафедре градостроительства и ландшафтной архитектуры – 3; на кафедре землеустройства и кадастров – 2. Готовятся к защите две диссертации на соискание степени доктора архитектуры.

Для развития научных направлений архитектурного факультета и постоянного мониторинга актуальных

<sup>24</sup> Универсальная научно-техническая лаборатория «Градостроительство».

<sup>25</sup> Научно-исследовательский территориальный проектный институт.

<sup>26</sup> Коммунальное предприятие.

<sup>27</sup> Донецкий региональный государственный проектный институт.

<sup>28</sup> Главное управление градостроительства и архитектуры.



проблем региона важную роль играет участие сотрудников архитектурного факультета в работе архитектурно-градостроительных советов: при Минстрое ДНР (д. архит., проф. Бенаи Х. А.; д. архит., проф. Гайворонский Е. А.; руководитель ЛНИПроект<sup>29</sup> «Градостроительство и землеустройство» Богак Л. Н.), при ГлавУГА администрации г. Макеевки (д. архит., проф. Гайворонский Е. А.). Важное значение имеет также участие в работе ряда Республиканских экспертных комиссий, в том числе по охране культурного наследия при Министерстве культуры ДНР (д. архит., проф. Гайворонский Е. А.; руководитель скульптурной лаборатории-мастерской ст. преподаватель Пархоменко Г. Н.).

Для развития научных исследований в сфере ландшафтной архитектуры основополагающее значение имеет сотрудничество с ГУ «Донецкий ботанический сад» и биологическим факультетом ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

В дополнение следует особо отметить, что на всём протяжении пятидесятилетней истории архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА», развитие его научного потенциала и научных направлений основывается на преемственности поколений и участии студентов в научной жизни факультета и Академии. Выпускники бакалавриата, поступая в магистратуру и выполняя выпускные квалификационные работы, становятся участниками непрерывного научного процесса исследования актуальных проблем региона. Ежегодно часть выпускников магистратуры пополняют ряды профессорско-преподавательского состава кафедр архитектурного факультета и становятся аспирантами и соискателями, успешно защищают кандидатские, а затем (как уже было не раз) и докторские диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение информации о формировании, становлении и развитии региональной научной школы архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА» является важной актуальной задачей, особенно, в год пятидесятилетнего юбилея и факультета, и Академии. Рассмотрена роль ведущих архитекторов и градостроителей, проектных организаций, учреждений в архитектурном научном процессе в крупнейшем промышленном регионе с ярко выраженной спецификой, проблемами, стратегией развития, меняющимися в исторической ретроспективе. Приведены сведения об основных научных направлениях, истории их возникновения, наиболее важных результатах и их значении

для формирования, становления и развития научной школы архитектурного факультета, Академии и региона.

Предпринятый в данной статье анализ позволяет оценить научный потенциал архитектурного факультета, в том числе с позиции формирования общей стратегии и тактики планирования научной деятельности в современных сложных условиях геополитических и социально-экономических трансформаций, происходящих в регионе.

## Список литературы

1. Бенаи, Х. А. Программа разработки концепции создания фонда социального жилья в Донецком регионе / Х. А. Бенаи, Е. А. Гайворонский // Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии: Сб. докладов VIII Республиканская научно-практ. конф. (с международным участием). Научное издание: 24 ноября 2016 г. - Бендеры: Изд-во БПФ ПГУ им. Т. Г. Шевченко, 2017. С. 75-79.
2. Гайворонский, Е. А. Формирование и развитие архитектуры зданий, сооружений, их комплексов с подземными структурами в городах Донбасса [Текст] / Е. А. Гайворонский, Д. А. Джерелей // Проблемы архитектуры и градостроительства. Выпуск 2021-2(148). - Макеевка, 2021. С. 44-49 ISSN 2519-2817 online. - Режим доступа: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2021/vestnik\\_2021-2\(148\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-2(148).pdf)
3. Радионов, Т. В. Научно-методологические направления развития динамической архитектуры зданий при комплексной реконструкции [текст] / Т. В. Радионов // Проблемы архитектуры и градостроительства: Вестник ДонНАСА: Макеевка. - 2018. - Вып. 2 (130). - С. 21-26.
4. Семченков, Л. В. Направления апробации универсальной системы пассивного использования солнечной энергии в архитектурных решениях зданий и сооружений в городах Донбасса [Текст] / Л. В. Семченков, Е. А. Гайворонский // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Том 13, Номер 1. С. 151-175.
5. Gaivoronskyi, Y. A., Chernysh, M. A., Boroznov, S. A. (2022). Modern Architectural and Urban Planning Reintegration of Cultural Heritage Objects in the Donbass Cities. In: Potienko, N., Ahmedova, E., Karlina, A., Faerman, V. (eds) Architectural, Construction, Environmental and Digital Technologies for Future Cities. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 227. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94770-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94770-5_14).

<sup>29</sup> Лаборатория научно-исследовательского проектирования.



# РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**В. Ф. Мущанов, д.т.н., профессор**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Для конструкций уникальных зданий и сооружений высокого уровня ответственности, выполненных в виде пространственных стержневых металлических конструкций (большепролетные структурные покрытия, усеченные купола) и листовых конструкций (большепролетные мембранные покрытия, вертикальные цилиндрические резервуары больших объемов), в рамках становления и развития научного направления разработаны новые подходы к обеспечению их надежности на стадии проектирования, базирующиеся на новых методах определения численных показателей надежности многократно статически неопределимых систем. Для отдельных типов конструкций разработаны соответствующие процедуры оптимального проектирования.

**Ключевые слова:** большепролетные покрытия, вертикальные цилиндрические резервуары, метод предельных состояний, надежность, живучесть, оптимальное проектирование.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ



**Мущанов  
Владимир  
Филиппович**

В настоящее время развитие конструктивных форм пространственных конструкций, применяемых в современном строительстве, приводит к созданию новых конструктивных систем, не имеющих прецедентов в практике строительства. В сочетании с ростом масштабности объектов (увеличением перекрываемых пролетов, высоты и объемов сооружений), использованием новых методов изготовления и монтажа, применением новых материалов это обостряет проблему оценки надежности разрабатываемых проектных решений, для которых в рамках использования традиционного метода предельных состояний не всегда обеспечивается требуемый уровень надежности. Аварии же подобных масштабных сооружений связаны, как правило, с катастрофическими последствиями, которые влекут за собой гибель тысяч людей или материальный ущерб, исчисляемый сотнями миллионов рублей. В дополнении к техническим и технологическим аспектам, порождающим проблему обеспечения надежности строительных объектов повышенного уровня ответственности, в последние годы важность проблемы обострилась угрозой террористических актов в отношении таких объектов, что, также, требует соответствующего учета и совершенствования их методики расчета и проектирования.

Отдельные аспекты рассматриваемой проблемы постоянно находятся в поле зрения научных коллективов во всем мире, о чем свидетельствует анализ научных публикаций в изданиях, представленных в ведущих международных базах данных. Однако, в большинстве подобного рода исследований отсутствует комплексный подход к решению проблемы, охватывающий основные этапы проектирования от формирования уточненных расчетных схем до разработки оптимальных конструктивных решений, обеспечивающих сочетание требуемого уровня надежности с достаточной экономичностью. А отсутствие четких, научно обоснованных результатов исследований приводит к тому, что в подавляющем большинстве действующих на сегодняшний день нормативных документов рекомендации по проектированию сооружений с повышенным уровнем ответственности носят фрагментарный, весьма общий и неконкретный характер, который невозможно реализовать в виде определенного алгоритма проектирования.

Бурное развитие современных конструктивных форм пространственных строительных конструкций, переход к нетрадиционным формам, не имеющим аналогов в практике, в сочетании с ростом масштабов самих проектируемых объектов создает ситуацию, при которой устаревшие алгоритмы и подходы к проектированию, а также отсутствие четких рекомендаций по проектированию таких объектов не могут обеспечить требуемый уровень надежности [1, 2].

Причиной такой инерционности является недостаточное научное обоснование возможных рекомендаций по проектированию подобных объектов, выражающееся в том, что даже в существующих нормах эти рекомендации носят весьма общий и расплывчатый характер [3]. К тому же, на сложившуюся ситуацию накладывает свой отпечаток проблема терроризма, которая после известных террористических атак (Нью-Йорк, 2001 г.) вызвала всплеск исследований, посвященных проблематике предотвращения лавинообразного (прогрессирующего) обрушения в проектируемых сооружениях высокого уровня ответственности [4].

Анализ научно-технической литературы, в которой излагаются основные результаты исследований в этом направлении, указывает на необходимость и возможность разработки новых подходов к проектированию объектов повышенного уровня ответственности, в рамках которых будет научно обоснован дополнительный комплекс мероприятий по обеспечению оптимального уровня надежности, являющийся основой для последующего внедрения в новые редакции существующих нормативных документов в части обеспечения надежности строительных конструкций на стадии проектирования [5].

Учитывая комплексный характер решаемой проблемы, следует отметить, что в сегодняшних реалиях начальным этапом в исследованиях такого рода, как правило, является уточнение расчетных схем конструкций. Данная операция реализуется в подавляющем большинстве современных исследовательских работ с помощью средств конечно-элементного анализа [11]. В этом контексте наиболее интересными представляются работы по учету влияния конструктивных решений узловых соединений на напряженно-деформированное состояние, а, следовательно, и на несущую способность элементов конструкции, по сравнению с данными расчета приближенной (идеализированной) расчетной схемы [9]. Такой учет в ряде случаев может стать определяющим в решении проблемы прогрессирующего разрушения, поскольку зачастую процесс разрушения начинается именно с разрушения узлового соединения. В связи с этим, большинство научных исследований в этом направлении реализуются в 2-х направлениях: с помощью совершенствования конструктивных решений соединений и схемы конструкции, или путем управления напряженно-деформированным состоянием объекта за счет целенаправленного изменения его основных параметров НДС.

В настоящее время, прежде всего в связи с усилением угроз террористического характера, наблюдается всплеск интереса к научным исследованиям, ориентированным на предотвращение прогрессирующего лавинообразного разрушения [10]. Большинство исследователей для оценивания механизма лавинообразного разрушения используются процедуры конечно-элементного анализа, выполняемые в нелинейной постановке с использованием универсальных расчетных комплексов [6]. При этом эффект учета локального влияния работы узловых соединений на напряженно-деформированное состояние элементов практически не учитывается, или учитывается

опосредствованно, хотя, как было уже отмечено, разрушение элементов чаще всего начинается именно с узловых зон, а не с основного сечения элемента.

В большинстве алгоритмов расчета показателей надежности анализируемой расчетной схемы используются традиционные модели: последовательное или параллельное, характерное для анализа надежности статически неопределимых систем. А вот объединение подходов, когда склонность к лавинообразному обрушению оценивается на основе анализа вычисленных показателей надежности конструкции, используется в весьма ограниченном числе работ, например, [7]. Работы, в которых склонность конструкции к лавинообразному разрушению оценивалась бы на основе изменения показателя надежности, вычисляемого с учетом вероятности отказа узловых соединений, авторскому коллективу, к сожалению, не известны.

Этап оптимального проектирования конструкции является завершающим и обычно направлен на совершенствование исходной конструктивной формы, когда путем изменения геометрической формы или жесткостных характеристик конструкции оптимизируется значение заданной целевой функции. Анализируя методы оптимального проектирования, следует обратить особое внимание на наиболее интересные для рассматриваемого случая работы (проектирование оптимальных конструкций высокого уровня надежности), когда оптимизируется значение показателя надежности проектируемой конструкции [8].

Отмеченные выше особенности легли в основу разрабатываемого общего подхода к расчету и проектированию зданий и сооружений с высоким уровнем ответственности (см. рис. 1).

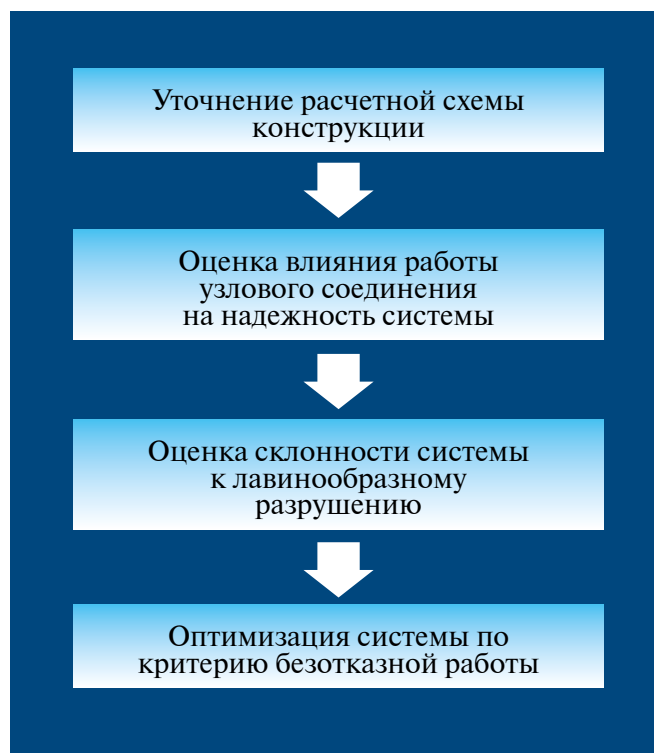


Рис. 1. Ключевые моменты совершенствования методик расчета и проектирования конструкций повышенного уровня ответственности

В связи с изложенным выше **целью исследований**, выполняемых в рамках представляемого в данной статье научного направления, является разработка новых, ориентированных на внедрение в практику проектирования методов определения значений показателей надежности конструкций высокого уровня ответственности с расчетной схемой в виде многократно статически неопределимых систем, а также методов их оптимального проектирования.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные типопредставители конструкций высокого уровня ответственности в работах, выполненных автором данной статьи и другими исследователями под его руководством, представлены на фото 2.

К основным методам исследования, на которых базируются полученные результаты, следует отнести:

- статистический анализ данных натурного освидетельствования с использованием методов математической статистики;
- результаты физических экспериментов на крупномасштабных моделях;
- общепринятые методы строительной механики, используемые для анализа напряженно-деформированного состояния (метод конечных элементов для расчетов в нелинейной постановке);
- классические методы теории надежности строительных конструкций.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При личном участии и под руководством автора аспирантами и соискателями более 30 лет ведется разработка основных положений отмеченных выше научных проблем. Не вдаваясь в подробности, к основным научным результатам, полученным в этом направлении, следует отнести:

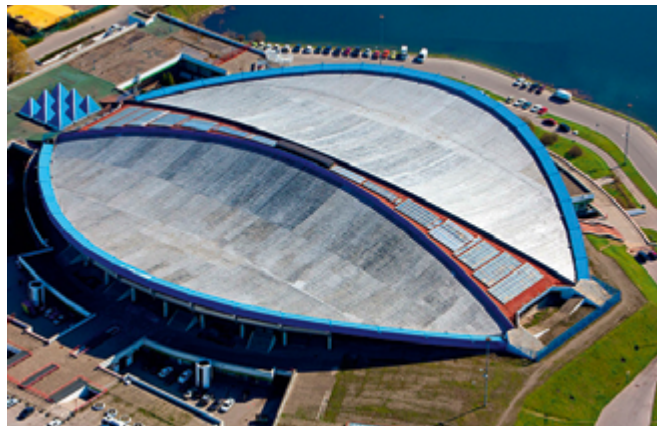
*1. В направлении теории надежности, совершенствования методики расчета по предельным состояниям, повышения живучести конструкций:*

**а) для большепролетных покрытий мембранного типа:**

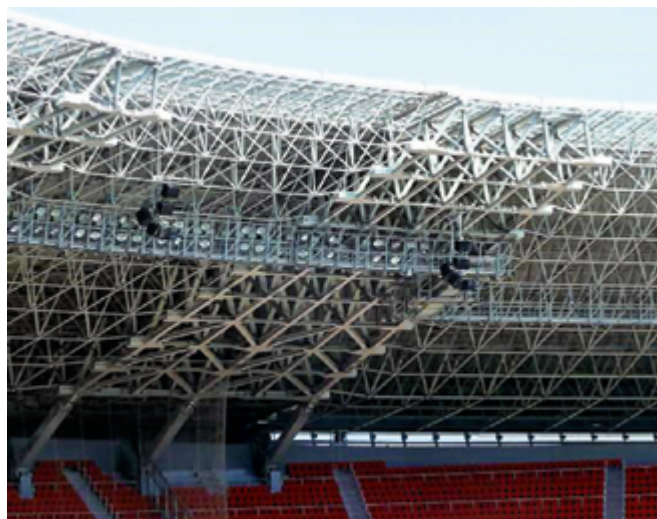
- уточнение параметров действительного напряженно-деформированного состояния конструкций уникальных покрытий мембранного типа, и созданная на этой основе методика расчета эксплуатационной надежности дискретно-континуальных стальных систем;
- методика совместного учета геометрической и конструктивной нелинейности в расчетах пространственных конструкций большепролетных сооружений с учетом изменения расчетной схемы в процессе монтажа и эксплуатации;
- методы учета вероятностного характера факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние конструкции на стадии формирования матриц жесткости конечных элементов;
- универсальный вероятностный метод расчета тонколистовых металлических конструкций, позволя-

ющий оценить уровень надежности элементов, составляющих конструкцию.

В основе полученных результатов лежат материалы исследований, полученных на объектах Олимпиады-80 в Москве (Крытый стадион на пр. Мира,



а



б



в

Фото 2. Конструкции высокого уровня ответственности, для которых выполнены исследования:  
а — большепролетные мембранные покрытия,  
б — усеченные купола,  
в — вертикальные цилиндрические резервуары



УСЗ «Измайлово», ФЛК и УСЗ ЦСКА, см. фото 3), составившие основу одной докторской [18], одной кандидатской диссертации [19], 3-х нормативных документов [20, 21, 22] и 3-х монографий [23, 24, 25];



а



б



в

*Фото 3. Объекты Олимпиады-80 в Москве для натурного освидетельствования, послужившие основой базы данных для статистического анализа дефектов и повреждений:*

*а — Крытый стадион на пр. Мира; б- Универсальный спортивный зал и футбольно-легкоатлетический комплекс ЦСКА, в — Универсальный спортивный зал «Измайлово»*

#### **б) для большепролетных пространственных стержневых покрытий:**

- разработаны алгоритмы расчета и проектирования конструкций в виде рамно-консольных покрытий и большепролетных провисающих и выпуклых стержневых оболочек с большим вырезом на эллиптическом плане с учетом податливости решетки и совместной работы ограждающих и несущих конструкций покрытия;

- предложен общий алгоритм расчета и проектирования конструкций и их отдельных элементов с учетом геометрической и конструктивной нелинейности работы системы, позволяющий обеспечить требуемый уровень надежности конструкций повышенной ответственности;

- на основе анализа возможных схем разрушения и учета влияния изменчивости случайных факторов для наиболее ответственных элементов рассматриваемой конструкции уточнен алгоритм вычисления коэффициента условий работы  $\gamma_s$ ;

- впервые предложен подход к анализу живучести проектируемой конструкции и ее склонности к лавинообразному разрушению на основании изменения параметра характеристики безопасности (дальности отказа)  $\Delta\beta$ ;

- предложены концептуальные подходы к оценке надежности стержневых пространственных конструкций с учетом надежности узловых соединений, базирующиеся на использовании теории графов.

В основе полученных результатов лежат материалы исследований, полученных на объектах ЕВРО-2012 (стадионы «Донбасс-Арена», «Днепр-Арена», «Львов-Арена», РСК «Олимпийский», см. фото 4), составившие основу 5-ти кандидатских диссертаций [26, 27, 28, 29, 30], 2-х монографий [23, 24], публикаций в изданиях уровня Q1, индексируемых в ведущих международных базах данных [16, 31];

#### **2. В направлении оптимального проектирования конструкций зданий и сооружений:**

- предложены концептуальные подходы к реализации вероятностно-оптимального проектирования, базирующиеся на использовании обобщенного беспараметрического метода внешней точки решения дискретных минимаксных задач, основанного на определении безусловного минимума вспомогательной функции  $f$  (рис. 5а);

- разработан алгоритм оптимизации структурных конструкций по критерию удельной металлоемкости, отличающийся от ранее реализованных подходов в части учета:

- уточненной оценки несущей способности центрально-сжатых элементов структурного покрытия;

- расширенных подходов к формообразованию проектируемых систем за счет изменения относительной высоты покрытия (при проектировании плоского покрытия) и относительного выгиба покрытия (при проектировании в виде стержневой двухпоясной оболочки, см. рис. 5б);

- податливости опорных конструкций;

- оптимальные значения геометрических параметров покрытия, обеспечивающие оптимальные показатели металлоемкости для проектируемого большепролетного покрытия на нетиповом прямоугольном



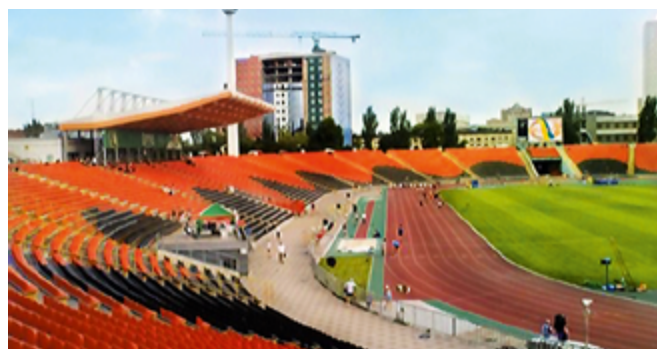
а



б



в



г

Фото 4. Объекты для апробации результатов разработок в направлении оценки надежности пространственных стержневых конструкций: а – стадион «Донбасс-Арена» (г. Донецк), б – стадион «Арена-Львов» (г. Львов), в – стадион «Днепр-Арена» (г. Днепропетровск); г – стадион «РСК «Олимпийский» (г. Донецк)

плане при использовании типового сортамента стержневых элементов и узловых соединений.

Некоторые результаты исследований в этом направлении отражены в работах [32, 33].

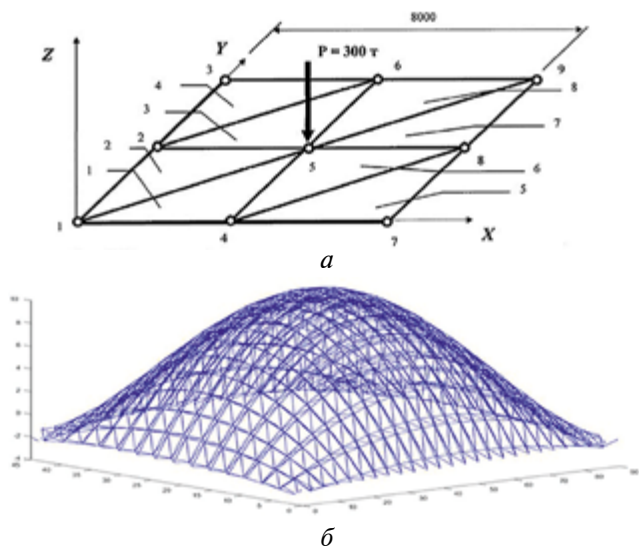


Рис. 5. К результатам разработки новых подходов к оптимальному и вероятностно-оптимальному проектированию пространственных конструкций: а – расчетная схема тестового примера реализации обобщенного беспараметрического метода внешней точки решения дискретных минимаксных задач в вероятностно-оптимальной форме; б – результат оптимизации первоначально плоского структурного покрытия с использованием разработанного алгоритм оптимизации структурных конструкций по критерию удельной металлоемкости

3. В направлении уточнения расчетных схем и действительной работы пространственных листовых конструкций:

- предложена уточненная аналитическая методика упругопластического расчета вертикальных швов с угловыми геометрическими несовершенствами, вероятностная интерпретация которой позволила обосновать значения коэффициента условий работы ( $\gamma_c$ ) зоны стыка, используемые при проектировании (рис. 6.а);

- разработан метод верификации расчетной схемы нижнего уторного узла одно- и двустенчатого ВЦР, обусловленной фактическими жесткостными характеристиками стенки и податливостью основания (рис. 6.б,в);

- разработан универсальный геометрический и компьютерный алгоритм моделирования действительной поверхности стенки резервуара с учетом как общих, так и местных несовершенств геометрической формы и оценено их совместное влияние (рис. 6.г,д);

- для резервуаров больших объемов с идеальной геометрией стенки или дефектом в виде угловатости монтажного сварного шва установлены зависимости между гибкостью стенки и коэффициентом запаса ее устойчивости, позволяющие осуществить назначение рационального шага колец жесткости при достижении максимального коэффициента запаса устойчивости и минимальной металлоемкости стенки (б.е, ж);

- установлены резервы несущей способности оболочки стенки ВЦР в 4-7%, обусловленные использованием разработанной методики рациональной расстановки колец жесткости, позволяющие уточнить значения величин критических значений кольцевых



напряжений в стенке по отношению к действующим в нормативных документах.

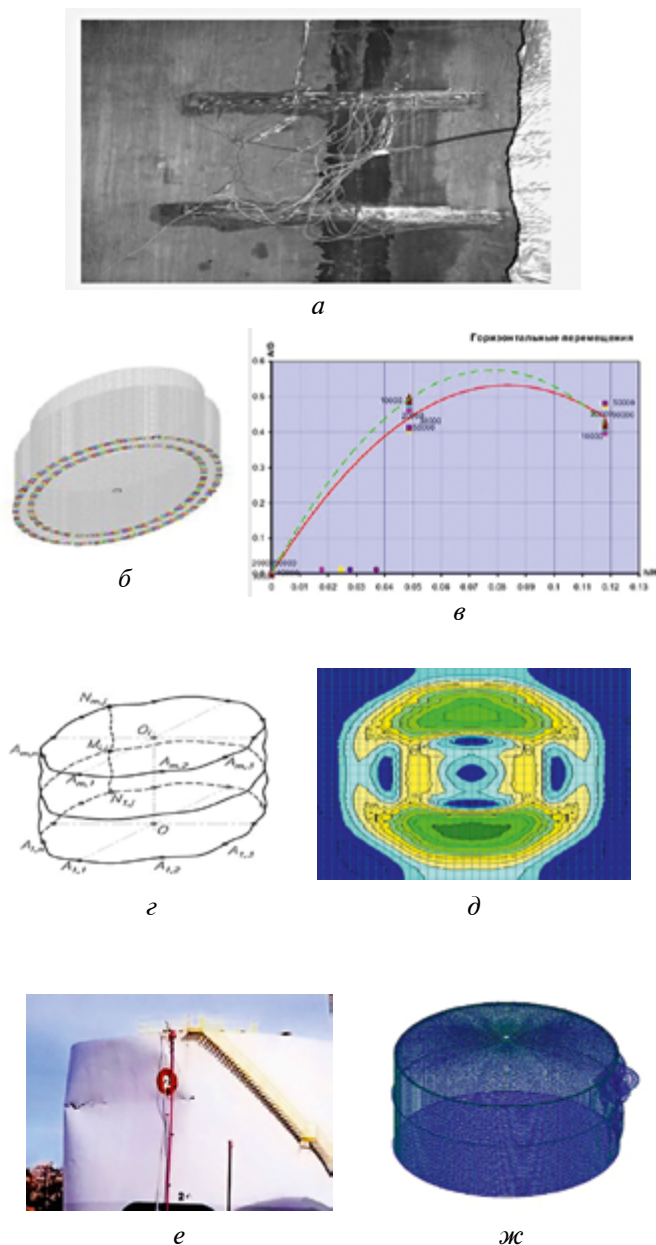


Рис. 6. Результаты экспериментальных и численных исследований напряженно-деформированного состояния стенки резервуара:

а — фрагмент стенки модели с начальным угловым несовершенством;

б, в — расчетная схема двустенчатого резервуара и зависимость относительных горизонтальных смещений стенки по ее высоте при различной податливости основания;

г, д — расчетная схема стенки резервуара с несовершенствами и эпюра приведенных напряжений (snr) в месте локального несовершенства;

е, ж — натурная конструкция с элементами стенки, потерявшими устойчивость, и результаты конечно-элементного моделирования потери устойчивости стенки с одним кольцом жесткости

По результатам исследований успешно защищены 4 кандидатских диссертации (34, 35, 36, 37), внедрен нормативный документ ([38] в редакциях 1996, 2000, 2002, 2005, 2007 гг.), разработаны соответствующие разделы в 2-х монографиях [24, 25] и опубликованы статьи в журналах, индексируемых в ведущих международных наукометрических базах данных, уровня Q1 и Q2 [12, 13].

4. В направлении уточнения действующих нагрузок и воздействий:

- уточнены зависимости для определения значений аэродинамических коэффициентов для стенки и кровли ВЦР со сферическим типом покрытия с учетом их расположения в составе группы (рис. 7 а, б);

- установлены закономерности для вычисления значений аэродинамических коэффициентов для стенки и кровли отдельно стоящего ВЦР с провисающим стабилизированным мембранным покрытием и в составе группы (рис. 7 в).

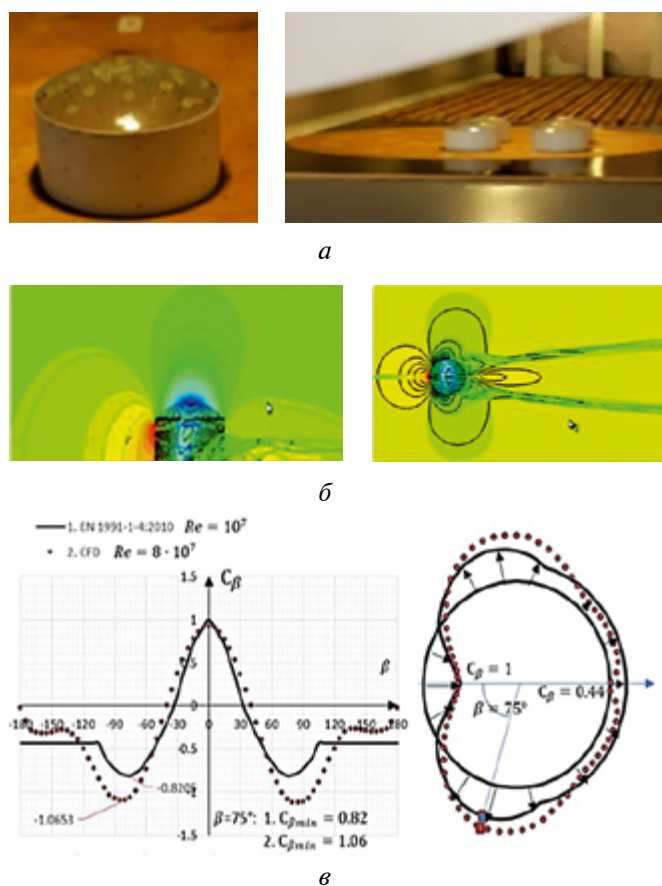


Рис. 7. Воздействие ветровых нагрузок на группу резервуаров, в том числе с провисающим мембранным покрытием: а — испытания в трубе МАТ-1; б — визуализация результатов численного моделирования; в — уточненная эпюра аэродинамических коэффициентов

По результатам исследований защищена кандидатская диссертация [39], опубликованы научные статьи, в том числе, в журналах уровня Q1 и Q2, входящих в ведущие наукометрические базы данных [13, 14, 40].



## ВЫВОДЫ

1. Творческими коллективами ГОУ ВПО «ДОННАСА» разработаны новые методы для детерминированного и вероятностного анализа напряженно-деформированного состояния пространственных листовых и стержневых металлических конструкций, а также их оптимального и вероятностно-оптимального проектирования, нашедшие применение в практике проектирования.

2. К основным направлениям дальнейшего развития разрабатываемых в рамках научного направления новых подходов в части вероятностного и оптимального расчета пространственных металлоконструкций следует отнести:

- разработку принципов формирования уточненных расчетных схем конструктивных элементов пространственных стержневых и листовых металлических конструкций на базе детального конечно-элементного моделирования;

- оценку влияния степени детализации расчетных схем на основные параметры напряженно-деформированного состояния исследуемых пространственных конструкций;

- обоснование необходимости учета уточненных параметров НДС при анализе предельных состояний элементов конструкций и их соединений;

- обоснование для систем повышенного уровня ответственности нового критерия склонности к прогрессирующему (лавинообразному) обрушению, базирующемуся на изменении индекса надежности  $\Delta\beta$ ;

- обоснование установившихся и аварийных расчетных ситуаций для оценки склонности анализируемых систем к лавинообразному обрушению;

- разработку общего алгоритма оптимального проектирования конструкций повышенного уровня ответственности, с соблюдением ранжированных уровней надежности для ключевых и второстепенных элементов.

3. Актуальность намеченных дальнейших исследований нашла свое подтверждение со стороны Российского фонда науки, решением которого от 30.11.2021 г. заявка творческого коллектива кафедры теоретической и прикладной механики «Научное обоснование новых подходов к проектированию оптимальных пространственных строительных металлоконструкций высокого уровня ответственности» (рук. Муцанов В. Ф.), подготовленная совместно со специалистами ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», вошла в число победителей конкурса малых отдельных научных групп Российского научного фонда.

## Список литературы:

1. ISO 2394:2015(en) General principles on reliability for structures.
2. Joint Committee on Structural Safety (JCSS), Risk Assessment in Engineering — Principles, System Representation & Risk Criteria, Edited by M. H. Faber, ISBN 978-3-909386-78-9, June 2008.
3. UFC 4-023-03 Desiesign of Buildings to Resist Progressive Collapse, with Change 3 (Date: 07-14-2009; Change /

Revision Date: 11-01-2016/. Series 4: Multi-disciplinary and facility-specific design.

4. Rules and Regulations of the Building Code of the City of New York. См. chapter 18 «Resistance to Progressive Collapse under Extreme Local Loads».
5. Perelmuter, A. V., Kabantsev, O. V. About the Problem of Analysis Resistance Bearing Systems in Failure of a Structural Element. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Vol. 14. No 3. Pp. 103–113.
6. Adam J. M., etc. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century // Eng. Struct. 2018. Vol. 173. № March. Pp. 122–149.
7. Cui, T.-J., Li, S.-S., Wang, L.-G., Ma, Y.-D. Study on the collapse process of the complex structure of the high-rise building under fire / (2018) Jisuan Lixue Xuebao/Chinese Journal of Computational Mechanics, 35 (5), pp. 656–662. DOI: 10.7511/jslx20161112001.
8. Saad, L., Chateaufneuf, A., Raphael, W. Robust formulation for Reliability-based design optimization of structures. Structural and Multidisciplinary Optimization. 2018. No. 6(57). Pp. 2233–2248.
9. V. Alpatov. «Markhi» spatial design structure: numerical study of its work under static load / MATEC Web of Conferences, Jan 2016.
10. UFC 4-023-03 Desiesign of Buildings to Resist Progressive Collapse, with Change 3 (Date: 07-14-2009; Change / Revision Date: 11-01-2016/. Series 4: Multi-disciplinary and facility-specific design.
11. Kuo Y.-L. Stress-based finite element analysis of sliding beams. Appl. Math. Inf. Sci. 2015. Vol. 9. No. 2. Pp. 609–616.
12. Mushchanov, V., Tsepliaev, M. Rational design solutions of ensuring the walls of tanks stability to the action of transverse loads / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 896(1), 012024.
13. Mushchanov, V. P., Zubenko, H. V., Tsepliaev, M. N. The stress state of a tank shell in the group under wind load / Magazine of Civil Engineering, 2018, 83(7), cmp. 49–62.
14. Mushchanov, V. P., Orzhekhovskii, A. N., Zubenko, A. V., Fomenko, S. A. Refined methods for calculating and designing engineering structures / Magazine of Civil Engineering, 2018, 78(2), cmp. 101–115.
15. Priadko, I. N., Mushchanov, V. P., Bartolo, H., Vatin, N. I., Rudnieva, I. N. Improved numerical methods in reliability analysis of suspension roof joints / Magazine of Civil Engineering, 2016, 65(5), cmp. 27–41.
16. Gorokhov, Y., Mushchanov, V., Pryadko, I. Ensuring the required level of reliability during the design stage of -latticed shells with a large opening / Journal of Civil Engineering and Management, 2015, 21(3), cmp. 282–289.
17. Муцанов В. Ф., Оржеховский А. Н., Муцанов А. В. Оптимальное проектирование структурных покрытий на нетиповых планах Наукоемкие технологии и инновации: Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 2019. Ч. 2. С. 75–79. URL: [http://conf.bstu.ru/material\\_conf/XXIII\\_nauchnye\\_chteniya](http://conf.bstu.ru/material_conf/XXIII_nauchnye_chteniya).
18. Муцанов В. Ф. Действительная работа и надежность мембранных конструкций / дис... д.т.н. — Одесса, 1997 г.;
19. Сивоконь Ю. В. Мембранные оболочки покрытий над трибунами стадионов с большими вырезами на эллиптическом плане: дис... к.т.н. — Макеевка, 2007 г.
20. Горохов Е. В., Муцанов В. Ф., Королев В. П. и др. Рекомендации по технической эксплуатации строительных металлоконструкций большепролетных сооружений спортивных комплексов Олимпиады-80 / Отчет НИР №88-1. — Москва, 1989 г.

21. Горохов Е. В., Муцанов В. Ф., Королев В. П. и др. Рекомендации по проектированию, возведению и эксплуатации покрытий мембранного типа / Киев-Макеевка, УкрНИИПСК, ДГАСА, 1997.- 56 с.
22. ДБН В.2.6-198:2014 «Государственные строительные нормы Украины. СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. Нормы проектирования» / Киев, Минрегион Украины, 2014 г.
23. Горохов Е. В., Муцанов В. Ф., Кинаш Р. И., Шимановский А. В., Лебедич И. Н. Конструкции стационарных покрытий над трибунами стадионов / Макеевка: РИО ДонНАСА, 2008 – 405 с.
24. Горохов Е. В., Муцанов В. Ф., Васылев В. Н. и др. Системы мониторинга технического состояния несущих металлических конструкций зданий и сооружений / Макеевка: ПЦ ДонНАСА, 2013 – 314 с.
25. В. Ф. Муцанов, А. И. Демидов, М. Н. Цепляев. Линейные и нелинейные задачи теории упругости в расчетах тонкостенных конструкций / Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020. — 338 с. — Текст : электронный // IPRSMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120026.html>
26. Гибаленко В. А. Работа жестких нитей сквозного сечения / дис...к.т.н. — Макеевка, 2000 г.
27. Касимов В. Р. Прочность и деформативность большепролетной стержневой оболочки покрытия с большим вырезом на эллиптическом плане : дис... к.т.н. - Макеевка, 2004 г.
28. Руднева И. Н. Особенности пространственной работы висячего покрытия, образованного системой жестких нитей / дис... к.т.н. — Макеевка, 2006 г.
29. Прядко Ю. Н. Надежность большепролетных стержневых покрытий с большим вырезом, образованных системой жестких нитей на эллиптическом плане / дис... к.т.н. — Макеевка, 2012 г.
30. Оржиховский А. Н. Особенности напряженно-деформированного состояния и надежность проектируемых и эксплуатируемых рамно-консольных покрытий над трибунами стадионов / дис...к.т.н. — Макеевка, 2017 г.
31. Прядко Ю. Н., Муцанов В. Ф., Бартоло Х., Ватин Н. И., Руднева И. Н. Усовершенствование численных методов расчета надежности узлов висячих покрытий / Инженерно-строительный журнал. 2016. № 5(65). С. 27–41. doi: 10.5862/MCE.65.3.
32. Горохов Е. В., Муцанов В. Ф., Назим Я. В. и др. Расчет и проектирование пространственных металлических конструкций / рекомендовано к печати решением Президиума УМО вузов РФ по образованию в области строительства и Правления АСВ в качестве учебного пособия. Под общей редакцией Е. В. Горохова - Макеевка, ПЦ ДонНАСА, 2012 - 561 с. <http://www.iprbookshop.ru/92346.html>
33. Муцанов В. Ф., Оржиховский А. Н., Муцанов А. В. Оптимальное проектирование структурных покрытий на нетиповых планах / Научные технологии и инновации: Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 2019. Ч. 2. С. 75-79. URL: [http://conf.bstu.ru/material\\_conf/XXIII\\_nauchnye\\_chteniya](http://conf.bstu.ru/material_conf/XXIII_nauchnye_chteniya).
34. Кулик А. А. Действительная работа монтажных стыков вертикальных цилиндрических резервуаров / дис...к.т.н. — Макеевка, 2003 г.
35. Роменский Д. И. Краевые эффекты в безмоментных оболочках емкостных сооружения для хранения жидких и сыпучих материалов / дис...к.т.н. — Макеевка, 2012 г.
36. Крысько А. А. Геометрическое и компьютерное моделирование эксплуатируемых конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учетом несовершенств геометрической формы / дис... к.т.н. — Макеевка, 2016 г.
37. Цепляев М. Н. Обеспечение устойчивости стенок вертикальных цилиндрических резервуаров на основе рационального расположения колец жесткости / дис...к.т.н. — Макеевка, 2020 г.
38. ТУ У В.2.6-28.1-02070795-001-2002 (новая редакция до 2012 г.). Конструкции строительные стальные резервуаров вертикальных цилиндрических для нефти и нефтепродуктов объемом от 100 до 20000 м<sup>3</sup> / Донецк, ДЦСМС, 2007. - 72 с.
39. Зубенко А. В. Особенности формирования ветровой нагрузки на элементы вертикального цилиндрического резервуара с учетом особенностей конструктивной формы и блочного расположения / дис...к.т.н., Макеевка, 2021 г.
40. В. Ф. Муцанов, А. В. Зубенко, М. Н. Цепляев. Напряжения в кровле резервуара, состоящего в группе, при действии ветра / Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 5 (68). 2018. 36-51 doi: 10.18720/CUBS.68.4.

# СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В СТЕНАХ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

**В. Н. Левченко к.т.н., проф.; А. В. Недорезов к.т.н., доц.; С. Н. Машталер к.т.н., доц.**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Представлена история развития и становления кафедры «Железобетонные конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Рассматриваются предпосылки появления кафедры как отдельной структурной единицы академии. Представлена основная информация об истории кафедры. Показана роль кафедры в создании и становлении научной школы развития теории железобетона в стенах академии. Приведены основные направления научно-исследовательской деятельности. Отмечен вклад в развитие кафедры и научных направлений профессорско-педагогического состава.

**Ключевые слова:** кафедра, научная деятельность, научная школа железобетона, железобетонные конструкции, направления подготовки.



*Левченко  
Виктор Николаевич*



*Недорезов  
Андрей Владимирович*



*Машталер  
Сергей Николаевич*

После образования в 1972 г. Макеевского инженерно-строительного института как отдельной образовательной единицы, и открытия фундаментальной и базовой специальности «Промышленное и гражданское строительство» чтение специальных, в том числе конструкторских дисциплин ее студентам осуществлялось как преподавателями кафедр различных факультетов и специальностей, имевшихся в то время в Донецком индустриальном институте (в настоящее время ДОНТУ), так и приглашенными специалистами производственных и проектных организаций г. Донецка. В это время дисциплину «Железобетонные конструкции» вели доцент Я. И. Багрий, а также главный инженер института «Облпроект» Н. П. Шульгин, главный специалист института «Донгипрошахт» В. И. Шаблия.

Дальнейшее увеличение количества студентов, потребности развития науки и подготовки кадров высшей квалификации привели к тому, что кафедра строительных конструкций 1 сентября 1975 г. была разделена на две отдельные структурные единицы: кафедру металлических конструкций и кафедру железобетонных конструкций. Состав кафедры железобетонные конструкции показан на фото 1.

Первым заведующим кафедрой железобетонных конструкций стал доцент, кандидат технических наук В. А. Червонобаба, выпускник ДИИ и аспирантуры авторитетнейшего столичного НИИ в области бетона и железобетона. В состав кафедры также вошли преподаватели кафедры строительных конструкций доценты, кандидаты технических наук Э. Я. Багрий, Э. П. Брыжатый, А. П. Кричевский, В. Н. Левченко и два ассистента - Т. Н. Виноградова и Г. А. Шипунов.

В дальнейшем кафедру возглавляли: доцент, затем профессор Кричевский А. П., (1975-1995 годы); профессор Левченко В. Н. (1995-2003 годы), профессор





Фото 1. Состав кафедры «Железобетонные конструкции», 1975 г.

Корсун В. И. (2003–2016 годы); профессор Левин В. М. (2016–2021 годы); профессор Левченко В. Н. (с 2021 года и по настоящее время).

Профессор А. П. Кричевский создал на кафедре научную школу железобетона, специализирующуюся во многих важных областях. В процессе становления этой школы он сам стал одним из ведущих ученых в области железобетона и воспитал первое поколение наших исследователей, которые затем стали ведущими преподавателями Академии и авторитетными исследователями в области железобетона.

Эти исследования развивал в нескольких направлениях и на новой научной основе его ученик, доцент, впоследствии профессор В. И. Корсун, известный на просторах ближнего и дальнего зарубежья ученый, ныне приглашенный работать в Санкт-Петербургский технический университет Петра Великого.

По научным направлениям, которые возглавлялись профессорами А. П. Кричевским и В. И. Корсуном, сотрудниками кафедры были защищены две докторские диссертации и девятнадцать кандидатских диссертаций.

Кафедра железобетонных конструкций является выпускающей по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство» (бакалавриат) и 08.04.01 «Строительство», программа «Теория и проектирование зданий и сооружений» (магистратура). Кроме того, она осуществляет чтение своих курсов для студентов, получающих образование по другим профилям направления 08.03.01 «Строительство» и другим программам направления 08.04.01 «Строительство», а также по направлению 07.03.01 «Архитектура», 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды» и 07.03.04 «Градостроительство».

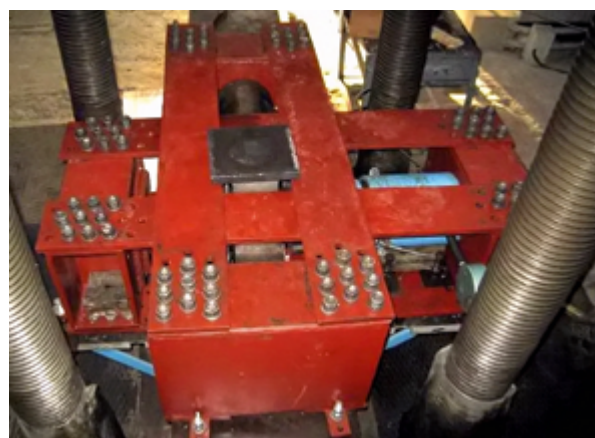
Важной составляющей научной и учебной работы кафедры является подготовка кадров высшей квалификации. На кафедре защищены три докторские и девятнадцать кандидатских диссертаций. Профессорами кафедры читаются аспирантам спецкурсы различного направления.

В составе кафедры 12 преподавателей, в том числе: доктор технических наук, восемь кандидатов технических наук, два профессора, девять доцентов. Большое значение для подготовки инженеров-строителей

имеет работа приглашаемых для руководства государственной итоговой аттестацией крупных известных в нашем регионе специалистов – директора Донецкого ПромстройНИИпроекта С. В. Маликова, ректора Макеевского экономико-гуманитарного института (ныне Донбасской аграрной академии) кандидата технических наук, профессора В. И. Веретенникова.

Кафедра располагает развитой материальной базой, обеспечивающей потребности учебной работы и научных исследований ученых кафедры и студентов. Она имеет учебные и лабораторные помещения.

В процессе выполнения лабораторных и исследовательских работ кафедра использует большое количество измерительного оборудования – приборы для измерения перемещений (прогибомеры и индикаторы часового типа), для тензометрии (механические тензометры Гугенбергера, тензостанции и тензотрический комплекс СИИТ для электротензометрии); измеритель защитного слоя ИЗС-10; многочисленные установки для создания кратковременного и длительного силового и теплового нагружения опытных образцов, созданные на кафедре. Имеется значительный по количеству парк опалубок для изготовления опытных образцов. Широко используется прессовое оборудование Академии ПММ-125, ПММ-250 и ПММ-1000. Установка для исследований прочности и деформаций бетона при трехосном сжатии представлена на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Установка для испытаний бетона на трехосное сжатие:

(а) – в собранном виде;  
(б) – в процессе подготовки к испытаниям

Для всех читаемых на кафедре курсов подготовлены учебно-методические комплексы дисциплин, включающие рабочие программы дисциплин, конспекты лекций, презентации, методические указания для самостоятельной работы студентов, экзаменационные билеты и другую предусмотренную стандартом документацию. Подготовлены также дистанционные курсы.

В соответствии с рабочими программами дисциплин преподаватели проводят лекционные и практические занятия, лабораторные работы, руководят курсовым и дипломным проектированием и преддипломной практикой студентов.

Образовательные программы, в которых участвует кафедра, гармонизированы с программами ведущих строительных вузов Российской Федерации.

### НАУЧНАЯ РАБОТА НА КАФЕДРЕ

Профессор А. П. Кричевский создал на кафедре научную школу и в ее рамках развил два крупных научных направления:

- исследование напряженно-деформированного состояния и разработка методов расчета железобетонных конструкций и сооружений, эксплуатирующихся в условиях воздействия повышенных технологических и отрицательных климатических температур;

- разработка технологии возведения и методов расчета конструкций с использованием торкретсталефибробетона, в том числе для ремонта и усиления конструкций.

Профессор В. И. Корсун развил оба направления, в результате чего на кафедре стали разрабатываться под его руководством пять научных направлений:

- исследования физико-механических свойств бетонов высокой прочности, получаемых с использованием техногенных отходов промышленности Донбасса;

- разработка моделей деформирования высокопрочного бетона для общего случая объемного напряженного состояния на основе соотношений деформационной теории пластичности с использованием гипотез механики разрушения и критерия прочности и деформационных соотношений для объемно напряженных элементов железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов;

- исследование характеристик физико-механических свойств высокопрочных модифицированных бетонов с фибровым армированием в диапазоне температур от + 20 до + 200°С;

- исследования напряженно-деформированного состояния инженерных сооружений промышленных и энергетических предприятий, прочности и закономерностей кратковременного и длительного деформирования бетона при одно-, двух- и трехосных напряженных состояниях в условиях воздействия температур от -50°С до + 200°С;

- разработка методов расчета железобетонных конструкций зданий и сооружений на совместные силовые и температурно-влажностные воздействия.

В настоящее время в рамках научных направлений, которые возглавлялись профессорами А. П. Кричевским и В. И. Корсуном, сотрудниками кафедры были защищены две докторские диссертации за автор-

ством профессоров А. П. Кричевского и В. И. Корсуна, и двадцать одна кандидатская диссертация - доценты О. Э. Брыжатый, В. И. Веретенников, Т. Н. Виноградова, В. Н. Завялов, В. В. Кардаков, В. И. Корсун, С. Е. Кобзенко, В. А. Косторниченко, А. Л. Кукуш, Н. А. Невгень, В. Д. Передерей, А. Н. Машенко, Ю. Ю. Калмыков, А. В. Корсун, Е. А. Дмитренко, А. С. Волков, А. В. Недорезов, С. Н. Машталер, а также к.т.н. Ю. А. Цыбульник, и два иностранных гражданина – Мессауди Али (Алжир), Секутеньяна Майкл (Замбия). Завершают диссертации ассистент В. И. Кротюк, а также, в рамках этих направлений, ассистент кафедры теоретической и прикладной механики С. Ю. Макаренко.

Под руководством профессора В. Н. Левченко на кафедре разрабатывается научное направление:

- проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных объемно планировочных решений промышленных зданий и сооружений.

Профессор В. М. Левин разрабатывал научные направления, связанные с:

- исследованием закономерностей деформирования и разрушения бетона и железобетона при сложных режимах нагружения в областях локализации возмущения напряженно-деформированного состояния (проемы, дефекты, повреждения, местные нагрузки и т.п.) на основе моделей и методов механики деформируемого твердого тела;

- исследованием напряженно-деформированного состояния железобетонных пространственных систем (в том числе железобетонных башенных сооружений промышленного назначения - башенных копров угольных и рудных шахт, угольных башен коксохимзаводов, грануляционных башен предприятий по производству минеральных удобрений и т.п.).

По этим направлениям были защищены докторская (профессор В. М. Левин) и кандидатская (доцент Л. В. Стеблянко) диссертации. Также эта тематика развивалась в работах над кандидатскими диссертациями ассистентами С. В. Шабельником и Н. Ю. Рогожиным.

Показателем актуальности и высокого уровня выполняемых на кафедре работ является большой объем тематики, выполняемой за счет госбюджета и хозяйственных договоров со строительными, проектными и производственными организациями, предприятиями энергетики. Среди них ВНИПИ «Теплопроект» (г. Москва), Донецкий ПромстройНИИпроект, Донгипрошахт (г. Донецк), Зуевская и Кураховская ТЭС, проектное бюро HSE Design Group (г. Гамбург, Германия) и многие другие.

Внедрение результатов НИОКР приносило значительный экономический эффект.

Многие результаты исследований кафедры использованы в ряде нормативных документов, непосредственными участниками составления которых были преподаватели и аспиранты кафедры. Это два выпуска СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий» [1], СНиП 2.03.04-84 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» [2], а также многочисленные патенты и свидетельства [3-11].



Именно по материалам этих исследований и разработок и подготавливались и докторские, и кандидатские диссертации.

При кафедре создан Специализированный научно-производственный центр «Специальные и высотные инженерные сооружения», в рамках которого и выполняются все хозяйственные работы. На рис. 2 представлен фрагмент выполняемой работы по разработке усиления части ствола дымовой трубы высотой 120 м.



Рис. 2. Усиление части ствола дымовой трубы высотой 120 м:

(а) — вид трубы до усиления;  
(б) — вид трубы после усиления

По материалам исследований сотрудниками кафедры опубликовано более 800 научных трудов, в том числе шесть монографий.

Кафедра принимала активное участие в работе Всесоюзного координационного совета по бетону и железобетону. Профессор В. М. Левин был заместителем председателя Комиссии по монолитным железобетонным сооружениям башенного типа.

Руководители направлений выступали на Всесоюзных конференциях по бетону и железобетону, по теории оболочек и пластин, на Всесоюзных совещаниях по высотным дымовым трубам и на других авторитетных форумах.

### МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

На развитие и становление научной школы кафедры немаловажное влияние оказывают прочные международные связи кафедры.

Кафедра активно сотрудничала с такими авторитетными международными организациями, как CICIND (Международный комитет по промышленным дымовым трубам), IASS (Международная ассоциация по пространственным конструкциям) и ее коллективным членом — МОО ПК (Межрегиональной общественной организацией «Содействие развитию и применению пространственных конструкций в строительстве», РФ), МАГАТЭ (Международным агентством по атомной энергии).

Исследователи кафедры принимали активное участие в самых авторитетных конгрессах, конференциях, совещаниях отечественного и международного уров-

ня — на Всесоюзных и международных конференциях по бетону и железобетону, Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластинок, конференции ВЕМФЕМ (граничных и конечных элементов), Международном конгрессе IASS, на мероприятиях МАГАТЭ.

Во многом благодаря хорошим международным связям кафедры ее студенты, аспиранты и молодые преподаватели проходили стажировку за рубежом. Так три аспиранта кафедры — Р. Ю. Канищев, А. В. Недорезов, С. Н. Машталер проходили стажировку в Техническом университете г. Кошице, Словакия, по программе Вышеградского фонда. Аспиранты В. С. Хапченкова и Н. Ю. Рогожин в рамках фонда ERASMUS MUNDUS по программе INFINITI стажировались в университете, г. Лиссабон и в Политехническом институте г. Лерии, Португалия.

Проходили стажировку за рубежом и более опытные преподаватели кафедры. Доцент Ю. Ю. Калмыков стажировался в Иллинойском университете (г. Чикаго, США), в Чешском техническом университете (г. Прага, Чехия) и в Университете г. Льежа (Бельгия), а в рамках ERASMUS MUNDUS по программе SUSCOS — в Павийском университете (г. Павия, Италия). Доцент А. В. Корсун в рамках фонда ERASMUS MUNDUS по программе TEMPO проходил стажировку в Колумбийском университете (г. Нью-Йорк, США) и в Миланском политехническом университете (г. Милан, Италия).

Проф. В. И. Корсун участвовал в выставке в Колумбийском университете (г. Нью-Йорк, США), а также чтении лекций в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (г. Санкт-Петербург, РФ).

На протяжении всей истории кафедры ее преподаватели и сотрудники НИС работали над самыми важными проблемами страны. Это и железобетонные конструкции, работающие в условиях повышенных температур, и эксплуатация; оценка состояния и усиление железобетонных конструкций, в том числе с применением торкретсталефибробетона, технология и техника его нанесения; напряженно-деформированное состояние и разработка методов расчета железобетонных конструкций и др.

За 50-летнюю историю академии профессорско-педагогическим составом кафедры железобетонных конструкций накоплен солидный опыт и арсенал знаний в области бетонных и железобетонных конструкций, но исследования и разработки в этом направлении не останавливаются. На кафедре есть резерв и перспективы — это в основном молодой коллектив, ему предстоит развернуть работу новых научных школ. Все то, что сделано не одним поколением преподавателей, аспирантов и студентов нашей кафедры, будет прочной базой для последующего развития. Долг грядущих поколений — развивать лучшие традиции кафедры в рамках школы теории работы железобетона.

### Список литературы:

1. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстроя СССР от 29 декабря



- 1985 г. № 263 : введен впервые : дата введения 1987-01-01 / Подготовлен Управлением стандартизации и технических норм в строительстве Госстроя СССР. — Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1987. — 66 с. — Текст : непосредственный.
2. СНиП 2.03.04-84. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстроя СССР от 27 декабря 1988 г. № 219 : введен впервые : дата введения 1986-01-01 / Подготовлен Управлением стандартизации и технических норм в строительстве Госстроя СССР. — Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. — 66 с. — Текст : непосредственный.
3. Авторское свидетельство № 1432371 от 22.06.1988 г. «Образец для моделирования напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций». Авторы: Корсун В.И., Кричевский А.П.
4. Патент № 54123 от 21.05.2003 г. на изобретение «Способ расположения ветрогенератора в вертикальной трубе». Авторы: Горохов Е. В., Корсун В. И., Васылев В. Н., Тимофеев Н. В. и др.
5. Патент № 10427 от 15.01.2006 г. на изобретение «Крышка люка обзорного колодца». Автор: Косторниченко В. А.
6. Авторское свидетельство № 266301 от 16.02.1968 г. «Стенд для лабораторных исследований плоских железобетонных элементов». Авторы: Левин В. М., Шнеер В. Р., Передерей В. Д.
7. Авторское свидетельство № 361265 от 13.11.1970 г. «Сборная ферма». Авторы: Левин В. М., Кац М. Х., Передерей В. Д., Шнеер В. Р.
8. Авторское свидетельство № 376684 от 08.04.1971 г. «Стенд для лабораторных исследований плоских железобетонных элементов». Авторы: Левин В. М., Шнеер В. Р., Передерей В. Д.
9. Авторское свидетельство № 796372 от 21.02.1979 г. «Дымовая труба». Авторы: Левин В.М., Голов А.Т., Беляев Д.С., Лебедев В.Г.
10. Авторское свидетельство № 922253 от 08.09.1980 г. «Скользкая опалубка». Авторы: Левин В.М., Кац М.Х.
11. Авторское свидетельство № 945336 от 15.09.1980 г. «Дымовая труба». Авторы: Левин В. М., Голов А. Т., Лебедев В. Г., Беляев Д. С.

# ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕШЕТЧАТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, С. Н. Бакаев, А. В. Танасогло

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** В статье представлена новая концепция проектирования электрических сетей, с помощью которой разработаны новые унифицированные металлические опоры, экономичные и надежные, для энергетики. Впервые создан метод оптимального проектирования воздушных линий (ВЛ) электропередачи как единой конструктивной системы с учетом рельефа местности, атмосферно-климатических условий и степени загрязненности окружающей среды, требований экономичности, технологичности и эксплуатационных затрат. Уделено внимание изменениям, внесенным в ограничения и условия, которым удовлетворяет вектор варьируемых параметров для отыскания геометрических размеров решетчатых конструкций минимальной массы. Оптимальное проектирование, контрольная компьютерная сборка и применение прогрессивных технологий позволяют сократить сроки строительства, снизить затраты на эксплуатацию и увеличить срок службы электрических сетей.

**Ключевые слова:** оптимальное проектирование, программный комплекс, воздушная линия электропередачи, конструктивная схема, решетчатая опора, целевая функция массы, компьютерная сборка, алгоритм.



**Горохов**  
Евгений Васильевич



**Васылев**  
Владимир Николаевич



**Бакаев**  
Сергей Николаевич



**Танасогло**  
Антон Владимирович

## ВВЕДЕНИЕ

При строительстве воздушных линий в Российской Федерации, Украине, Казахстане, Республике Беларусь традиционно применяются унифицированные конструкции опор, разработанные по нормативам бывшего СССР [1-4]. Рассматривая существующую унификацию с позиции сегодняшних рыночных отношений, можно увидеть, что такие опоры не могут конкурировать с аналогичными зарубежными. В сложившейся ситуации возникла необходимость разработки новых унифицированных конструктивных форм опор ВЛ, которая вызвана несколькими причинами. Отметим основные из них: ужесточились международные нормы для определения нагрузок от климатических воздействий с целью повышения надежности ВЛ; необходим учет действительной работы пространственной конструкции опоры в составе ВЛ как единой сети с учетом поддерживающего влияния проводов и тросов [5-7].

Значительные резервы в решении данной проблемы заложены в совершенствовании строительных конструкций ВЛ при абсолютном сохранении их эксплуатационных качеств [8-11]. Поэтому вопрос поиска оптимального конструктивного решения при одновременном соблюдении требований методики расчета и конструирования, является весьма актуальной задачей, поскольку направлен на сохранение конкурентоспособности электрических сетей на мировом рынке за счет экономии металла при применении нетиповых опор.

Анализ исследований относительно оптимального проектирования строительных конструкций дает возможность сформулировать задачу исследований, которая диктуется современным состоянием в области оптимизации конструкций и запросами практики.

Проектирование конструкций высоковольтных линий электропередачи определяется большим количеством разнообразных параметров и требований: длиной линии, передаваемым напряжением, рельефом местности, районом строительства, электрическими габаритами, стоимостью отчуждаемой земли, материалом конструктивных элементов, требованиями унификации, возможностями завода производителя, сортаментом [12-16].

Совершенствование методик расчета и оптимизации опор ВЛ возможно путем уточнения усилий и перемещений элементов конструкции при натурных и лабораторных испытаниях. Поэтому необходимо проводить масштабные статические и динамические испытания на специализированных испытательных полигонах электросетевых конструкций для исследования действительной работы решетчатых опор башенного типа.

### **ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В работе [5] разработана оптимальная одностадийная автоматизированная система проектирования и изготовления электросетевых конструкций с учетом конструктивных и технологических требований заводов-производителей, которая сократила время на изготовление конструкций, а главное, повысила качество продукции. Система включает программный комплекс прочностных и оптимизационных расчетов проводов, тросов и металлоконструкций опор; моделирование в натуральный размер; компьютерную контрольную сборку конструкций.

На основе предложенного числового метода оптимизации часть параметров задана однозначно: геометрические размеры, назначаемые из условия электрических габаритов между проводами, тросами и конструкцией, а также нагрузка (величина скоростного напора ветра, толщина гололедных отложений на проводах, натяжение провода при обрыве). Варьируются параметры, от которых зависит эффективность металлических решетчатых опор: конструктивная форма опоры (портальная, башенная, опора на оттяжках), пролет и связанная с ним высота опоры, габаритные размеры и форма отдельных конструктивных элементов (ствола, траверс, тросостойки), типы решеток и типы соединения элементов в узлах, длины секций, сортамент металлопроката и материал конструкции.

В то же время известная программа расчета опор ВЛ «TOWER», разработанная в США и рекомендованная международной электротехнической комиссией, имеет целый ряд недостатков в сравнении с предложенным авторами программным комплексом, а именно: ветровая весовая нагрузка на опоры учитывается приблизительно, расчет проводов и опор осуществляется отдельно, вместо оптимизации осуществляется упрощенный перебор геометрических параметров, нет оптимизации ВЛ по профилю трассы.

Используя созданный программный комплекс [17-19], авторами разработаны новые эффективные опоры: узкобазные одностоечные, которые хорошо зарекомендовали себя в Крыму со сложными горными условиями; порталные опоры с гибкими связями, которые имеют затраты стали на 30 % ниже зарубежных аналогов.

В основу задачи поиска оптимальных параметров конструкций опор ВЛ положены числовые методы минимизации нелинейных целевых функций. Такие исследовательские приемы с использованием аппарата нелинейного программирования хотя и не дают четкого математического решения задачи, но позволяют учесть то необходимое количество факторов, которое способно приблизить задачу к практическим запросам и дать ощутимый экономический эффект.

С учетом изложенного, задача оптимального проектирования опор ВЛ формулируется таким образом — отыскать геометрические параметры башни с варьированием координат системы и топологии при заданных сечениях с минимизацией массы или стоимости при выполнении нормативных требований и конструктивных ограничений. Параметры варьирования  $X_j$  являются как непрерывно переменными, так и дискретными.

В результате экспертной оценки возможных к применению методов для решения задачи оптимизации конструкций ВЛ наиболее эффективными оказались: метод улучшенного поиска, метод деформированного многогранника Нелдера-Мида и методы прямого поиска Хука-Дживса и Девис-Свенна-Кэмпбелла [20-22]. Последовательное применение этих методов дает возможность значительно приблизиться к оптимальному варианту.

Авторами предложен метод поиска, который решает на начальном этапе выбирать направление спуска при определении оптимальных геометрических параметров. Результаты проведенных числовых исследований показали, что направление спуска определяется уже на первых итерациях. Если направление поиска оказывалось удачным, то формировался многогранник с «улучшенной» вершиной, и поиск продолжался до тех пор, пока шаг переноса не оказывался меньше заведомо заданной точности или процесс поиска завершался по количеству итераций. Оптимальное значение целевой функции данного метода было исходным значением при переходе к следующему методу оптимизации.

Предложенный метод начальной оптимизации является очень эффективным и позволяет осуществлять выход из «оврагов» для существенно нелинейных дискретных задач (рис. 1), в отличие от других методов (метод деформированного многогранника, прямой поиск по Хуку-Дживсу и др.).

Как критерий оптимальности проекта целевая функция принята в виде массы или стоимости конструкции опоры. Целевая функция — это сложная нелинейная функция параметров управления. Дискретность и важная нелинейность целевой функции ставит вопросы о создании алгоритма, который бы обеспечивал сходимость с проектом минимальной массы.



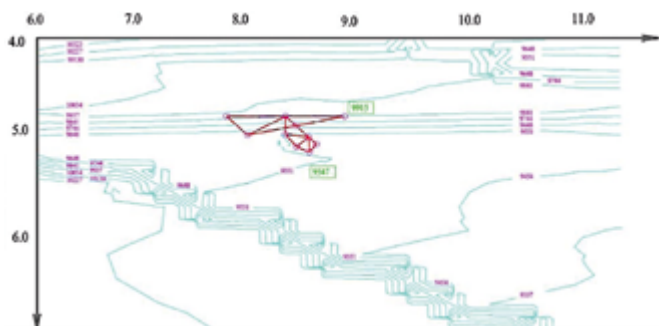


Рис. 1. Эффективность поиска методом координатного спуска.

При решении задачи оптимизации конструкции опоры ВЛ используются исходные данные, учитываются конструктивные и другие требования, выполняются статические и оптимизационные расчеты [5, 23].

Задача оптимизации сводится к нахождению вектора варьируемых параметров (1), который минимизирует целевую функцию и удовлетворяет ограничениям (2)-(4) и условиям (5), (6). Система ограничений формируется автоматически в виде проверок целевой функции, выражение которой является сложной нелинейной задачей, т. к. велико число варьируемых параметров [17, 24].

$$Z = f(H, L, b, Q, l_t, R_y, K_b, n_p)$$

В формуле (1) величины  $H, L, b, Q$  – заданные параметры, где  $H$  – высота опоры,  $b$  – база,  $L$  – пролет,  $Q$  – вектор внешней нагрузки; величины  $l_t, R_y, K_b, n_p$  – варьируемые параметры геометрической схемы, где  $l_t$  – длина панели,  $K_b$  – количество болтов,  $n_p$  – тип решетки опоры.

Выпишем основные ограничения, которым удовлетворяет вектор варьируемых параметров (1):

- несущая способность сжатых и растянутых элементов соответственно:

$$N_i \leq A_i \cdot R_{yi} \cdot \phi_i \quad \text{и} \quad N_i \leq A_i \cdot R_{yi},$$

где  $N_i$  – продольная сила в  $i$ -том элементе;  $R_{yi}, A_i, \phi_i$  – соответственно расчётное сопротивление, площадь поперечного сечения и коэффициент продольного изгиба  $i$ -го элемента;

- минимальная площадь элемента:

$$A_i \geq [A_i],$$

где  $[A_i]$  – минимально допустимая площадь  $i$ -того элемента по предельной гибкости или по конструктивным требованиям;

- значение неизвестных:

$$J_i \geq X_i \geq j_i,$$

где  $J_i$  и  $j_i$  – верхний и нижний пределы изменения варьируемых параметров.

Основные условия, которым удовлетворяет вектор варьируемых параметров (1):

- условие равновесия:

$$k(x) \cdot B - P(x) = 0,$$

где  $k(x)$  – матрица жесткости системы;  $B$  – вектор

узловых перемещений;  $P(x)$  – вектор внешних нагрузок;

- условие совместности деформаций:

$$\Delta L_{Ni}(N_i, A_i, l_i) = \Delta L_i(\Delta x, \Delta y, \Delta z),$$

где  $\Delta L_{Ni}$  и  $\Delta L_i$  – деформация соответственно  $i$ -того и  $i+1$  элемента.

Геометрическая схема опоры ВЛ задается с учетом ограничений (2)-(4) на пределы изменения переменных. Данные ограничения направлены на то, чтобы сохранить определенную форму системы и поставить в соответствие варьируемые параметры требованиям проектирования [25-27].

Алгоритм оптимального проектирования опор ВЛ реализован в программном комплексе по расчёту и конструированию конструкций линий электропередачи «MISI1», разработанному в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (рис. 2).

Решение задачи оптимизации выполнено численными методами нелинейного программирования, которые не используют производные. В основе поиска лежит идея использования предыдущей информации для построения улучшенных решений с помощью итерационных процедур. Проведенные исследования дали возможность предложить следующую методику применения разных математических методов и их последовательность. На первом этапе определяется оптимальный тип решетки при заданных геометрических размерах (для свободностоящих опор) с использованием разработанного комбинаторного алгоритма. Значение целевой функции при оптимальном типе решетки становится исходным для следующих итерационных расчетов. Потом задается начальный многогранник, который имеет форму регулярного симплекса. Определяется направление спуска. Для новых значений параметров, которые варьируются, подбирается оптимальный тип решетки комбинаторным алгоритмом (KOMBI) с вычислением целевой функции.

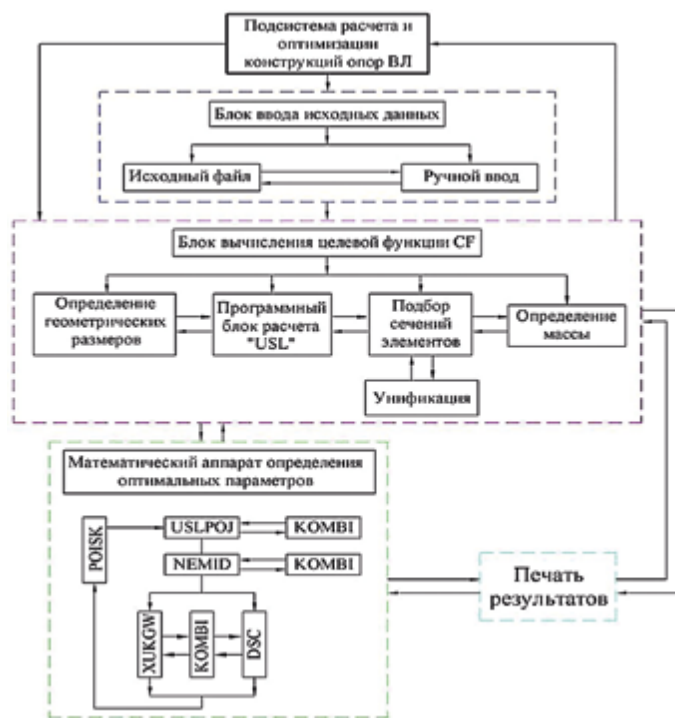


Рис. 2. Блок-схема оптимизационного расчета стальной опоры ВЛ.

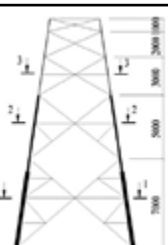

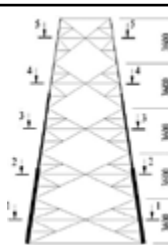

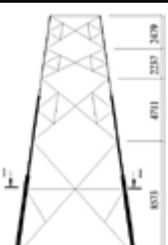

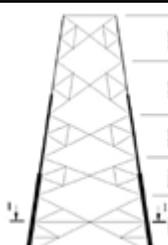

В дальнейшем для определения оптимума используется многогранник, в котором одна из вершин конструкции определяется как оптимальная на предыдущем этапе (USLPOY). Поиск продолжается методом деформированного многогранника (NEMID). Для полученных этим методом геометрических размеров опоры определяется оптимальный тип решетки ствола с помощью комбинаторного алгоритма.

На последнем этапе целевая функция оптимизируется одним из методов координатного спуска. Наиболее эффективным методом оказался прямой поиск по Хуку-Дживсу (XUKGV), т. к. давал «наилучшие» (наименьшие) значение целевой функции. Завершал итерационный поиск подбор оптимального типа решетки комбинаторным алгоритмом.

Исходные данные проектирования с постоянными величинами поступают из главной программы (или при необходимости вводятся с клавиатуры) в программу оптимизационного расчета «POISK». Определение минимума целевой функции конструкции минимальной массы можно сделать одним или комбинацией нескольких оптимизационных методов (рис. 2). Подпрограмма вычисления целевой функции «CF» состоит из нескольких вычислительных блоков, которые определяют разные параметры каждой из групп элементов: пояса, раскосы, шпренгеля, диафрагмы.

Анализ результатов оптимизации, приведенный в таблице 1, позволяет сделать вывод: при одинаковых нагрузках и габаритах опоры существует объективный результат массы конструкции, который может быть достигнут из разных начальных проектов, отличающихся типами решеток, диафрагмами, узловыми соединениями, сечениями. При этом даже схема решетки не влияет на конечный результат.

Табл. 1. Результаты оптимизации опоры У220-2+5 из разных стартовых точек.

Исходная опора		Оптимальная опора	
Геометрическая схема	Тип диафрагмы	Геометрическая схема	Тип диафрагмы
 Масса 10321 кг		 Масса 8429 кг	
 Масса 10197 кг		 Масса 8233 кг	

Программой предусмотрена возможность получения информации о каждом шаге итерационного процесса решения задачи, с целью его анализа и корректирования некоторых параметров. Предусмотрен графический контроль за ходом решения. Результаты оптимизационных расчетов подаются в табличной форме и выдаются в виде расчетных листов.

Программный комплекс позволяет решать задачи оптимального проектирования разных типов опор ВЛ; кроме того, есть возможность добавлять вычислительные блоки, которые позволяют расширить круг решаемых задач по проектированию экономичных опор.

Результаты оптимизационных расчетов разных типов опор ВЛ, которые значительно улучшают исходный проект, убеждают в целесообразности принятого подхода к оптимизации опор, т. к. в результате оптимизационного расчета определяется рациональная форма конструкции, которая в той или иной форме удовлетворяет заданному критерию оптимальности. Проведенные исследования позволили при оптимизации рассмотреть ВЛ как единую конструкционную систему, учесть пространственную работу конструкций опор, требования экономичности и технологичности.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОПОР ВЛ 110 КВ

Оптимизационный расчет серии башенных опор ВЛ 110 кВ выполнялся в программном комплексе по расчету и оптимальному конструированию опор линий электропередачи «USL» [28].

При оптимизации конструкций анкерно-угловых опор 110 кВ заданными параметрами являлись база и ширина верхней части ствола, которая определяется электрическими габаритами. Варьировались количество и длины панелей, длины поясных секций, тип решетки и диафрагмы ствола, тип узловых сопряжений раскосов с поясами.

При разработке новых опор 110 кВ приняты следующие условия:

- материал опоры – малоуглеродистая сталь С245 ( $R_y = 240 \text{ МПа}$ );
- токоведущие провода сталеалюминиевые марки АС 240/32, грозозащитный трос – С 50;
- ветровой пролет  $l_{\text{ветр}} = l_{\text{габ}}$ ; весовой пролет  $l_{\text{вес}} = 1,25 \cdot l_{\text{габ}}$  [29];
- климатические условия для расчета приняты в соответствии с главой 2.5 [30].

Геометрические схемы разработанных оптимальных анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ представлены на рисунке 3. Сравнение по массе типовых и оптимальных опор приведено в таблице 2.

Результатом оптимизации опоры У110-2+9 явилось снижение массы с 11,391 т до 8,383 т, или на 35,9 %. Осуществлен переход с поясного уголка  $\cdot 180\text{C}11$  на  $\cdot 160\text{C}10$  для девятиметровой подставки оптимальной опоры.

Результаты исследований внедрены при изготовлении, монтаже и эксплуатации оптимальной опоры У110-2+14 ВЛ 110 кВ «Кременчуг – ГПП4» на территории Полтавского горно-обогатительного комбината, расположенного в г. Комсомольск, Украина (рис. 4).

Табл. 2. Сравнение масс типовых и оптимальных опор У110-2

№ п/п	Тип опоры	Масса опоры*		Экономия на 1 опору по сравнению с типовой	
		типовая опора, КМ	оптимальная опора, КМД	кг	%
1	У110-2	7704 8002	5676 5910	2028 2092	35,7 35,4
2	У110-2+5	9717 10095	7185 7481	2532 2614	35,2 34,9
3	У110-2+9	11391 11834	8383 8728	3008 3106	35,9 35,6
4	У110-2+14	14643 15212	10476 10908	4176 4304	39,8 39,5

\* в числителе — масса неокрашенной опоры; в знаменателе — масса опоры с цинковым покрытием

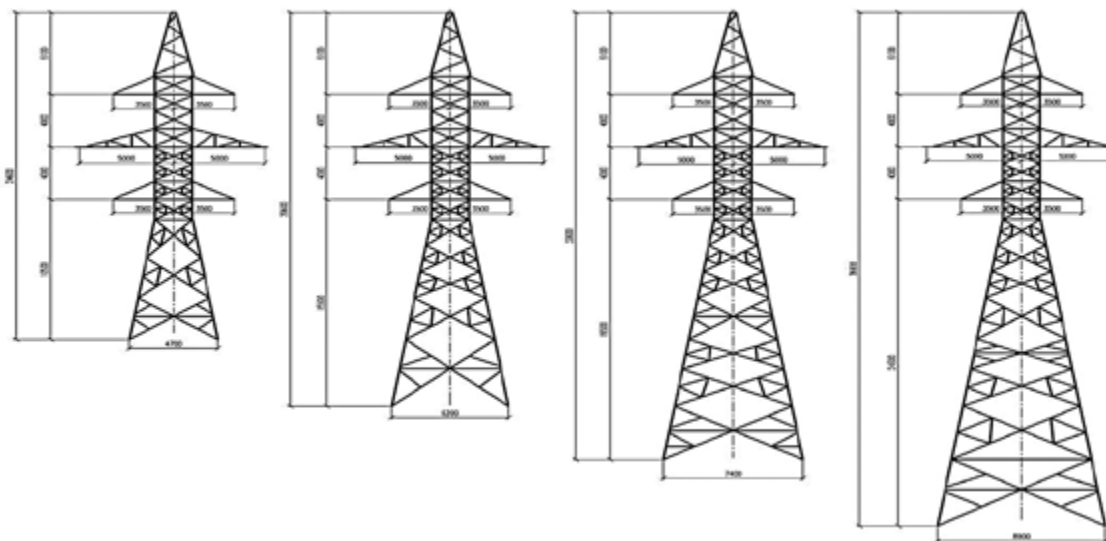


Рис. 3. Геометрические схемы оптимизированных анкерно-угловых опор У110-2:  
а) опора У110-2; б) опора У110-2+5; в) опора У110-2+9; г) опора У110-2+14

Эффективность заключается в снижении массы конструкции опоры на 39,5 % по сравнению с типовой опорой за счет более точного определения усилий в пространственной модели, пересчета коэффициентов продольного изгиба, введения сложной шпренгельной решетки, выбора оптимального типа профиля и узлов сопряжений.

### НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОПОР ВЛ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

В результате оптимального проектирования с использованием программного комплекса по расчёту и конструированию конструкций линий электропередачи получены новые типы одноцепных и двухцепных опор ВЛ напряжением 35 кВ и 110 кВ, а именно шесть одностоечных опор башенного типа: П-35-1, АУ-35-1, П-35-2, АУ-35-2, П-110-1, АУ-110-1 (рис. 5). Опоры одностольные башенные решетчатые постоянного поперечного сечения, квадратного в плане.

Основным условием при разработке новых опор являлось выполнение основных технологических требований к надежной эксплуатации. В связи с этим для всех рассматриваемых опор приняты следующие условия: а) учтен вес гололеда на гирляндах изоляторов;



Рис. 4. Оптимальная двухцепная анкерно-уголовая опора У110-2+14: а) опора в процессе монтажа; б) общий вид смонтированной опоры; в) сложная шпренгельная решетка ствола; г) узел крепления опоры к фундаменту (башмак).



б) нормативные нагрузки от собственного веса монтируемых проводов, тросов и гирлянд приняты с учетом удвоенной массы ветровых пролетов; в) опоры рассчитаны на повышенные нагрузки от гололеда и ветра с повторяемостью не реже 1 раза в 50 лет.

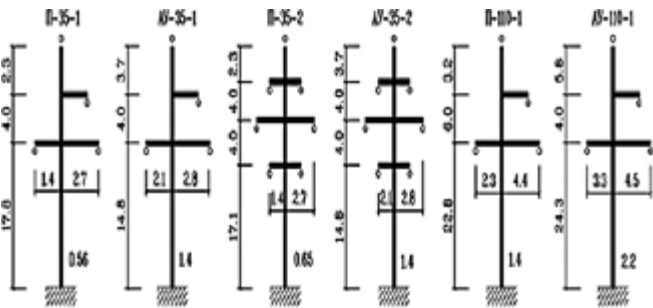


Рис. 5. Схемы унифицированных узкобазных опор башенного типа

Анкерно-угловые опоры рассчитывались на восемнадцать режимов нагружений: четыре нормальных гололедных режима, восемь аварийных и шесть монтажных режимов. При этом учитывались углы поворота трассы до 60° и разность тяжений проводов в смежных пролетах. Промежуточные опоры рассчитывались на шесть режимов нагружений: три нормальных (ветер поперек ВЛ, ветер под углом 45° к оси ВЛ и гололедный режим), два аварийных (обрыв провода и обрыв троса) и один монтажный режим.

Геометрическая схема разработанной узкобазой опоры повышенной надежности ВЛ 35 кВ приведена на рисунке 6. Массы башенных взаимозаменяемых опор приведены в табл. 3. Массы опор определялись с учетом вспомогательных деталей и метизов.

Автоматизированный расчет узкобазных опор ВЛ с определением расчетных усилий в элементах и подбором сечений с учетом конструктивных требований выполнялся по программам, разработанным на кафедре металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры [28].

Таблица 3. Параметры взаимозаменяемых опор ВЛ 35 кВ и ВЛ 110 кВ

Тип опоры	Высота, м	Масса, кг
Промежуточная одноцепная опора ВЛ 35 кВ	24.1	1719
	20.1	1352
Анкерно-угловая одноцепная опора ВЛ 35 кВ	22.5	3421
	17.5	2645
Промежуточная двухцепная опора ВЛ 35 кВ	27.4	3755
	23.4	3042
Анкерно-угловая двухцепная опора ВЛ 35 кВ	26.7	6193
	21.7	5230
Промежуточная одноцепная опора ВЛ 110 кВ	32.0	3879
	28.0	3088
Промежуточная двухцепная опора ВЛ 110 кВ	38.0	6206
	34.0	5401
Анкерно-угловая одноцепная опора ВЛ 110 кВ	34.1	8430
	29.1	6831

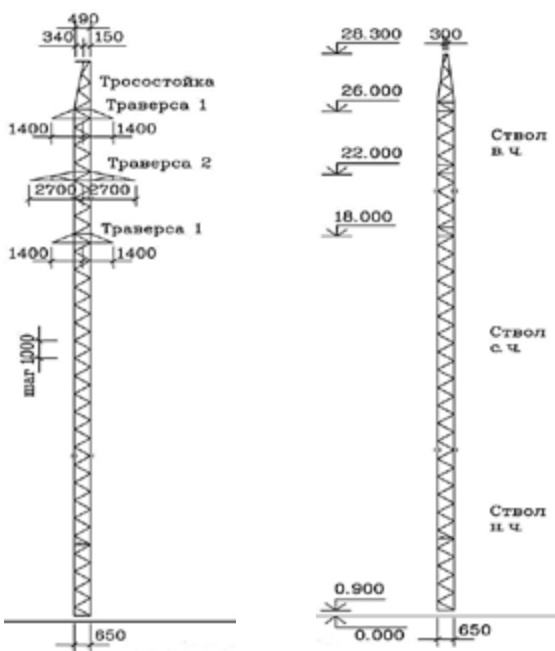


Рис. 6. Узкобазая промежуточная двухцепная опора ВЛ 35 кВ

Расчеты показали, что введение большего количества диагоналей и распорок оправдано, т. к. значительно снижаются усилия от изгиба в поясах ствола узкобазных опор.

По результатам выполненных исследований определены рациональные области применения узкобазных решетчатых опор башенного типа. Рассмотренные опоры рациональны в промежуточных одноцепных опорах ВЛ 35-110 кВ, особенно при больших высотах и незначительных нагрузках, а также в анкерно-угловых опорах напряжением 110 кВ при высоте опор до 27 м. В анкерно-угловых опорах ВЛ 35 кВ применение узкобазных опор дает положительный эффект для опор небольшой высоты (до 22 м).

ВЫВОДЫ

1. Созданная система одностадийного автоматизированного проектирования электросетевых конструкций включает программный комплекс оптимизационных расчетов проводов, тросов, конструкций опор и фундаментов.

2. Программный комплекс использован для разработки оптимальных двухцепных анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ, технологичных в изготовлении и монтаже. При этом масса опор уменьшилась до 39 % по сравнению с опорами ВЛ 110 кВ действующей унификации.

3. Выполненные исследования показали, что применение для ВЛ 35 и 110 кВ узкобазных опор позволяет получить экономию стали до 15 %, уменьшить расход железобетона на фундаменты до 35 % и в четыре раза сократить объем земляных работ при устройстве котлованов.

4. Разработанный метод оптимального проектирования опор ВЛ является универсальным и может быть применен к другим конструкциям – опорам ветроагрегатов и антенным опорам радиорелейной связи.

## Список литературы

1. Kriukov, K. P.; Novgorodtsev, B. P. *Constructions and mechanical analysis of power transmission line*. 2nd edition. Leningrad: Energy, 1979. 312 p.
2. Vinogradov, D. *Construction of overhead power transmission lines 35-500 kV with severe track*, Energoatomizdat, Leningrad, 1983, 216 p.
3. Gorokhov, Ye. (Eds.); Shapovalov, S.; Udod, Ye. et al. *Growth of reliability and life of the power supply network construction*, Technics, Kyiv, 1997, 284 p.
4. Kryukov, K. *The crossings of transmission lines through of large water areas*, Energoatomizdat, Leningrad, 1982, 224 p.
5. Shevchenko, E. V. *Refinement of steel constructions of power transmission line support*. 2nd edition. Makiivka: DonSASEA, 1999. 169 p.
6. IEC 60826. *Design criteria of overhead transmission lines*. Third Edition. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2003. 241 p.
7. EN 50341-1: *Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV. Part 1: General requirements – Common specifications*. Brussels: CENELEC, 2009. 234 p.
8. Nazim, Ya.; Tanasoglo, A. *Investigation of stress-strain state of supports structures of large crossing of intersystem transmission line at reconstruction with replacement of conductors*, Metal Construction (2015) Vol. 21, No. 2, p. 49-61.
9. *Probabilistic design of overhead transmission lines: Companion document to "Improved design criteria of overhead transmission lines based on reliability concepts" (2000) CIGRE Brochure 109, SC 22, WG 06, 124 p.*
10. Wadell, Brian C. *Transmission Line Design*, Artech house, Norwood, 2005, 266 p.
11. Li, H.; Bai, H. *High-voltage transmission tower-line system subjected to disaster loads*, Progress in Natural Science (2006) Vol. 16, No. 9, p. 899-911.
12. Gorokhov, Ye. (Eds.); Kazakevich, M. et al. *Aerodynamics of the power supply structures*, Donetsk, 2000, 336 p.
13. Diana, G.; Bruni, S.; Cheli, F.; Fossati, F.; Manenti, A. *Dynamic analysis of the transmission line crossing "Lago de Maracaibo" (1997) EACWE, Genova, Italy, pp. 1759-1766.*
14. Gaudry, M.; Chore, F.; Hardy C.; Ghannoum E. *Increasing the ampacity of overhead lines using homogeneous compact conductors (1998) Report CIGRE 22-201, Paris.*
15. Chen, Y.; Farzaneh, M.; Lozowski E.; Szilder K. *Modeling of ice accretion on transmission line conductors (2000) Proc. of the IX International Workshop on Atmospheric Icing of Structures (IWAIS), E A Technology, Chester, United Kingdom, Session 7a, p. 1-8.*
16. Sokolov, A.G. *Support of power transmission lines (calculation and construction) (1961) Moscow: Gosstroyizdat, 171 p.*
17. Shevchenko, Ye.; Glukhov, V.; Tanasoglo, A. *The stress-strain state research of the double circuit anchor support of the OPTH 330kV used different software package*, Metal Structures (2010) Vol. 16, No. 1, pp. 31-39.
18. Nazim, Ya.; Shevchenko, Ye. *Reconstruction of large transmission line crossing on the River Dnieper in Kremenchuk*, Modern industrial and civil construction (2014) Vol. 10, No. 2, p. 83-95.
19. Shevchenko, Ye.; Nazim, Ya.; Tanasoglo, A.; Garanzha, I. *Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV*, Procedia Engineering (2015) 117, pp. 1033-1040.
20. Couneson, P.; Lamsoul J.; Delplanque D.; Capelle Th. *Improving the performance of existing high-voltage overhead lines by using compact phase and ground conductors (2013) Proc. CIGRE, Paris, p. 18-76.*
21. G. Arzhakov *Metal structures. Special buildings and structures*, vol.3, 544 (2002).
22. A. Perelmuter *Computational models of structures and the possibility of their analysis*, 618 (2002).
23. Tanasoglo, A.; Garanzha, I.; Glukhov, V. *Dynamicity coefficient refinement for intermediate support P110-6 under the action of the pulsation component of the wind load*, Metal Structures (2015) Vol. 21, No. 1, pp. 39-48.
24. Lamsoul, J.; Rogier, J.; Couneson, P.; Van Overmeere, A. *Belgian experience on initiatives to improve the capability of existing overhead lines (2000) Report CIGRE 22-206, Paris.*
25. DBN B.2.6 – 163:2010 *Steel structures. Standards of design, manufacturing and installation*, 202 (2011).
26. *Manual for design of steel structures of overhead transmission line supports (OHTL) and power outdoor switchgear (OSG) substations with voltage up to 1kV (to SNiP II-23-81\*)*, 72 (1989).
27. *Design of Latticed Steel Transmission Structures / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 10-90, A.N.S.I. – New York (USA). – 1991. – 64 p.*
28. Tanasoglo, A. *Optimal design solutions of double-circuit corner dead-end supports of overhead power transmission lines 110 kV*, Modern industrial and civil construction (2015) Vol. 11, No. 1, pp. 5-14.
29. Gaudry, M.; Chore, F.; Hardy C. *Increasing the ampacity of overhead lines using homogeneous compact conductors (2008) Proc. CIGRE, Paris, p. 180-201.*
30. *Rules for electrical installation. Head 2.5 «The overhead power transmission lines voltages above 1 kV to 750 kV»*. Kyiv: GRIFRE, 2006. 125 p.
31. Горохов, Е. В. *Методика проведения испытаний антенных опор на Полигоне ДонНАСА [Текст] / Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, А. М. Алехин // Металлические конструкции. – 2010. – Том 16, №3. – С. 151 – 161.*

# МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Н. М. ЗАЙЧЕНКО<sup>1</sup>**, д.т.н., профессор; **А. К. ХАЛЮШЕВ<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент;  
**В. В. НЕФЕДОВ<sup>1</sup>**, к.т.н.; **И. Ю. Петрик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону

**Аннотация.** Показано, что среди основных мировых тенденций развития отрасли промышленности строительных материалов и изделий в последние годы ключевое значение приобретает вовлечение техногенного сырья в производство строительных материалов, в том числе новых типов — инновационных и композитных, внедрение передовых технологий их производства. Рассмотрены различные технологические решения, направленные на модифицирование электроповерхностных свойств дисперсных компонентов для повышения показателей качества композиционных строительных материалов.

**Ключевые слова:** отходы промышленности, электроактивация, электроповерхностные свойства, модифицирование.



*Зайченко  
Николай Михайлович*



*Халюшев  
Александр Каюмович*



*Нефедов  
Владислав Васильевич*



*Петрик  
Ирина Юрьевна*

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Российской Федерацией на государственном уровне принята «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 г. № 868-р) [1], содержащая комплекс мероприятий, направленных на развитие промышленности строительных материалов. В документе, в частности, отмечено, что среди основных мировых тенденций развития отрасли промышленности строительных материалов и изделий в последние годы ключевое значение приобретает вовлечение техногенного сырья в производство строительных материалов, в том числе новых типов — инновационных и композитных, внедрение передовых технологий их производства.

Во многих развитых странах мира объем повторного использования отходов промышленности превышает 30 процентов. Значительная часть отходов используется в строительстве и при производстве строительных материалов. В Соединённых Штатах Америки и Федеративной Республике Германия, например, утилизация золошлаковых отходов достигает 80 процентов. В то же время, процент утилизации отходов промышленности в постсоветских странах значительно ниже. Подавляющая их часть направляется в отвалы, при этом в строительной индустрии утилизируется лишь 6-7 процентов. Колоссальные объемы отходов промышленности сосредоточены в отвалах на территории Донецкой Народной Республики: золы и шлаки ТЭС (рис. 1), металлургические шлаки, горелые породы шахтных терриконов, цементная пыль, алюмосиликатные пылевидные отходы керамической и огнеупорной промышленности и т.п.





Рис. 1. Золоотвал Зувевской ТЭС

Широкому вовлечению их в производство строительных материалов препятствует, прежде всего, крайне неоднородный их химико-минералогический и гранулометрический состав. Для решения проблемы необходима разработка инновационных технологий переработки отходов в кондиционные композиционные материалы.

### СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В 1973 году вместе со становлением Макеевского инженерно-строительного института в его структуре создан научно-исследовательский сектор, что положило начало развитию большой науки в институте. Формировались научные направления, а затем научные школы, создавались научные лаборатории, инженерно-производственные центры, росли объемы хозяйственной и государственной тематики, активно развивалась студенческая наука. В рамках научных школ планомерно осуществляется подготовка научных кадров через аспирантуру и докторантуру [2].

В 70-80-е годы сформирована одна из научных школ института: «Исследование отходов промышленности как сырья для производства строительных материалов и изделий», её возглавил канд. техн. наук, профессор Н. Ф. Почапский. В разрезе главной проблематики научной школы развиваются перспективные научные направления, связанные с инновационными технологиями производства строительных материалов с использованием отходов промышленности Донбасса.

Профессором кафедры строительных материалов и производства строительных конструкций, д-ром техн. наук В. А. Матвиенко осуществлено научное обоснование технического решения проблемы повышения эффективности технологии бетонных и железобетонных изделий [3].

Путем воздействия на свежесформованные бетонные изделия электрическим током с напряжением свыше 5 кВ при ограничении плотности тока (менее 0,1 А/м<sup>2</sup>) активизируются межфазные и межчастичные взаимодействия при формировании структуры бетона, при этом исключаются либо сводятся к минимуму энергоемкие электрохимические процессы на контактном электроде.

Активация свежесформованных изделий в процессе выдержки перед тепловой обработкой в течение 15-120 минут обеспечивает прирост прочности бетона при сжатии на 15-25 % при удельных затратах энергии 150-200 ВА·час/м<sup>3</sup> [3]. Такая операция в производствен-



Канд. техн. наук,  
проф. Почапский  
Николай Федотович



Д-р техн. наук,  
проф. Матвиенко  
Василий Андреевич

ном цикле изготовления бетонных изделий может быть технологически обоснована в случае обязательной предварительной выдержки свежесформованных изделий перед тепловой обработкой, например, изделий из газобетонных смесей в процессе формирования структуры (вспучивания) (кандидатская диссертация: «Модифицированный неавтоклавный газополистиролбетон с повышенными физическими и механическими свойствами», В. А. Мартынова, 2008 г.).

Более существенный технико-экономический эффект ( $\Delta R \approx 20-50\%$ ) при на порядок меньших удельных энергозатратах (1,5-20 ВА·час/м<sup>3</sup>) достигнут при активации бетонных смесей в нестационарных режимах: при перемешивании в бетоносмесителе (канд. дисс. «Цементные бетоны, активированные в электрическом поле на стадии перемешивания», Г. В. Шамрина, 2001 г.), в процессе вибрационного уплотнения в формах (канд. дисс. «Бетоны, электроактивированные на стадии вибрационного уплотнения», Н. М. Зайченко, 1995 г.); обработке свежесформованных изделий электрическими импульсами малой мощности (канд. дисс. «Активация бетонной смеси электрическими разрядами малой мощности», В. Г. Вешневская, 1996 г.). Разработаны устройства, установлены параметры активации бетонных смесей в высоковольтном электрическом поле. В то же время для практической реализации разработанных способов активации имеется ряд технических и технологических ограничений: сложность обеспечения надежной электроизоляции, исключающей утечки тока и обеспечивающей надежную электробезопасность; обязательный учет при выборе параметров активации консистенции бетонных смесей и, главное — необходимость применения нетокпроводящей опалубки для формирования изделий (исключение эффекта «Клетки Фарадея»).

Более доступной как в техническом исполнении, так и в плане организации технологического процесса является электрообработка отдельных ингредиентов бетона: цемента, заполнителей, дисперсных минеральных добавок (канд. дисс.: «Поляризационная активация заполнителей бетона», В. Н. Губарь, 1991 г., «Электроактивационная технология силикатного бетона», А. А. Нгалбиок, 1999 г.). Разработана конструкция устройства для активации компонентов бетона в бункерах оперативного запаса бетоносмесительного цеха в технологическом цикле приготовления бетонной смеси. Устройство представляет собой конденсатор с двумя видами чередующихся пластин — контактных и изолированных электродов. Сопротивление изоля-

ции последних, а также внутренней поверхности бункера выбирается из условия максимальной удельной плотности тока до  $10 \text{ mA/m}^2$  при разности потенциалов 15–20 кВ. В этом случае электроды в виде двух параллельных пластин создают внешнее электрическое поле с примерно одинаковой напряженностью в любых точках — однородное поле [4], а процесс заряжения частиц происходит путем электростатической индукции [5]. Однако в результате поляризации на поверхности частиц появляются связанные заряды, вектор напряженности электрического поля которого направлен внутри диэлектрика противоположно вектору напряженности внешнего электрического поля, вызывающего поляризацию. В результате напряженность поля внутри диэлектрика уменьшается, что в целом снижает эффективность работы устройства для активации.

Значительно более существенный эффект при электрообработке дисперсных материалов может быть достигнут в неоднородном электрическом поле. Так, согласно [4–6] поле коронного разряда, создаваемое в различных по конструктивному исполнению электросепараторах и электрофильтрах, является самым эффективным способом генерации электрических зарядов требуемой полярности. В докторской диссертации Н. М. Зайченко («Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой», 2009 г.) развиты теоретические представления о механизме влияния высоковольтной электростатической активации компонентов бетонных смесей, в частности в поле коронного разряда, на межчастичные взаимодействия в дисперсных системах, формирование микроструктуры и свойств бетонов. С использованием компьютерного моделирования электрического поля коронного разряда выполнен расчет параметров электростатической поляризации дисперсных компонентов бетонных смесей, которые обеспечивают максимальный эффект электроактивационного воздействия [7].

Активация твердения бетона происходит в основном за счет эффектов модифицирования поверхностных центров дисперсных минеральных частиц, имеющих электрическую природу [8]. По определению Г. И. Дистлера активными центрами поверхности твердой фазы являются группировки из точечных дефектов разного знака заряда, расположенные на расстоянии 5–25 нм. Важным следствием электрически активного рельефа поверхности твердых тел являются дальнедействующие эффекты, когда влияние силовых полей активных центров поверхности распространяется вглубь жидкости по эстафетному механизму [9].

Модифицирование структуры жидких граничных слоев объясняется образованием индуцированной поляризационной структуры, что обусловлено заряженным рельефом поверхности, главным образом заряженными точечными дефектами, свойства которых примерно аналогичны свойствам различных функциональных групп (например, гидроксильных) [10]. Компенсация зарядов на поверхности различных минералов приводит к уменьшению активности к химическим взаимодействиям, т.е. происходит «старение» поверхности и повышение степени ее инертности [11].

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

### *Комплексное модифицирование микроструктуры композиционных строительных материалов*

Начало 2000-х ознаменовало развитие абсолютно новых трендов в технологии композиционных строительных материалов — в технологии бетона. Бетоны становятся многокомпонентными, при их приготовлении широко используются химические модификаторы структуры и свойств, активные минеральные ультрадисперсные компоненты и ряд других эффективных добавок. Составы бетона с тонкомолотыми цементами и ультрадисперсными наполнителями способствуют более эффективному использованию суперпластификаторов и применению их повышенных дозировок, что позволяет получать бетонные смеси с предельно низкими значениями водоцементного отношения В/Ц и максимальной плотностью твердой фазы [12, 13].

Так, новый класс гиперпластификаторов, синтезированных на основе поликарбоксилатных и полиакрилатных полимеров, за счет электростерического эффекта стабилизации позволяет получать литые (самоуплотняющиеся) бетонные смеси при значениях В/Ц менее 0,3. На этой основе развивается новое направление — технология высокопрочных, высокофункциональных бетонов с прочностью при сжатии выше 100 МПа. В этой связи, разработанные ранее различные активационные технологии, основанные на физико-механических воздействиях на бетонные смеси (электрические, электромагнитные, ультразвуковые, вибрационные) уже не могли конкурировать с бурно развивающимся направлением химического модифицирования структуры композитов.

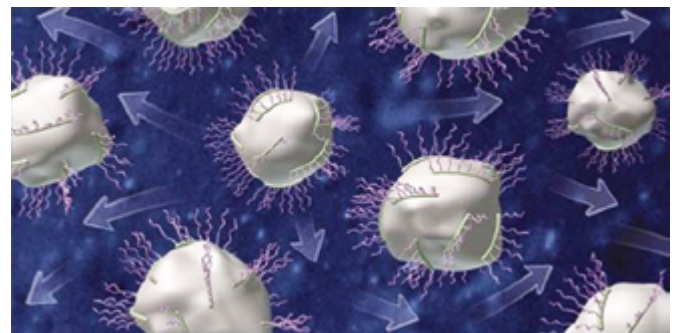


Рис. 2. Диспергирование частиц цементного теста за счёт стерического барьера отталкивания

Тем не менее, это не означало бесперспективность научного направления использования электроактивационных воздействий в технологии бетона, развиваемого профессором В. А. Матвиенко и его учениками. Практическое приложение накопленного опыта направлено не на решение проблемы повышения прочности как таковой, а на достижение целого ряда эффектов в технологии композиционных материалов с позиций электроповерхностных явлений при формировании их структуры.

Осуществлено научное обоснование технического решения получения высокотехнологичных тонкозернистых бетонных смесей и бетонов с высокими показателями физико-механических и деформационных

свойств, которое заключается в установлении закономерностей формирования микроструктуры бетона, комплексно модифицированной комбинированными органо-минеральными добавками и электрической активацией дисперсных компонентов бетона в поле коронного разряда [7].

Исходя из электроповерхностных свойств дисперсных компонентов разработана технологическая последовательность перемешивания бетонной смеси, содержащей комбинированный органо-минеральный модификатор, что исключает конкурентную адсорбцию двух анионных полиэлектролитов (суперпластификаторов) на активных центрах поверхности твердой фазы и обеспечивает высокие показатели подвижности бетонных смесей и ее сохраняемости в течение не менее часа.

Различная ориентирующая сила активных центров поверхности на молекулы и ионы адсорбирующихся веществ является причиной избирательной адсорбции, так как адсорбция коллоидных частиц определенного знака соответствует «электрической карте» поверхности [14]. Изменение концентрации центров адсорбции в результате воздействия на дисперсные компоненты бетонной смеси (адсорбенты) высоковольтным электростатическим полем может являться одним из эффективных способов регулирования величины адсорбции добавок суперпластификаторов на поверхности вяжущего и минеральных наполнителей.

#### **Поверхностное модифицирование портландцемента**

Обработка (поверхностное модифицирование) композиционного портландцемента, содержащего высокодисперсные минеральные добавки, осуществляется в установке, которая состоит из нескольких последовательных узлов: дозирующего устройства; камеры электризации (биполярной зарядки частиц); камеры агломерации и приемного бункера модифицированного композиционного цемента [15].

Исходные компоненты — микрокремнезем и портландцемент через дозирующие устройства раздельными потоками подаются в отсеки камеры

электризации — портландцемент в камеру с положительным коронирующим электродом, микрокремнезем — отрицательным. Заряженные более крупные частицы портландцемента и мелкие частицы микрокремнезема в камере агломерации под влиянием переменного электрического поля совершают колебания с различной амплитудой и частотой. Градиент частоты и амплитуды колебаний обуславливают многочисленные столкновения частиц и фиксацию мелких частиц микрокремнезема на более крупных частицах портландцемента, что приводит к образованию сфероидальных агломератов (рис. 3) (канд. дисс. «Бетоны на основе композиционных цементов, активированных в высоковольтном электрическом поле», А. К. Халюшев, 2010 г.).

По данным сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной спектроскопией установлено, что в результате электроповерхностного модифицирования портландцемента высокодисперсным микрокремнеземом (смесь «портландцемент — 75% — микрокремнезем — 25%») количество мелких зерен уменьшается, а преобладающее большинство частиц приобретает сфероидальную форму в результате образования агломератов размером 25-50 мкм, что сопровождается снижением водопотребности (нормальной густоты) цемента на 11 % и повышением прочности цементного камня при сжатии на 37 % в сравнении с контрольным образцом.

По мнению профессора П. Г. Комохова [16] активные центры (функциональные группы) поверхности наполнителей влияют на процессы, происходящие при твердении цементной суспензии, с первых секунд затворения цемента водой. Профессором М. М. Сычевым поверхность минерального наполнителя рассматривается с одной стороны, как «... активная подложка, на которой формируются гидросиликаты, структурные мотивы цементирующих фаз», а с другой стороны — как заряженная поверхность, что отражается на формировании адгезионных контактов [17]. Следовательно, повышение активности поверхности минеральных добавок, например, при воздействии внешнего электрического поля должно обеспечи-

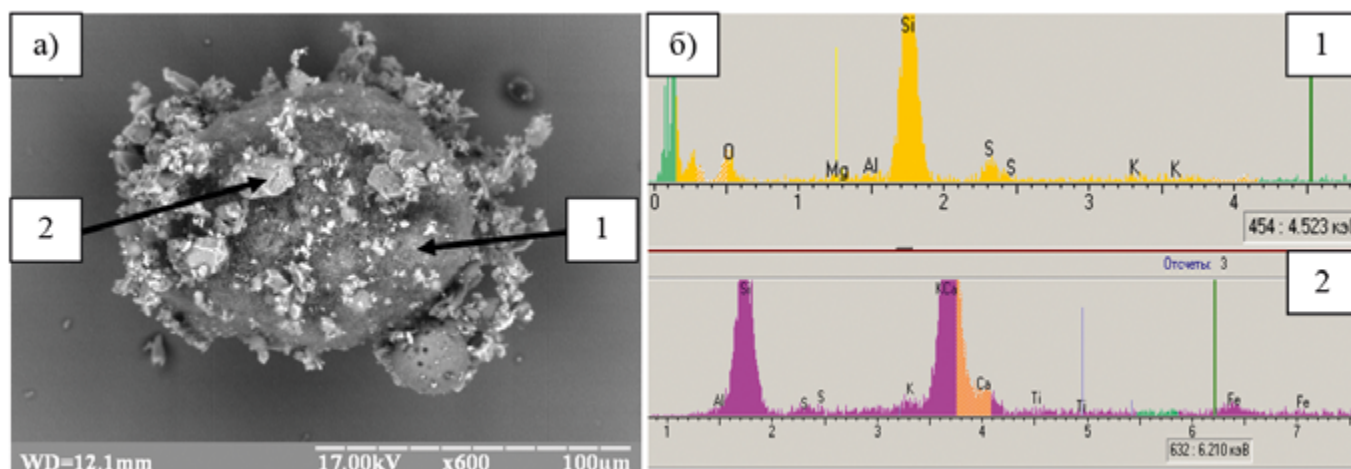


Рис. 3. СЭМ частиц модифицированного композиционного портландцемента (а) с энергодисперсионной спектроскопией (б): 1 — сфероид, образованный адгезией ультрадисперсных частиц микрокремнезема на поверхности частицы портландцемента; 2 — угловая частица портландцемента



вать повышение прочности адгезионных контактов и прочности композита в целом. При этом активация дает максимальный эффект, если сопровождается воздействием и на вяжущее вещество, и на поверхность наполнителя, поскольку прочность адгезионного контакта определяется активностью поверхности наполнителя, активностью и свойствами цементирующих фаз, а также плотностью адгезионных контактов (формирование электрогетерогенных контактов).

**Химическое модифицирование  
поверхности минерального наполнителя**

Управление процессами структурообразования цементного теста с минеральными добавками необходимо осуществлять с учетом кислотно-основных свойств поверхности. Согласно [17] активные центры поверхности минеральных добавок с показателем кислотности  $pK_a = -5 \dots 0$  интенсифицируют гидратацию вяжущего, центры с  $pK_a = 0 \dots +7$  оказывают незначительное влияние на гидратацию и прочность цементного камня, а центры с  $pK_a > +7$  снижают степень гидратации и прочность камня вяжущего. Так, в [18] отмечено, что при обработке кварцевого песка раствором кислоты наблюдается усиление кислотных свойств его поверхности, что активизирует обменные донорно-акцепторные взаимодействия между заполнителем и цементирующими фазами. Рост обменной емкости кварцевого песка вследствие обработки его неорганическими веществами, например, 0,1 н. раствором азотной кислоты обеспечивает значительное повышение прочности мелкозернистого бетона [19, 20].

Таким образом, предварительная обработка заполнителей (наполнителей) слабыми растворами электролитов является направленным введением химических добавок крайне малой концентрации непосредственно в зону контакта [21]. В результате можно повысить концентрацию центров, участвующих в адгезии, или усилить адгезионные свойства уже имеющихся центров [19]. При этом если даже не образуются новые соединения между поверхностными атомами, то возникает контактная разность потенциалов, усиливающая адгезию [18].

Одним из объективных препятствий для расширения ассортимента наполнителей полимерных композиционных материалов является отсутствие совместности, в т.ч. и химической, с полимерной ма-

трицей [22], поэтому важным технологическим этапом создания прочных адгезионных связей между материалами фаз полимерных композитов является подготовка поверхности наполнителя [23].

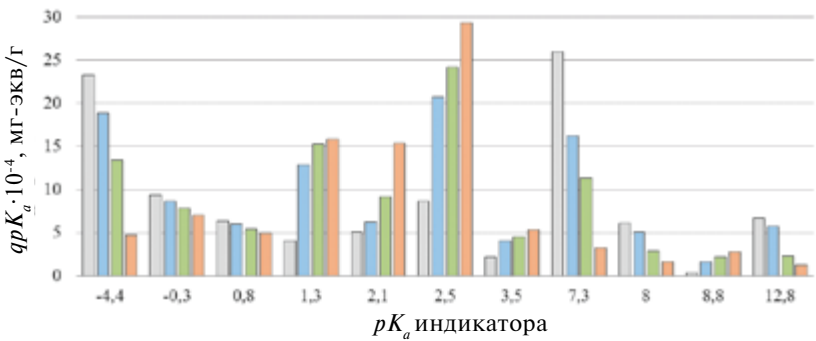
Для определения влияния обработки наполнителя (зола гидроудаления Зуевской ТЭС) слабыми растворами серной кислоты различной концентрации (1, 3 и 5 %) на поверхностные свойства рассчитано содержание активных центров адсорбции, эквивалентное количеству адсорбированных индикаторов Гаммета по результатам спектрофотометрического метода исследований (канд. дисс. «Полимерный композиционный материал на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной золы тепловых электростанций», В.В. Нефедов, 2020).

Установлено (рис. 4), что для исходной золы гидроудаления преимущественными являются кислотные центры адсорбции Льюиса ( $pK_a = -4,4; -0,3$ ), кислотные ( $pK_a = +2,5$ ) и основные ( $pK_a = +7,3$ ) центры Брэнстеда. После химического модифицирования поверхности наполнителя с ростом концентрации кислоты наблюдается значительное увеличение концентрации кислотных центров ( $pK_a = +1,3; 2,1; 2,5$ ) Брэнстеда, а также снижение концентрации основных центров ( $pK_a = +7,3$ ).

Исходя из полученных данных по спектру распределения центров адсорбции, рассчитана функция кислотности поверхности,  $H_0$ , (таблица 1). Уменьшение значения функции кислотности поверхности по мере увеличения концентрации растворов серной кислоты, применяемой для модифицирования поверхности золы, свидетельствует о возрастающем содержании кислотных центров адсорбции на поверхности наполнителя. Полученные результаты показывают возможность применения разработанного способа модифицирования минерального наполнителя (зола гидроудаления ТЭС) для усиления межфазного взаимодействия на границе раздела фаз полимерного композиционного материала.

Таблица 1. Функция кислотности поверхности,  $H_0$

Материал	$H_0$
Исходная зола	2,78
Обработка 1%-ным раствором $H_2SO_4$	2,47
Обработка 3%-ным раствором $H_2SO_4$	2,23
Обработка 5%-ным раствором $H_2SO_4$	2,15



	Исходная зола
	Зола, обработанная 1% раствором $H_2SO_4$
	Зола, обработанная 3% раствором $H_2SO_4$
	Зола, обработанная 5% раствором $H_2SO_4$

Рис. 4. Содержание активных центров на поверхности золы гидроудаления Зуевской ТЭС, обработанной растворами  $H_2SO_4$  различной концентрации

### Обогащение золы гидроудаления ТЭС электростатической сепарацией

Для улучшения характеристик золы гидроудаления, соответствующих техническим требованиям для замены цемента в бетоне, разработана технология трибоэлектростатического обогащения. Данная технология позволяет получить материал с низким содержанием несгоревшего углерода (ППП = 2,52 % в этом исследовании) для высокого уровня замены цемента (45 %) в бетонах. Обогащённая зола гидроудаления имеет улучшенный гранулометрический и фазовый состав, пониженное содержание несгоревшего углерода, что ускоряет процесс гидратации цемента, повышает реологические свойства цементной пасты и способность воздухововлекающей добавки удерживать требуемый объем вовлечённого воздуха.

Способ электрической сепарации, основанный на различной электрической проводимости веществ, реализуется путем обработки потока частиц золы-уноса в высоковольтном электрическом поле [24]. Процесс заключается в создании на зернах минералов электрического заряда, отличающего по значению или знаку, с последующим пропусканием потока заряженных частиц через электростатическое поле. Разделение происходит путем отклонения траекторий движения заряженных частиц от траекторий, характерных для незаряженных частиц при отсутствии внешнего электрического поля.

Для электростатической сепарации применен камерный электростатический сепаратор свободного падения (рис. 5). Частицы золы в основном состоят из кремнезёма и глинозёма, которые имеют более высокую работу выхода ( $\text{SiO}_2 = 5,0$  эВ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,7$  эВ), чем

углерод ( $C = 4,0$  эВ). Поэтому, когда они контактируют друг с другом или с поверхностью медного питателя ( $\text{Cu} = 4,38$  эВ), частицы углерода будут заряжаться положительно, а частицы золы – отрицательно, вследствие различий в значениях работы выхода [25].

Разделяемый материал поступает из дозатора в зону электростатического поля. Поле создается вертикально расположенными не коронирующими электродами. Падая вниз под действием силы тяжести, частицы отклоняются в сторону электродов под влиянием кулоновских сил. Направление действия электрической силы зависит от знака избыточного заряда частицы. Увеличение межэлектродного расстояния в нижней части сепаратора позволяет расширить веер разделяемой золы-уноса и улучшить таким образом ее сепарацию.

Установлено, что максимальное содержание несгоревших угольных частиц, определяемое по показателю потерь при прокаливании, после электрического сепарирования сосредоточено в навесках, отобранных с катода и ячеек, близких к катоду. Об этом свидетельствуют также более высокие показатели насыпной плотности навесок золы, близких к зоне анода. Согласно [26] заряд несферических частиц, что характерно для зерен несгоревшего углерода, в 1,4-1,8 раз больше заряда шарообразных частиц (алюмосиликатные сфероиды), имеющих эквивалентную массу. Различие между зарядами частиц правильной и неправильной формы особенно значительно для частиц с размерами менее 200 мкм. Этим объясняется достаточно высокая эффективность сепарирования как тонкодисперсных, так и относительно крупных частиц несгоревшего углерода.

### ВЫВОДЫ

1. Показано, что среди основных мировых тенденций развития отрасли промышленности строительных материалов и изделий в последние годы ключевое значение приобретает вовлечение техногенного сырья в производство строительных материалов, в том числе новых типов – инновационных и композитных, внедрение передовых технологий их производства.

2. Широкому вовлечению отходов промышленности в производство строительных материалов препятствует, прежде всего, крайне неоднородный их химико-минералогический и гранулометрический состав. Для решения проблемы необходима разработка инновационных технологий переработки отходов в кондиционные композиционные материалы.

3. Творческими коллективами ГОУ ВПО ДОННАСА под руководством профессоров В. А. Матвиенко, Н. М. Зайченко разработаны теоретические и практические основы для реализации способа поверхностного модифицирования дисперсных компонентов композиционных строительных материалов.

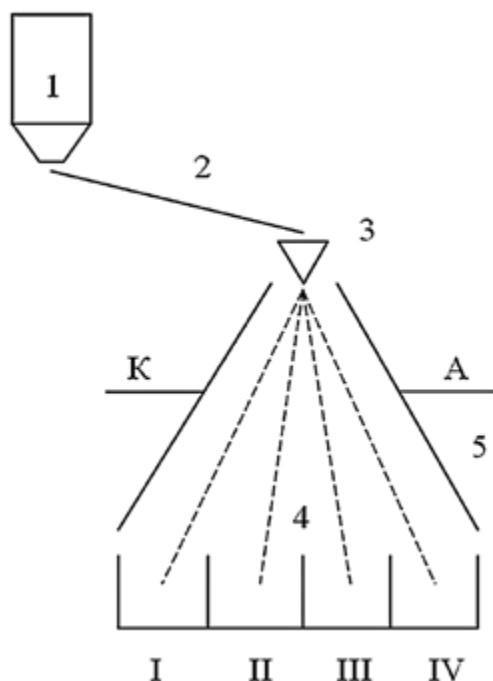


Рис. 5. Схема камерного электростатического сепаратора свободного падения:

- 1 – бункер; 2 – наклонная медная пластина;  
3 – воронка; 4 – приемные контейнеры;  
5 – электроды (A – анод, K – катод)

### Список литературы

1. Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую пер-

- спективу до 2030 года [Электронный ресурс] // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 г. № 868-р. — М., 2016. — Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293755/4293755171.htm>.
2. ДОННАСА — полвека славного пути. Юбилейное научно-информационное издание к 75-летию высшей инженерно-строительной школы Донбасса и 50-летию юбилею Донбасской национальной академии строительства и архитектуры / Авт. сост. ректор ГОУ ВПО «ДОННАСА», проф. Н. М. Зайченко. — Донецк: ООО «ИПП «Проминь», 2022. — 492 с., илл. цв., ч/б.
  3. Матвиенко, В. А. Электрические явления и активационные воздействия в технологии бетона / В. А. Матвиенко, С. М. Толчин. — Макеевка: РИС, 1998. — 154 с.
  4. Олофинский, Н. Ф. Электрические методы обогащения / Олофинский Н. Ф. — [изд. 3-е, перераб. и доп.]. — М.: Недра, 1970. — 522 с.
  5. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И. П. Вережанин, В. И. Левитов, Г. З. Мирзабекян, М. М. Пашин. — М.: Энергия, 1974. — 480 с.
  6. Тэнзеску, Ф. Электростатика в технике / Ф. Тэнзеску, Р. Крамарюк. — [пер. с рум.]. — М.: Энергия, 1980. — 296 с. Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой / Н. М. Зайченко [Монография]. — Макеевка: ДонНАСА, 2009. — 207 с.
  7. Сычев, М. М. Природа активных центров. Методы активации гидратации и твердения цементов / М. М. Сычев // Цемент. — 1992. — № 2. — С. 79-88.
  8. Дистлер, Г. И. Информационные свойства твердых и жидких граничных слоев / Г. И. Дистлер // V конф. по поверхностным силам, 1974 г.: сб. докладов. — М.: Наука, 1974. — С. 273-285.
  9. Дистлер, Г. И. Электрическая структура реальных поверхностных твердых тел и формирование граничных слоев с особыми свойствами, обеспечивающими передачу дальнего действия влияния твердых тел / Г. И. Дистлер // IV конф. по поверхностным силам, 1972 г.: сб. докладов. — М.: Наука, 1972. — С. 245-261.
  10. Ведь, Е. И. Исследование некоторых силикатных и несиликатных водных систем в гидротермальных условиях с целью получения различных строительных материалов: дис... доктора техн. наук: 05.23.05 / Ведь Евгений Иванович. — Х., 1967. — 487 с.
  11. Баженов, Ю. М. Бетоны: технологии будущего / Ю. М. Баженов // Современные стройматериалы. — 2005. — июль-август. — С. 50-52.
  12. Баженов, Ю. М. Новому веку — новые бетоны / Ю. М. Баженов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2000. — № 2. — С. 10-11.
  13. Челидзе, Т. Л. Электрическая спектроскопия гетерогенных систем / Челидзе Т. Л., Деревянко А. И., Куриленко О. Д. — К.: Наук. думка, 1977. — 231 с.
  14. Способ поверхностного модифицирования цемента / Н. М. Зайченко, А. К. Халюшев, С. А. Стельмах и др. // RUS 2715276 C1, МПК B28B 11/00; владелец Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», опубли. 26.02.2020.
  15. Комохов, П. Г. Научно-технологическая конструкция бетона как композиционного материала (часть 2) / П. Г. Комохов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2002. — № 5. — С. 26-27.
  16. Управление свойствами цементных смесей природой заполнителя / П. Г. Комохов, Л. Б. Сватовская, Н. Н. Шангина // Изв. ВУЗов. «Строительство». — 1997. — № 9. — С. 51-54.
  17. Активация поверхности кварцевого заполнителя кислотами и щелочными растворами / В. В. Чистяков, В. И. Гоц, М. И. Дудар, В. М. Веретельник // Бетон и железобетон в Украине. — 2003. — № 3. — С. 9-14.
  18. Сычев, М. М. Некоторые вопросы активации адгезии вяжущих систем / М. М. Сычев // ЖПХ. — 1987. — № 5. — С. 982-993.
  19. Гладких, Ю. П. Поверхностные свойства кварцевого песка и прочность мелкозернистого бетона / Ю. П. Гладких, В. В. Ядыкина, В. И. Завражина // Всес. конф., 1989 г.: тезисы докл. — Белгород: БТИСМ, 1989. — Ч. 4. — С. 79.
  20. Ольгинский, А. Г. Влияние среды на адаптацию зоны контакта заполнителей с цементным камнем в бетоне / А. Г. Ольгинский, В. Л. Чернявский // Бетон и железобетон. — 2000. — № 41. — С. 5-8.
  21. Рюткянен, Е. А. Модификация поверхности твердых дисперсных наполнителей полимерными пленками: автореф. дис. ... канд. химич. наук: 02.00.06 / Рюткянен, Евгения Александровна. — СПб, 2012. — 20 с.
  22. Rudawska, A. Surface treatment in bonding technology / A. Rudawska. — Academic Press, 2019. — 290 p.
  23. Сулейманов, О. А. Электростатическая сепарация, как способ сухой переработки минерального сырья [Электронный ресурс] / О. А. Сулейманов // Научное пространство Европы. — Белгород: 2013. — Режим доступа: <http://www.rusnauka.com/>.
  24. Kim J. K. Tribo-electrostatic beneficiation of fly ash for ash utilization / J. K. Kim, S. C. Kim // Korean J. Chem. Eng. — 2001. — Vol. 18, No. 4. — P 531-538. <https://doi.org/10.1007/BF02698302>.
  25. Зимон, А. Д. Адгезия пыли и порошков [Текст] — М.: Химия, 1976. — 432 с.





**Академии 50 лет:  
история продолжается!**





# ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА – ЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДОРОЖНЫХ ДЕГТЕБЕТОННЫХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В. И. Братчун, д.т.н., профессор; М. К. Пактер, к.т.н., доцент;  
В. Л. Беспалов, д.т.н., профессор; В. В. Жеванов, к.т.н., доцент; А. И. Сазанов  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка



**Братчун**  
Валерий Иванович



**Пактер**  
Михаил Константинович



**Беспалов**  
Виталий Леонидович



**Жеванов**  
Вячеслав Владимирович



**Сазанов**  
Александр Иванович

**Аннотация.** Описан опыт изучения и использования отходов промышленности Донбасса, а именно: первичных отходов производства поливинилхлорида Донецкого химзавода (отсев, фильтрационный кек, пыль, корка) и полистирола Горловского объединения «Азот» (полистирольная пыль), кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида Авдеевского коксохимического завода как модификаторов состава и структуры органических вяжущих коксохимического производства; вязкопластичных продуктов сливных отвалов и кислых смол сульфатного отделения как органических вяжущих дегтебетонных смесей для устройства нижних слоев нежестких дорожных одежд; шламов нейтрализации травильных растворов Харцызского сталепроволочно-канатного завода и депонированных осадков сточных вод для производства минеральных порошков как компонента дегтебетонных и асфальтобетонных смесей; полимерсодержащих отходов производства эпоксидных смол Горловского химического завода и кубовых остатков ректификации стирола Горловского объединения «Азот» в качестве активаторов поверхности минеральных порошков дегтебетонных и асфальтобетонных смесей.

**Ключевые слова:** органические, полимерные и минеральные отходы промышленности Донбасса – компоненты и модификаторы структуры дорожных дегтебетонных и асфальтобетонных смесей.

## ВВЕДЕНИЕ

Кафедра автомобильных дорог и аэродромов является правопреемницей кафедр «Строительные материалы, основания и фундаменты» (1955 г.); «Строительные материалы и производство строительных конструкций» (1973 г.); «Технологии строительных материалов, изделий и автомобильных дорог» (1993 г.); «Автомобильные дороги и аэродромы» (2012 г.). В настоящее время на кафедре приоритетными научными направлениями являются: «Изучение состава, структуры и свойств техногенных продуктов с целью использования их для производства композиционных материалов, характеризующихся пониженной ресурсо- и энергоемкостью, и нормативной долговечностью» (научный руководитель – д.т.н., профессор Братчун В. И.); «Теоретико-экспериментальные

принципы получения модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности» (научный руководитель — д.т.н., профессор Беспалов В. Л.). По данному научному направлению защищены докторская диссертационная работа и пять кандидатских диссертационных работ.

«Мониторинг технико-эксплуатационного состояния искусственных сооружений на автомобильных дорогах и разработка проектных решений по их ремонту, усилению и реконструкции» (защитены две кандидатские диссертации).

С 1961 по 1990 годы заведующим кафедры был профессор Почапский Н. Ф., офицер, ветеран Великой Отечественной войны, орденосец, профессор, заслуженный работник Высшей школы Украины, который в 1958 году защитил в Харьковском автомобильно-дорожном институте кандидатскую диссертацию, посвященную оптимизации макроструктуры дорожного асфальтобетона под руководством выдающегося ученого-дорожника и организатора подготовки специалистов высшей квалификации для дорожного строительства, профессора, заслуженного работника Украины, заведующего кафедрой «Технологии дорожно-строительных материалов» (1933-1974 годы) Харьковского автомобильно-дорожного института Волкова Михаила Ивановича, который подготовил 45 кандидатов наук и 3 докторов технических наук. Последним аспирантом профессора Волкова М. И. был в настоящее время заведующий кафедрой «Автомобильные дороги и аэродромы» д.т.н., профессор Братчун В. И. Николай Федотович Почапский использовал опыт профессора Волкова М. И. и, начиная с 1961 года, активно разрабатывал научное направление «Исследование отходов и попутных продуктов промышленности как сырья для производства строительных материалов и изделий». В Украине в восьмидесятые-двадцатые годы XX столетия ежегодный выход отходов промышленности составлял один млрд. тонн, 10-15 % использовались как вторичные материальные ресурсы, а остальные поступали в хранилища-могильники, шламонакопители, терриконы. Отходы занимают в Донбассе около 100 тысяч гектаров, а общий их объем достиг 25 млрд. тонн. Инфильтрации могильников, горение терриконов (их на территории Донецкого бассейна 1260), (рис.1).



Рис. 1. Общий вид террикона горелой шахтной породы

Ежегодный объем горелой массы, транспортируемой в терриконы-отвалы составляет около 30 млн. м<sup>3</sup>, а их общий объем в Донбассе превышает 2 млрд. м<sup>3</sup> [1].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Донецкой области в 60-90 годах функционировало 125 асфальтобетонных заводов в составе государственных предприятий «Донецкий облавтодор», Донецкий трест по строительству, ремонту и эксплуатации внутригородских дорог, трест «Донбассдорстрой», Артемовское управление по строительству и эксплуатации технологических дорог канала «Северский Донец-Донбасс», а также десятки ведомственных дорожно-строительных организаций по эксплуатации внутризаводских автомобильных дорог, например, Макеевского металлургического комбината, Ясиновского коксохимического завода, Харцызского сталепрокатного комбината и других крупных производственных предприятий.

Ежегодная потребность в органических вяжущих составляла 100 тысяч тонн. Централизованные поставки нефтяного дорожного битума составляли 30 тысяч тонн и 30 тысяч тонн нефтяного гудрона, который необходимо было термоокислить в несовершенных компрессорных установках. Данный технологический процесс характеризовался высокой энергоемкостью и выходом готового продукта — нефтяного дорожного битума — 85-90 %.

Остальные 40 тысяч тонн — местные материалы. Таким местным материалом являлись каменноугольные дорожные дегти ГОСТ 4648-74(80) и каменноугольные смолы ГОСТ 16557-78, сырьевая база для производства которых в несколько раз превышает объем сырья для производства нефтяных дорожных битумов. Однако, дегтебетонные покрытия не долговечны. Это обусловлено недостаточной плотностью покрытия из-за узкого температурного интервала уплотнения дегтебетонных смесей; неудовлетворительной деформативностью и сдвигоустойчивостью; низкой морозо- и водостойкостью; склонностью к интенсивному старению.

Первые аспиранты профессора Почапского Н. Ф. — Л. И. Базжин и В. И. Гончаренко, в своих диссертационных исследованиях (1966-1976 годы) в составе дорожных асфальтобетонов использовали в качестве минеральных порошков побочные отходы промышленности Донбасса: пыль — уноса цементных печей Амвросиевского цементного комбината, шламы водомягчения станции Красноармейск, доломитовую пыль Никитовского комбината, колошниковую пыль Макеевского металлургического комбината. Результаты исследований внедрены при производстве асфальтобетонных смесей ДСУ №31 треста «Донбассдорстрой».

Следующий этап с 1974 года широкого изучения отходов промышленности как компонентов дегтебетонных и асфальтобетонных смесей выполнен большой группой аспирантов под руководством д.т.н., профессора Братчуна В. И.: изучены первичные отходы производства поливинилхлорида Донецкого химзавода, Первомайского химкомбината, Днепродзержинского объединения «Азот» (фильтрационный



кек, отсев, пыль, корка), кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида Авдеевского коксохимического завода; первичные отходы производства полистирола Горловского объединения «Стирол» — модификаторы состава и структуры каменноугольных смол и каменноугольных дорожных дегтей; вязкопластические продукты сливных отвалов коксохимических заводов



Рис. 2. Сливной отвал Макеевского и Ясиновского КХЗ

(рис. 2), кислая смолка сульфатного отделения коксохимических заводов и сливных отвалов КХЗ Донецкой области; серосодержащие отходы кубовые остатки ректификации стирола Горловского объединения «Стирол»; шламы нейтрализации травильных растворов Харцызского сталепроволочно-канатного завода (рис 3, 4), депонированные осадки сточных вод для производства минерального порошка асфальтобетонных и дегтебетонных смесей; полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол Горловского химического завода для поверхностной активации органоминеральных порошков асфальтобетонных смесей; отсев дробления отвалных мартеновских шлаков металлургических заводов Донецкой и Луганской областей в качестве минеральных компонентов мелкозернистых асфальтошлакобетонных и дегтешлакобетонных смесей (рис. 5); модифицированные комплексной добавкой, состоящей из первичного отхода производства поливинилхлорида — отсева и кубового



Рис. 3. Цех пресс-фильтров обезвоживания шламов нейтрализации Харцызского сталепроволочно-канатного завода

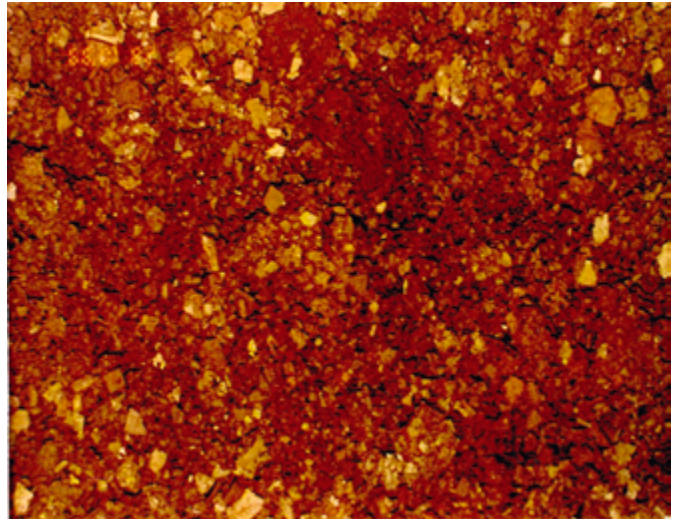


Рис. 4. Общий вид отвала кека в цехе пресс-фильтров Харцызского сталепроволочно-канатного завода

остатка очистки дистилляции фталевого ангидрида, вязкопластичные кубовые остатки фенольно-ацетонового производства Дзержинского фенольного завода; заполнители для мелкозернистых цементных бетонов из каменноугольных и антрацитовых золошлаковых материалов ТЭЦ Донбасса.



Рис. 5. Штабели щебня из отвального сталеплавильного шлака (Алчевский МК)

По результатам исследований защищены две докторские диссертационные работы: Братчун В. И. «Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности» (1993 г.); Базжин Л. И. «Научные основы проектирования дорожных асфальтобетонов с использованием техногенного сырья и прогнозирующе-оптимизационных комплексов» (2005 г.), а также 20 кандидатских диссертаций.

На кафедре «Автомобильные дороги и аэродромы» ГОУ ВПО «ДОННАСА» на основе предложенных физико-химических моделей модифицированных дегтевяжущих веществ разработаны эффективные способы регулирования структуры каменноугольных дорожных дегтей и дегтевяжущих веществ коксохимического производства первичными отходами производства поливинилхлорида (отсев, фильтрационный пек, пыль, корка) Донецкого химзавода и полистирольной пылью Горловского объединения «Стирол» со среднечисленной молекулярной массой  $9 \cdot 10^4$ . В качестве активных

дисперсных наполнителей использованы кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида Авдеевского коксохимического завода, древесный гидролизный лигнин (ДГЛ) Бабруйского целлюлозно-бумажного комбината, а также каменные угли разной степени метаморфизма Донбасса – длиннопламенный (Д), коксовый (К), антрацит (А). Удельная поверхность наполнителей 400-450 кг/м<sup>3</sup>. Плотности ОДА, ДГЛ, углей Д, К, А составляла 1527 кг/м<sup>3</sup>, 1450 кг/м<sup>3</sup>, 1153 кг/м<sup>3</sup>, 1190 кг/м<sup>3</sup>, 1415 кг/м<sup>3</sup> соответственно; содержание функциональных групп на их поверхности 3,5 мг-экв/г, 2,9 мг-экв/г, 2,65 мг-экв/г, 0,35 мг-экв/г, 0 мг-экв/г, соответственно.

Активаторы поверхности минеральных порошков: эпоксидная смола ЭД-20 (ГОСТ 10557); полимерные отходы производства эпоксидных смол Горловского химзавода и Донецкого УкрНИКОМП; кубовые остатки ректификации стирола (КОРС) Горловского объединения «Стирол» (ТУ 3810364); смола карбамидо-формальдегидная КФ-МТ (ГОСТ 14231).

В качестве минеральных порошков использовали известняковый, доломитовую пыль, активированную стеарином, шлаковый из отвального мартеновского шлака.

Отсев дробления отвального мартеновского шлака Макеевского карьеруправления с модулем основности 1,9, активностью 1 МПа (отвал «Черная гора»), первичный отход дробления и отсева мартеновского шлака Макеевского металлургического комбината.

Асфальтобетоны и дегтебетоны приняты мелкозернистый (тип В) и песчаный (тип Г).

Определены «критические» концентрации активных дисперсных наполнителей (кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида, древесный гидролизный лигнин), упрочняющие маловязкие дегтеполимерные вяжущие. При этом в области эксплуатационных температур в комплексных каменноугольных вяжущих (ККВ) возникает сопряженная пространственная структура, определяющая свойства комплексных каменноугольных вяжущих. ККВ по показателям качества приближаются к битумам БНД 200/300. Когезия ККВ на порядок выше, чем традиционных органических вяжущих. Они эластичны ( $\varepsilon_0 = 33-43\%$ ) и менее температурочувствительны, чем битумы равной пенетрации [1-3].

Доказано, что эффективным способом повышения адгезии и когезии каменноугольных дорожных дегтей, обеспечивающих эластичность дегтевяжущего вещества и прочную связь на поверхности раздела фаз дегтеполимерное вяжущее – минеральный материал, является активация поверхности минерального порошка олигомерами (кубовые остатки ректификации стирола, карбамидо-формальдегидная смола, полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол). При концентрации олигомеров 0,5-2,0 % мас. на поверхности минерального порошка формируются структурированный слой модификатора, прочно связанный межмолекулярными, водородными и донорно-акцепторными связями с поверхностью порошка. Это усиливает межмолекулярные взаимодействия на поверхности раздела фаз дегтеполимерное вяжущее – минеральный порошок вследствие увеличения количества контактов сегментов пластифицированных

надмолекулярных образований полимера с активными центрами олеофильной поверхности [4-6].

Дегтеполимербетонные смеси с применением дегтеполимерных и комплексных каменноугольных вяжущих отличаются повышенной уплотняемостью при температурах 30-100 °С, а бетоны – повышенным сопротивлением сдвигу и динамическим модулем упругости в области положительных температур. Они характеризуются меньшим показателем температурной чувствительности (0,028-0,03) по сравнению с горячим дегтебетоном (0,07); более широкой зоной линейной вязкоупругости ( $s_{кр} = 0,12-0,38$  МПа против 0,46 МПа для дегтебетона и 0,025 МПа для асфальтобетона). Они более устойчивы к старению, водо- и морозостойкости, чем традиционные дегтебетоны [7,8].

Теоретически обоснованы и разработаны ресурсосберегающие технологии производства модифицированных вяжущих коксохимического производства (рис. 6), а также влажных дегтешлаковых и влажных асфальтошлакобетонных смесей, включающих отсев дробления отвального мартеновского шлака, каменноугольные дорожные дегти (битумополимерные эмульсии), воду и химические добавки.

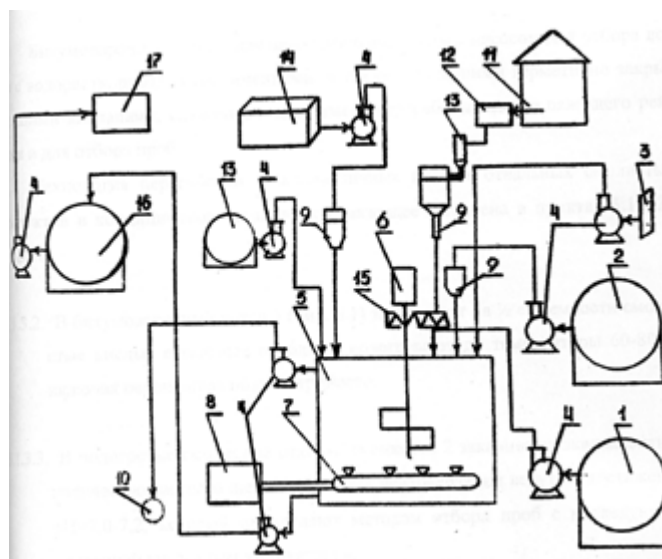


Рис. 6. Принципиальная схема переработки жидких продуктов из сливных отвалов коксохимических предприятий в кондиционное органическое вяжущее

- 1 – емкость кислых отходов; 2 – емкость раствора щелочи (едкий натрий, гидроксид аммония);
- 3 – водопровод; 4 – насос; 5 – битумоварочный котел; 6 – мешалка; 7 – жаровые трубы;
- 8 – компрессор; 9 – дозатор; 10 – канализация;
- 11 – склад полимера; 12 – камерный насос;
- 13 – циклон; 14 – емкость кубовых остатков ректификации стирола; 15 – шиновый питатель;
- 16 – расходный котел кондиционного органического вяжущего; 17 – асфальтосмеситель;
- 18 – емкость для разжижителя (антраценовое масло, маловязкий деготь, каменноугольная смола)

После укладки в покрытие дорожной одежды и уплотнения влажных дегте- и асфальтошлакобетонных смесей формируется структура с оптимальным сочетанием коагуляционных и конденсационных контактов.



Энергоемкость производства влажных дегтешлакобетонных смесей в 6 раз ниже, чем горячих дегтебетонных и асфальтошлакобетонных соответственно [9-11].

Результаты исследований вошли в нормативно-технические документы Минавтодора РСФСР (1980) [12] и Минтранстроя СССР (1987) [13], а также нормативные документы Украины [14] и внедрены в дорожно-строительных организациях Донецкой, Харьковской, Ивано-Франковской и Запорожской областей.

Построены технологические линии по производству дегтеполимерных и комплексных каменноугольных вяжущих (Артемовское управление «Дорспецстрой», трест «Донбассдорстрой», Славянское и Горловское управление по ремонту, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Бердянское районное дорожно-строительное управление и др.) (рис. 7).



Рис. 7. Асфальтосмесительная установка ДС-168637 производительностью 160 т/ч (Кредмаш) по производству асфальтобетонных смесей на органических вяжущих, полученных из сливных отвалов КХЗ, АБЗ Краматорского райавтодора

С 1978 по 2012 годы произведено 500 тыс. тонн комплексно-модифицированных дегтеполимер- и асфальтополимербетонных смесей, которые уложены в верхние слои дорожных одежд автомобильных дорог: Харьков-Ростов-Артемовск, Славянск-Краматорск, Донецк-Днепропетровск, Мариуполь-Запорожье, Киев-Днепропетровск-Донецк и др.

Опыт строительства и эксплуатации дегтеполимербетонных покрытий показал: нормативная плотность бетона достигается при меньшем количестве проходов катка; на покрытии отсутствуют деформации в виде волн, сдвигов, трещин покрытия; они в меньшей степени стареют, например, коэффициент старения через 1,5 года эксплуатации участка дороги Артемовск-Краматорск для дегтеполимербетона составил 1,7, а для дегтебетона 2,4. Экономический эффект от внедрения дегтеполимербетонных смесей составил 15 млн. рублей.

В частности, в 1987-1988 годах в Артемовском управлении «Дорспецстрой» произведено 15,8 тыс. тонн дегтеполимербетонных смесей. Участки автомобильных дорог построены при благоустройстве территории микрорайона «Цветочный» (г. Донецк), при строительстве и реконструкции внутризаводских

дорог Ясиновского коксохимического завода, Макевской птицефабрики, по улице 50 лет образования СССР в г. Макеевке и др. (рис. 8).



Рис. 8. Участок дорожного покрытия Константиновка-Дзержинск, построенный из влажных шлаковых смесей на кислой смоле сульфатного отделения

На одной тонне смеси сэкономлено 15 кг органического вяжущего, 4,5 кВт·ч электроэнергии, 8,3 кг топлива (в пересчете на жидкое).

Санитарно-химические исследования дегтеполимербетонных и влажных дегтешлаковых смесей показали, что уровень выделения вредных веществ (бензол, толуол, ксилол, нафталин, фенол, стирол) в процессе их производства в несколько раз ниже, чем асфальтобетонных и дегтебетонных смесей. В условиях эксплуатации покрытий из влажных дегтешлаковых смесей уровень выделения бензола и ксилола в два раза ниже, чем асфальтобетонных.

#### Список литературы

1. Братчун В. И. Дорожный дегтеполимербетон. Монография [Текст] / В. И. Братчун, В. А. Золотарев, А. Н. Бачурин. — Киев : Вища школа, 1987. — 107 с.
2. Братчун В. И. Вяжущие материалы в производстве строительных конструкций [Текст] / В. И. Братчун. — Каменноугольные дегти, улучшенные отходами промышленности. Учебное пособие — К. : Вища школа, 1989. — С 9-59.
3. Братчун В. И. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности. Монография [Текст] / В. И. Братчун, В. А. Золотарев. — МОН Украины ДонГАСА, Макеевка, 1998. — 226 с.
4. Братчун В. И. Оптимизация состава комплексно-модифицированного дегтевяжущего вещества дегтеполимербетона [Текст] / В. И. Братчун, И. Ф. Рыбалко // Вестник ДОННАСА. 1999. Вып. 99-2 (16). С. 101-104.
5. Братчун В. И. Оптимізація складу багатокомпонентного кам'яновугільного в'язучого з широким інтервалом в'язкопружної поведінки [Текст] / В. І. Братчун, В. В. Гончаренко // Автошляховик України, 2000. №1 С. 41-42.



6. Братчун В. И. Исследование процессов и явлений при формировании структуры асфальтошлакобетона на анионной битумной эмульсии методом ИК-спектроскопии [Текст] / В. И. Братчун, Ю. В. Грицук, М. К. Пактер // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Композиционные материалы для строительства, 2002. 1(32). С. 22-27.
7. Братчун В. И. Об опыте использования и применения техногенного сырья для производства дорожно-строительных материалов [Текст] / В. И. Братчун, С. С. Полищев, В. Л. Беспалов // Международная конференция «Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в Европейское сообщество», г. Харьков, 21-21 ноября 2002. — С. 94-97.
8. Братчун В. И. О целесообразности активации поверхности минерального порошка бетонов на органических вяжущих растворами олигомеров и полимеров [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, О. Н. Наризная, В. П. Демешкин, Э. Л. Радюкова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: Сборник научных трудов «Современные строительные материалы. — Макеевка: ГОУ ВПО ДОННАСА, Вып. 2021-1 (147). — С. 5-14.
9. Братчун В. И. Об опыте исследования и внедрения техногенного сырья для производства дорожно-строительных материалов [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, В. В. Жеванов // Научно-практический журнал: СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА, Вып. № 4 (13). 2020. — С. 10-15.
10. Братчун В. И. О закономерностях формирования структуры и свойств асфальтошлакобетонов, приготовленных на жидких битумах, модифицированных латексом BUTONAL NS [Текст] / В. И. Братчун, В. В. Жеванов, Е. А. Ромасюк // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: Сборник научных трудов «Современные строительные материалы — Макеевка: ГОУ ВПО ДОННАСА. Вып. 2020-1 (141). — С. 53-59.
11. Братчун В. И. Потребительские свойства строительных материалов с использованием отсева дробления отвалных мартеновских шлаков. Монография [Текст] / В. И. Братчун, Н. П. Нагорная — Макеевка : ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2018. — 97 с.
12. Рекомендации по улучшению каменноугольных смол и дегтей отходами производства поливинилхлорида [Текст] / В. А. Золотарев, В. И. Братчун. — Минавтодор РСФСР, Введ. 01.01.82 — М. : 1982. — 21 с.
13. Методические рекомендации по приготовлению и применению комплексных органических вяжущих на основе тяжёлых продуктов переработки нефти и угля, ПАВ, полимеров и других высокодисперсных наполнителей [Текст] / В. И. Братчун, Л. М. Гохман, Д. С. Шемонаева, Е. М. Гурарий и др. — Министерство транспортного строительства СССР, Государственный Всесоюзный дорожный институт, СоюздорНИИ. — М. : 1987 — 50 с.
14. ДСТУ БВ.2.7.7 — 135: 2077 «Бітуми дорожні модифіковані полімерами» [Текст] / В. І. Братчун, В. К. Вирожемський, Є. М. Гнатюк та ін. // Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2007, 26 с.

# СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕОТЕХНИКИ В СТЕНАХ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

**А. А. Петраков, д.т.н., профессор;**

**В.В. Яркин, д.т.н., доцент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

***Аннотация.** Обобщены события и факты, освещающие историю возникновения, становления и развития основных научных направлений геотехнической школы Донбасса в стенах Макеевского инженерно-строительного института, а затем ДонГАСА и ДонНАСА. Приводятся общие характеристики основных научных направлений и образовательной деятельности.*

***Ключевые слова:** геотехника, ДонНАСА, научные направления, образовательные программы.*

## ВВЕДЕНИЕ



***Петраков  
Александр  
Александрович***

Через год после образования Макеевского инженерно-строительного института, в 1973 году кафедра строительных материалов, оснований и фундаментов была реорганизована с созданием двух подразделений — кафедры «Строительные материалы и производство строительных конструкций» и кафедры «Механика грунтов, основания и фундаменты».

Заведующим кафедрой «Механика грунтов, основания и фундаменты» стал к.т.н., доцент Ю. М. Гусев, занимавшийся разработкой и совершенствованием методов расчёта оснований фундаментов. Особое внимание в научно-исследовательской работе кафедры в этот период времени уделялось: вопросам деформируемости грунтов под действием равномерных и неравномерных нагрузок, расчету кренов фундаментов различной формы, а также определению осадок при давлениях, превышающих предел прямой пропорциональности, а также при циклических и переменных во времени нагрузках [1].

На этот период времени приходится также создание основной материальной базы, обеспечивающей качественное выполнение учебной, научно-исследовательской и хозяйственной деятельности.

В 1973 году на кафедре был создан геологический музей, включивший в себя ряд лучших образцов минералов и горных пород Восточной Сибири и Донецкого региона. Неоценимый вклад в формирование музея внесли кандидаты геолого-минералогических наук Е. М. Шеремет и В. Ф. Оглоблин, кандидаты технических наук О. П. Новодережкин и Э. К. Фролов.

Тогда же была создана лаборатория для испытания грунтов, укомплектованная приборами для комплексного испытания грунтов, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

В период с 1975 по 1996 гг. кафедрой успешно руководил участник ВОВ, д.т.н., профессор, академик Академии Строительства Украины Ю. З. Заславский, опытный производственник и научный деятель в области надземного и подземного строительства. Вместе с Ю. З. Заславским из ДонУГИ на кафедру пришли работать кандидаты технических наук Э. К. Фролов и Е. Б. Дружко.

С 1978 по 1996 годы под руководством Заславского Ю. З. при кафедре функционировала отраслевая лаборатория «Основания и подземные сооружения» Минуглепрома Украины, являвшаяся головной по вопросам ресурсосберегающих способов обеспечения устойчивости подземных сооружений. Комплекс исследований, проведенных сотрудниками отраслевой лаборатории и кафедры, позволил разработать конструкции крепей, использующих несущую способность упорчнённого массива, закрепляющие растворы на основе отходов и побочных продуктов местных производств, которые получили широкое применение в подземном (шахтном) и надземном строительстве Донбасса.



***Яркин  
Виктор  
Владимирович***



**Заславский Юлий Зиновьевич**

Доктор технических наук (1967 г.), профессор (1968 г.), академик Академии Строительства Украины, действительный член Нью-Йоркской академии наук.

Автор и соавтор 27 изобретений, 198 научных работ, в их числе 12 монографий. Его ученики защитили 3 докторских и 29 кандидатских диссертаций. В 1997 г. удостоен «Государственной стипендии Президента Украины выдающимся деятелям науки, образования и культуры».



**Петраков Александр Александрович**

Заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор, академик Академии Строительства Украины. Выпускник строительного факультета Донецкого политехнического института (1963 г.), автор и соавтор более 200 научных и научно-методических работ, из которых пять монографий, два учебника, три учебных пособия, 16 патентов и 25 свидетельств на изобретение, ряд нормативных документов. Подготовил 15 кандидатов технических наук и двух докторов технических наук.

Разработки отраслевой лаборатории отмечены: медалями ВДНХ СССР в 1986 и 1989 годах, ВДНХ УССР в 1987 году, Госстроем СССР на двух Всесоюзных конкурсах в 1978 и 1987 годах (первая и вторая премии), Минвузом СССР в 1982 и 1986 году (грамота и вторая премия на конкурсе НИР), Минвузом УССР в 1981 году (грамота), Минуглепромом УССР в 1982 году (третья премия на Всесоюзном конкурсе).

За данный период времени сотрудниками кафедры были защищены: докторская диссертация (Дружко Е. Б.) и девять кандидатских диссертаций (Гавенко В. М., Гринько Е. В., Казачек Т. В., Качан И. В., Ковшов В. В., Пирогов Е. П., Пшеничный В. А., Шатохин М. А., Шарабарин А. Г.).

В 1990 году кафедра была переименована в кафедру оснований, фундаментов и подземных сооружений (ОФиПС).

В 1996 г. кафедру ОФиПС возглавил д.т.н., профессор, академик Академии строительства Украины А. А. Петраков, специалист в области теории расчёта, проектирования и эксплуатации зданий и сооружений на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями и на подрабатываемых территориях [2], представитель научной школы доктора технических наук, профессора Клепикова Сергея Николаевича [3].

В 2009 году на кафедре ОФиПС работали два профессора и шесть кандидатов технических наук (фото 1).



**Фото 1. Состав кафедры в 2009 году, слева на право:**  
верхний ряд: доценты В. В. Яркин, Н. Г. Лобачева, профессор Е. Б. Дружко, доцент Т. В. Кошелева, ассистент Е. Э. Ярош, доценты Н. А. Петракова, Э. К. Фролов, аспирант Ю. И. Стяжкина;  
нижний ряд: доцент В. М. Гавенко, лаборант Е. И. Карагодина, профессор А. А. Петраков, ассистент В. П. Попова



Под руководством д.т.н., профессора А. А. Петракова в 1996 году на кафедре начаты научные исследования по нескольким новым направлениям, относящимся к теории проектирования зданий и сооружений в сложных условиях строительства.

**Основные направления научной деятельности кафедры ОФИПС:**

- разработка и исследование фундаментов повышенной несущей способности и методов их расчёта. Результаты этих исследований нашли отражение в кандидатской диссертации Шиловой Н. А. [4]. Кафедрой разработаны пособия по проектированию и расчету фундаментов повышенной несущей способности. Указанные пособия широко используются проектными институтами, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов;

- диагностика технического состояния зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях. Результаты этих исследований нашли отражение в двух кандидатских диссертациях Яркина В. В. [5] и Тарана Р. А. [6];

- разработка и исследование оснований и фундаментов при строительстве и реконструкции зданий и сооружений на неравномерно деформирующихся и просадочных грунтах. Результаты этих исследований нашли отражение в докторской диссертации Яркина В. В. [7];

- совершенствование методов расчета деформаций, несущей способности и устойчивости оснований фундаментов и грунтовых массивов на основе гипотез нелинейной механики грунтов. Результаты этих исследований нашли отражение в докторской диссертации Яркина В. В. [7] и кандидатской диссертации Емец Е. В., а также реализованы в программном обеспечении (ПО) «DesCon» (автор – Яркин В. В.). Предложенные Петраковым А. А. уравнения пластического состояния материалов с внутренним трением в условиях сложных траекторий нагружения реализованы в ПО «NL Polifem» и ПО «PANAMA» (автор – Петраков А. А.). Использование указанных уравнений состояния в расчетах грунтовых оснований и строительных конструкций позволяет существенно приблизить данные теоретических прогнозов к экспериментально определяемым параметрам;

- разработка и исследование методов защиты зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях. В рамках проведения исследований по данному научному направлению подготовлены и успешно защищены 7 кандидатских диссертаций. В работах Лобачевой Н. Г. [8] и Писаренко А. В. [9] рассматривались методы улучшения строительных свойств грунтов основания. В работах Виноградова В. Н. [10] и Кухарь А. В. [11] рассматривались конструктивные меры защиты зданий на карстоопасных территориях. Снижение усилий в элементах системы «Основание – Фундамент – Здание» путем целенаправленного изменения жесткости конструктивных элементов и основания в процессе возведения и эксплуатации здания рассматривалось в работах Петракова А. А. и его учеников: Виноградова В. Н. [10], Яркина В. В. [12], Кухарь А. В. [13] и др. Ряд предложений Петракова А. А. по введению в конструктивные элементы дополнительных

устройств, позволяющих в определенный момент времени существенно снижать жесткость этих элементов, ограничивая при этом величину деформаций, были экспериментально исследованы его учениками: Брыжатой Е. О. [14] и Живодеровым Н. А. В работах Петраковой Н. А. рассматривались методы расчета и обеспечения устойчивости оползнеопасных склонов. При этом выполнялась апробация полученных результатов путем проверки расчетных положений в натурных условиях. Опытное внедрение полученных результатов в реальные проекты защиты оползнеопасных территорий показало их эффективность (рис. 2, 3);



Рис. 2. Трещины и сдвиги земной поверхности в верхней зоне оползня (с. Юрьевка Донецкой области)

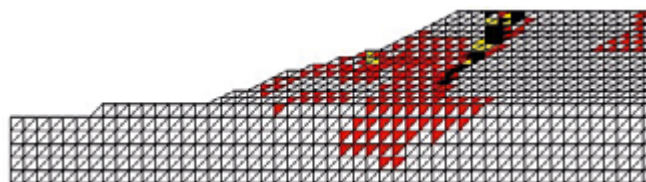


Рис. 3. Области предельного равновесия в теле грунтового массива оползня (черным цветом помечены КЭ с трещиной)

- теория взаимодействия зданий и сооружений с деформируемым основанием. Результатами теоретических исследований являются методики расчета зданий и сооружений с учетом совместной работы оснований, фундаментов и надфундаментных конструкций. Кафедрой разработаны многочисленные цифровые модели зданий и сооружений, включающие конструкции фундаментов и деформируемого основания (рис. 4).

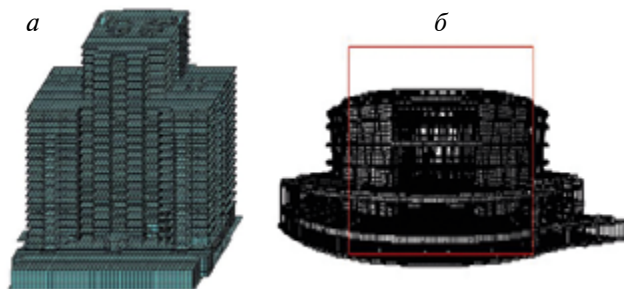


Рис. 4. Цифровые модели: а - здания бизнес-центра «Северный» в г. Донецк; б - спортивного сооружения «Кальмиус Арена» в г. Донецк

Результаты многолетних экспериментально-теоретических исследований кафедры послужили основой для разработки следующих инструктивно-нормативных документов: ДБН В.2.1-10:2009 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения проектирования»; ДБН В.1.1-10:2016 «Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических условиях. Основные положения проектирования»; ДСТУ – Н Б В.1.1-10:2016 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. Основные положения по расчету»; РБН В 3.1-01-99 «Правила оценки технического состояния и паспортизации зданий и сооружений, эксплуатирующихся в сложных инженерно-геологических условиях».

Значительная часть результатов научных исследований, проводившихся на кафедре за последние 20 лет, были систематизированы и представлены в докторской диссертации Яркина В. В. «Развитие методов расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях» [7]. Предложенные в диссертации аналитические методы определения деформаций основания, вызванных различными сложными инженерно-геологическими условиями, с последующим учетом потенциальной неравномерности от их возможных сочетаний реализованы в авторском исследовательском программном обеспечении «DesCon» <https://dwg.ru/dnl/14972>.

### ЛАБОРАТОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ И НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Созданная в 1973 году лаборатория для испытания грунтов регулярно проходит метрологический контроль и на данный момент входит в состав аккредитованного Центра испытаний строительных материалов и конструкций ДонНАСА. В рамках совершенствования лабораторной базы кафедры ведется разработка и апробация прибора трехосного сжатия грунта, позволяющего проводить испытания при сложном нагружении образца независимыми напряжениями по всем трем осям (рис. 5). Результаты таких испытаний



Рис. 5. Прибор трехосного сжатия с независимыми нагружениями по трем осям

позволяют получить исходные данные для расчета грунтовых оснований и массивов с использованием современных программных комплексов. Для экспериментально-теоретических исследований в области нелинейной механики грунтов такие приборы являются крайне необходимыми.

Для полевых испытаний используются арендованные установки и стенды. Например, для статических испытаний свай подтверждена эффективность использования гравитационной нагружающей установки на автомобильном транспорте (рис. 6).

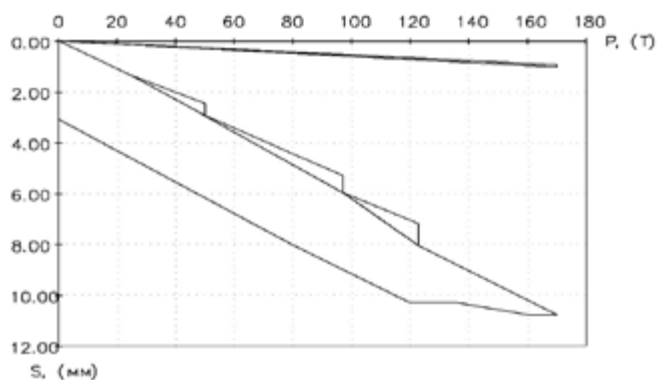


Рис. 6. Общий вид установки для испытания свай С-450. Паспорт испытания сваи № 104

### УЧЕБНЫЕ КУРСЫ И ДИСЦИПЛИНЫ. УЧЕБНАЯ РАБОТА

На кафедре изучаются следующие основные дисциплины.

Для бакалавриата: инженерная геология; инженерные изыскания; основы геотехники; основания и фундаменты.

Для магистратуры: здания и сооружения в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях строительства; теория взаимодействия зданий и сооружений с деформируемым основанием; инновационные технологии устройства фундаментов повышенной несущей способности; конструкции подземных частей гражданских и промышленных зданий и сооружений.

В настоящее время на кафедре работает два доктора технических наук, профессора и пять кандидатов технических наук, доцентов (фото 7).



*Фото 7. Состав кафедры в 2022 году, слева на право: верхний ряд: ассистенты Н. С. Масло, М. Д. Панасюк, доцент Н. А. Петракова, лаборант В. В. Кирьянова, ассистент Е. Э. Ярош, доценты А. В. Кухарь, Е. О. Брыжатая; нижний ряд: профессор В. В. Яркин, ст. преподаватель В. П. Попова, профессор А. А. Петраков, доцент Т. В. Кошелева*



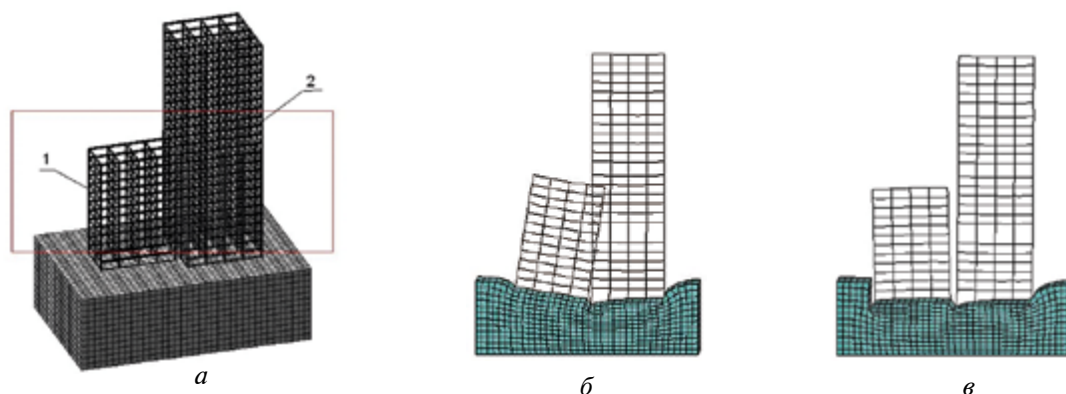
Кафедрой разработан целый ряд учебно-методических материалов и учебников для эффективного осуществления учебного процесса. Учебно-методическое обеспечение адаптировано с учебной и нормативно-технической средой Российской Федерации в области строительства.

Кафедра является выпускающей. В связи с этим большая часть учебной нагрузки связана с дипломным проектированием бакалавров и диссертациями магистров. В среднем ежегодно кафедра выпускает более 20-ти бакалавров и более 15-ти магистров. Темы дипломных проектов бакалавров и диссертаций магистров связаны с тематикой научно-исследовательских работ, выполняемых на кафедре. При выполнении выпускных работ студенты используют графические редакторы, вычислительные программные комплексы Lira и Plaxis, исследовательские программные комплексы, разработанные на кафедре, NL Polifem, DesCon, Ramana. Во всех выпускных работах выполняются исследования в системе «основание - фундамент - сооружение». Пример расчетов, выполняемых в рамках выпускных квалификационных работ, показан на рис. 8.

Выпускники кафедры успешно работают в строительных организациях, в проектных и научно-исследовательских институтах, в других учебных заведениях, в т.ч., в г. Москве. Кадровый состав кафедры практически полностью представлен ее выпускниками разных лет.

#### АСПИРАНТУРА И ДОКТОРАНТУРА

Результатами научно-исследовательской работы, проводимой на кафедре, являются подготовленные кандидатские и докторские диссертации. За последний период защищены следующие подготовленные на кафедре диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Виноградов В. Н. (1996 г.), Шилова Н. А. (1999 г.), Яркин В. В. (2002 г.), Емец Е. В. (2004 г.), Таран Р. А. (2002 г.), Лобачева Н. Г. (2007 г.), Петракова Н. А. (2007 г.), Кухарь А. В. (2011 г.), Брыжатая Е. О. (2018 г.). В 2022 г. доцент Яркин В. В. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Научным руководителем всех защищенных диссертаций является профессор



*Рис. 8. Пример выпускной работы по проектированию зданий в условиях плотной городской застройки: а — модель грунтового основания и возведенных на нем зданий; б — крен существующего здания при возведении вблизи него нового объекта; в — исправление крена геотехническим методом*



Петраков А. А., в связи с чем совокупность защищенных на кафедре диссертаций можно рассматривать как сформировавшуюся научную школу.

Кафедра продолжает подготовку специалистов высшей квалификации. В настоящее время над кандидатскими диссертациями работают трое сотрудников кафедры: Панасюк М. Д., Масло Н. С. и Ярош Е. Э.

### **КАФЕДРАЛЬНАЯ И ХОЗДОГОВОРНАЯ ТЕМАТИКА**

Функционирующий с 1996 года научно-исследовательский центр «Инженерная защита зданий и сооружений в сложных горно-геологических и инженерно-геологических условиях» позволяет внедрять результаты научно-исследовательской деятельности кафедры в практику проектирования и строительства при выполнении хозяйственных работ. В практику проектирования результаты научных исследований сотрудников кафедры были внедрены такими организациями как: ГП Донецкий ПромстройНИИпроект; ЧАО «Институт Донбассреконструкция»; ГУ ДонГипрошахт; Донбассгражданпроект; «Донжелдорпроект» НПФ «ДонНИИ ЛТД»; Трест Красноармейскшахтострой и многими другими.

Наиболее востребованные виды работ: прогноз развития опасных геологических и геотехнических процессов и разработка мер защиты от них; проектирование новых и реконструкция существующих зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, оценка технического состояния подземных и надземных конструкций зданий и сооружений и разработка документации по восстановлению их технической пригодности.

Кафедральная тематика планировалась на пятилетние сроки времени и в разные годы была направлена на решение конкретных научно-технических проблем, соответствующих научным направлениям кафедры. Результатами выполнения кафедральной

тематики являлись подготовленные и защищенные диссертации преподавателями кафедры.

### **ПУБЛИКАЦИИ И УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ**

Преподаватели и сотрудники кафедры опубликовали более 400 научных трудов, девять монографий, получили 31 авторское свидетельство. За последние пять лет регулярно публикуются статьи в изданиях, входящих в ведущие наукометрические базы данных [14-20]. В научных исследованиях активно участвуют студенты, о чём свидетельствует тематика их дипломных проектов, разделы НИРС в курсовых и дипломных проектах, доклады на научно-технических конференциях, публикации и изобретения.

Несомненным достижением кафедры являются разработанные учебники по курсам инженерной геологии, механики грунтов и оснований и фундаментов [21, 22].

Сотрудники кафедры регулярно участвуют в различных конференциях различного уровня, в том числе и международных.

В октябре 2021 года доценты кафедры Яркин В. В. и Кухарь А. В. приняли участие в международной научно-технической конференции по геотехнике на базе СПбГАСУ «Современные теоретические и практические вопросы геотехники: новые материалы, конструкции, технологии и методики расчетов» GFAC 2021. Во время технической экскурсии по уникальным строительным объектам, возводимым и построенным в сложных геотехнических условиях г. Санкт-Петербурга коллеги из СПбГАСУ и Товарищества сибирских геотехников делились своим опытом в решении неординарных задач, с которыми пришлось столкнуться при проектировании и строительстве этих объектов (фото 9, 10).



Фото 9. Готман А. Л., д.т.н., профессор и Кухарь А. В., к.т.н., доцент в стенах СПбГАСУ



Фото 10. Строительство подземной части здания JetBrains на побережье Финского залива (на фото Полищук А. И., д.т.н., профессор и Яркин В. В., д.т.н., доцент ДонНАСА)

## ВЫВОДЫ

Кафедра оснований, фундаментов и подземных сооружений (ОФиПС) прошла с момента образования ДонНАСА длительный путь научно-технического развития и совершенствования. Она по-прежнему занимает одно из ведущих мест среди геотехнических кафедр в Украине. По проблеме теории строительства зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях строительства кафедра является одним из ведущих научных коллективов на пространстве стран СНГ. По кадровому составу, научному потенциалу и учебно-методическому обеспечению кафедра соответствует стандартам Российской Федерации.

**Основные направления научно-технической деятельности кафедры ОФиПС на ближайшую перспективу.**

1. Цифровые модели зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях строительства в комплексе с геотехническими моделями строительных площадок.

2. Предельные состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений, претерпевающих неравномерные сдвиги земной поверхности.

3. Нелинейные методы расчета оснований, фундаментов и надземных конструкций, основанные на гипотезах теории пластического течения.

## Список литературы

1. Гусев, Ю. М. Определение осадки сооружений при неравномерной нагрузке оснований. — К.: Вища школа, 1976. — 112 с.
2. Петраков, А. А. Сложное нагружение строительных конструкций и оснований : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01, 05.23.02 / Петраков Александр Александрович. К. 1994. 36 с.
3. Клепиков, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании / С. Н. Клепиков. К.: НИИСК, 1996. 204 с.
4. Шилова, Н. А. Фундаменты усовершенствованной конструкции с уширенным основанием в вытрамбованных котлованах. Дис...канд техн. наук: 05.23.02 / Шилова Наталья Александровна. Днепропетровск, 1999. — 252 с.
5. Яркин, В. В. Взаимодействие ленточных фундаментов с неравномерно деформируемым основанием. Дис...канд техн. наук: 05.23.01 / Яркин Виктор Владимирович. Макеевка, 2001. — 167 с.
6. Таран, Р. А. Методы технической диагностики кирпичных зданий, эксплуатируемых в обычных и сложных условиях строительства : Дис... к.т.н.: 05.23.01 / Таран Роман Анатольевич. Макеевка, 2002. 163 с.
7. Яркин, В. В. Развитие методов расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях. Дис...д-ра техн. наук: 05.23.01 / Яркин Виктор Владимирович. Макеевка, 2021. — 465 с.
8. Лобачева, Н. Г. Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований метода уплотнения основания фундаментов внутренними давлениями / Н.Г. Лобачева, В.В. Яркин // SCIENCE PROSPECTS, № 1(112), 2019. С. 54-62.
9. Писаренко, А. В. Численное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания, взаимодействующего с просадочным основанием при его частичном закреплении / А.В. Писаренко, В.В. Яркин // Вестник ДонНАСА, №3(125), 2017. С. 86-93.
10. Виноградов, В. Н. Конструктивные меры защиты одноэтажных промышленных зданий от воздействия поверхностного карста : дис. ... к.т.н.: 05.23.01 / Виноградов Владимир Николаевич. Макеевка. 1996. 250 с.
11. Кухарь, А. В. Конструктивные меры защиты сооружений на карстоопасных территориях : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Кухарь Анна Владимировна. Макеевка. 2011. 136 с.
12. Яркин, В. В. Неравномерные деформации основания зданий со стальным каркасом в грунтовых условиях I типа по просадочности / В.В. Яркин, А. В. Кухарь, А. Д. Анисимова, В. В. Яркина // Металлические конструкции, Т. 25, № 4, 2019. С. 171-181.
13. Яркин, В. В. Регулирование усилий в плитном фундаменте в процессе возведения здания / В. В. Яркин, А. В. Кухарь // Современное промышленное и гражданское строительство, Т. 12, № 3, 2016. С. 119-126.
14. Bryzhata Ek. Explanatory investigation of the device for regulating the vertical position of a building. / Ek. Bryzhata, N. Maslo, A. Petrakov // MATEC Web of Conferences 245, 04015 (2018), DOI:10.1051/mateconf/201824504015.
15. Yarkin, V. Determination of non-uniform settlements caused by decompression of soil in the excavation / Yarkin V., Kukhar A. // MATEC Web of Conferences 245, 08002 (2018), DOI:10.1051/mateconf/201824508002.
16. Yarkin, V. Non-linear settlements of shallow foundation / Yarkin V., Kukhar H. and Lobacheva N. // E3S Web of Conferences 97, 04034 (2019), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199704034>.
17. Lobacheva, N. Experimental and numerical substantiation the efficiency method of compaction of soil base by creating sealing pressure inside soil massif / N. Lobacheva, V. Yarkin // J. Phys.: Conf. Ser., Vol. 1425. 012048, 2019, doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012048.
18. Yarkin, V. Stress-strain state of expansive soils when soaking from above / V. Yarkin, N. Lobacheva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 869, 052052, 2020, doi:10.1088/1757-899X/869/5/052052.
19. Yarkin, V. Determination of subsidence of base with intensive soaking of subsidence soil / Yarkin V., Lobacheva N. // E3S Web of Conferences 263, 02037, 2021 doi: 10.1051/e3sconf/202126302037.
20. Panasyuk, M. Nonlinear analysis of constructions from different materials based on unified plastic constitutive relations / Panasyuk M., Petrakov A., Petrakova N. // 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1030 012088, 2021, doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012088.
21. Инженерная геология. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник / Н. Л. Зоценко, А. А. Петраков и др. — Полтава: ПНТУ, 2004. — 568 с.
22. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник / В. Б. Швеца, А. А. Петраков и др. — Днепропетровск: Пороги, 2012. — 196 с.



# НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ ПРИРОДНОЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ ДОНБАССА – К 50-летию ЮБИЛЕЮ ДОННАСА

**В. И. Нездойминов, д.т.н., профессор; Н. И. Григоренко, к.т.н., доцент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Рассмотрены научные достижения и исследования в области водоснабжения и канализации, оказавшие влияние на жизнь и развитие нашего края. Представлена роль Донбасской национальной академии строительства и архитектуры и кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» в данных научных разработках, отмечены заслуги наших ученых за последние 50 лет и определены цели дальнейшего развития науки в стенах ВУЗа.

**Ключевые слова:** научные исследования, водоснабжение, канализация, канал Северский Донец-Донбасс, водная среда, научные направления.



*Нездойминов  
Виктор Иванович*



*Григоренко  
Надежда Ивановна*

Современный мир развивается с невероятной скоростью, иногда так быстро, что нам некогда остановиться и подумать о важных вещах. О вещах, которые стали восприниматься как должное, как что-то неотъемлемое и само собой разумеющееся: доступность информации, быстрое перемещение за счет автомобилей и технологичного транспорта, комфорт нашего жилья за счет стабильной работы различных коммуникаций. А ведь действительно, кто задумывается о природе электричества, автоматически привычным жестом включая свет? Или вода в кране. Откуда она? Какой путь она прошла, прежде чем попасть к нам в дом? Километры трубопроводов, сотни узлов – целый подземный мир, а единственное, что видит обычный человек из всей этой грандиозной сети – крышки люков и выступающие части колодцев и ему сложно представить себе какой колоссальный объем проектной и строительной работы проделан, чтобы привести живительную влагу в его жилище. Да, на данный момент в системах водоснабжения и канализации нашего края существуют проблемы, причем часть из них никак не связана с военными действиями на территории Донбасса. Износ сетей, устаревшее оборудование и сооружения, именно эти причины очень часто служили и служат причиной перебоев в работе всей системы. А ведь вода нужна человеку не только в быту, основная ее часть уходит на нужды промышленности и сельского хозяйства.



*Рис. 1. Фабрика по получению чистой воды*



Город Донецк и большинство городов области расположены в степи, в которой практически отсутствуют реки и крупные водоемы. В начале прошлого века началось строительство предприятий и полномасштабная индустриализация этого богатейшего края. Для того, чтобы реализовать это, нужно было думать не только о том, сколько поставить в регион стройматериалов и оборудования. Нужно было в первую очередь подумать о воде... Для решения этой задачи в Донецкой области был построен уникальный комплекс водопроводных и гидротехнических сооружений, который включает в себя канал Северский Донец-Донбасс, Второй Донецкий и Южнодонбасский водопроводы, 17 водохранилищ, 18 фильтровальных станций и 64 водопроводные насосные станции централизованного водоснабжения. Важнейшая роль в данной системе принадлежит каналу Северский Донец-Донбасс, по которому вода из реки Северский Донец, расположенной на севере области, подается до Донецка и далее по Южнодонбасскому водопроводу до Мариуполя.



*Рис. 2. Канал Северский Донец-Донбасс в футляре*

И пусть природа не наделила наш регион полноводными реками и крупными озерами, человек смог своим упорным трудом, силой мысли и инженерной смекалкой, крепкими рабочими руками превратить бескрайнюю степь в плодородный, богатый край. К строительству привлекались строители и инженеры различных уголков страны, многие из которых оставались для дальнейшей эксплуатации этого грандиозного сооружения. Нужны были грамотные, талантливые, трудолюбивые люди, для этого осваивались новые специальности, открывались различные учебные заведения и направления подготовки в уже существующих ВУЗах.

В 1969 году в Макеевском филиале Донецкого политехнического института была набрана экспериментальная группа студентов на специальность «Водоснабжение и канализация» и уже первый выпуск показал, что в бурно развивающемся Донбассе есть большой спрос на инженеров-сантехников. Специальность стала пользоваться популярностью, и количество ежегодно набираемых студентов постепенно возросло до четырех групп. Это позволило создать кафедру «Водоснабжение и канализация», состоящую из ученых, производственников, молодых специалистов-выпуск-

ников. Опыт одних и молодой энтузиазм других позволили не только готовить высококвалифицированных специалистов в области жилищно-коммунального хозяйства, но и сформировать, а в дальнейшем развивать, научные направления исследований. Были сформированы следующие научные направления:

1. Разработка и исследование новых методов очистки промышленных сточных вод (предприятия металлургической и химической промышленности);
2. Исследование гидравлики водоводов в целях увеличения их пропускной способности;
3. Совершенствование индустриальных методов строительства водопроводно-канализационных сооружений и их комплексов;
4. Исследование методов снижения коррозии и накипеобразования в системах оборотного водоснабжения;
5. Методы защиты сетей и сооружений систем водоснабжения и водоотведения от вредного влияния горных выработок.

В научных исследованиях участвовала большая часть сотрудников кафедры, а также студенты, проявляющие интерес к научной деятельности. Для этих увлеченных инженеров, исследователей была открыта аспирантура и из среды собственных выпускников в коллектив кафедры начали вливаться будущие кандидаты и доктора наук. Конечно же, для получения высоких результатов научной работы в нашей специальности нужны лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием, материалами, реактивами. И таким местом для наших ученых стали теперь уже родные, а на тот момент новые, корпуса Макеевского инженерного института, переехавшего на свой постоянный адрес по улице Державина, 2.



*Рис. 3. Строительство новых корпусов МИСИ по ул. Державина, 2*

И работа закипела! В лабораториях гидравлики и насосов, основ очистки воды, аналитической химии, биотехнологии и очистки сточных вод и осадков проводились как учебные занятия, так и научные исследования, которые положили начало созданию серьезной и авторитетной научной школы, результаты исследований которой разошлись далеко за пределы страны.

За все время работы кафедры создавались и специализированные научно-исследовательские центры, лаборатории, установки, сооружения, предназначенные для глубокого изучения различных процессов. Например, лаборатория пневмовзрыва, для которой в отдельном помещении к.т.н., проф. Слезом Л. Г. и его единомышленниками был построен огромный

испытательный стенд для экспериментальных исследований использования импульсного воздействия для очистки стенок трубопроводов большого диаметра от отложений. Исследования в этой области положили начало отдельному направлению, в котором получено более десятка патентов в области водоснабжения и водоотведения для очистки полости труб в разных отраслях промышленности.

Это направление нашло продолжение и вдохновило молодого ученого к.т.н., доц. Лесного В. И. на дальнейшие исследования применения импульсного воздействия для подземных источников водоснабжения Донбасса, которым, как известно, присущи высокое солесодержание и жесткость. Поэтому при эксплуатации таких водозаборных скважин их производительность может значительно снижаться из-за загрязнения пор (кольматации) фильтра и прифилтровой зоны солевыми отложениями. Здесь то и пригодились многолетние исследования ученых кафедры в области восстановления дебита водозаборных скважин. Данный метод актуален для восстановления водозаборных скважин в южных регионах Донбасса.



*Рис. 4. Испытание по возобновлению дебита скважины, г. Донецк*

Еще одним научным центром, созданным на базе кафедры, был инженерно-производственный центр «Биотехнология очистки воды», в состав которого входили научное, проектное и опытно-промышленное подразделения. Исследования, которые проводились под руководством лауреата Государственной премии Украины и Российской Федерации в области науки и техники д.т.н., профессора Куликова Н. И., нашли мировое признание в области биологической очистки городских и производственных сточных вод. Им создано новое научное направление на использовании прикрепленного биоценоза микроорганизмов на ершовой загрузке. По этой тематике было получено более 100 авторских свидетельств на изобретение и патентов. Проекты очистных станций внедрены в различных регионах Советского Союза, начиная от Владивостока до Калининграда. Очистка сточных вод на «ершах» получила широкое распространение, поскольку применение классической схемы биологической очистки со свободноплавающим активным илом не всегда дает нужный результат, что связано с наличием в стоках различных химических компонентов (органики, фосфора, азота и т.д.) а также из-за резкого колебания

состава сточных вод. Прикрепленные к волокнам микроорганизмы справляется с этими проблемами, поскольку они менее подвержены высоким залповым концентрациям токсичных веществ, неконтролируемому выносу их из вторичных отстойников, нитчатому вспуханию. Активный ил при этом распределен равномерно по всему объему сооружения и можно без труда поддерживать его оптимальную и фиксированную массу. Использование «ершей» или подобных им синтетических волокон и сейчас очень популярно, их изучение и практическое внедрение можно встретить в различных уголках мира, используется данная технология, как для доочистки городских сточных вод, так и в локальных станциях очистки «сложных» стоков.

В Донецкой области реконструировано ряд канализационных и водопроводных очистных сооружений с применением ершовой загрузки. Особо следует отметить блок доочистки на Макеевских очистных сооружениях. Это первый мировой опыт по использованию волокнистого наполнителя для получения очищенной воды высокого качества с дальнейшим использованием ее на промышленных предприятиях.



*Рис. 5. Элементы ершовой загрузки*

Также исследователями научного центра запатентован способ биохимической очистки сточных вод от токсичных нитросоединений, который может быть применен на станциях биологической очистки предприятий, производящих, например, взрывчатые вещества. Кроме того, патент получен на многоступенчатый аэротенк-вытеснитель, время работы которого сокращено в 3-4 раза, а количество избыточной биомассы на выходе на порядок меньше, чем в других конструкциях.

Конечно, за период существования кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» в научной работе были подъёмы и грандиозные свершения, а были и тяжелые, беспокойные времена. Распад СССР, военный конфликт на территории Донбасса, начавшийся в 2014 году, внесли свои изменения в уклад жизни и труда многих людей. Однако научная работа продолжалась, находились пути финансирования, открывались новые возможности, налаживались связи и партнерство. Начиная с 2000-х годов, кафедра снова активно принимала в свой состав молодых



ученых, аспирантов, чьи исследования продолжали путь, проложенный ранее, или шли своей уникальной дорогой, открывая новые горизонты и новые перспективы в области водоснабжения и канализации.

Продолжались исследования, начатые в ИПЦ «Биотехнология очистки воды». Д.т.н., проф. Нездойминовым В. И и к.т.н., доц. Чернышевым В. Н. решалась проблема повышения эффективности очистки городских сточных вод в биореакторах с совмещением различных биохимических процессов одновременного изъятия соединений минерального азота в присутствии органических загрязнений, а также глубокой минерализации осадков сточных вод. Авторы разработали новый тип биологического сооружения, где культивируются различные виды микроорганизмов, обладающие повышенной активностью разрушения загрязнений сточных вод.

Внедрение технологии глубокой минерализации на городских очистных сооружениях города Макеевки позволили уменьшить массу сухого вещества ила более чем на 90 %. В это же время идет работа над совершенствованием конструкции биореактора с затопленной эрлифтной системой аэрации и илоотделителя со взвешенным слоем осадка, который сможет обеспечить глубокую минерализацию органической части осадка, высокую эффективность отделения активного ила от иловой воды и одновременное протекание процессов аммонификации, нитрификации, денитрификации и анаммокс-процесса. Данные научные открытия, методы и решения были внедрены в технологию очистки сточных вод и обработки осадка на предприятиях Старобешевской ТЭС, Макеевского горводоканала, шахте «Красноармейская-Западная», КП «Компаний» Вода Донбасса».



Рис. 6. Биореактор аэробной стабилизации осадков

Эти исследования продолжились в научной работе к.т.н., доц. Зятыны В. И. Им подробно изучен процесс илоотделения во взвешенном слое при глубокой минерализации, где ил имеет высокую концентрацию и обычное гравитационное отделение длится достаточно долго, а это плохо влияет на качество и даль-

нейшую обработку осадка. Конструктивно же решить вопрос возврата активного ила из взвешенного слоя илоотделителя, причем без применения дополнительного насосного оборудования, удалось с помощью специального аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации, разработкой которого занимался к.т.н., доц. Заворотный Д. В.

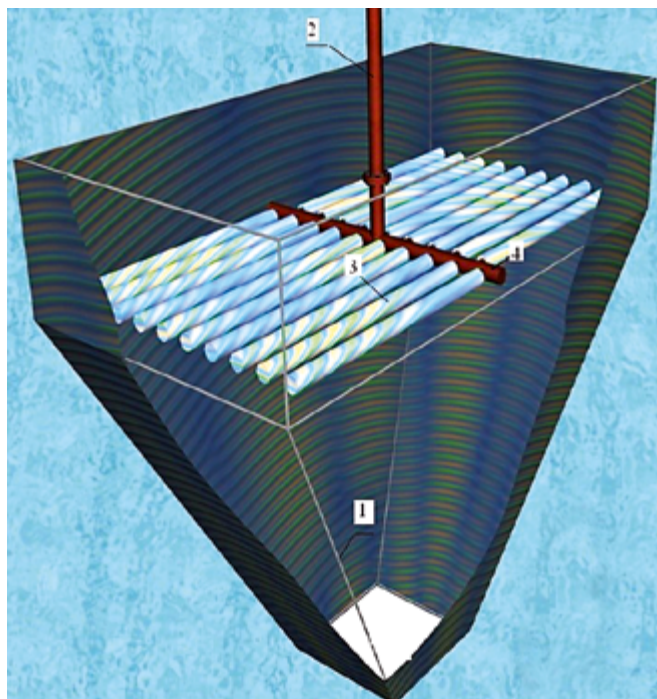


Рис. 7. Модель аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации

Результаты данных научных исследований внедрены при расчете аэротенков-осветлителей для очистки стоков в системе замкнутого водоснабжения рыбной фабрики в пгт Пантелеймоновка, а также при реконструкции КОС в г. Стерлитамак (РФ, Башкортостан).

В этот период к.т.н., доц. Рожковым В. С. проводились исследования в области проектирования бессточных систем оборотного охлаждающего водоснабжения с применением биологически очищенных хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод, что приводит к экономии природных ресурсов, защите окружающей среды и улучшению условий эксплуатации оборотных систем, сокращает расходы химикатов на удобрение. Особо следует отметить вклад Рожкова В. С. в разработку инструментально-аналитического подхода к эксплуатации систем подачи и распределения воды. Работа крайне важна для организаций, эксплуатирующих городские водопроводные сети, поскольку позволяет выявить скрытые утечки на участках сети, неисправную арматуру в сети водоснабжения. Данный метод позволяет обозначить не только точки регулировки сети (с повышенным давлением), но и указать точное значение дифференциала давления при установке регулирующей арматуры, а также спрогнозировать все последующие изменения в гидравлике сети.



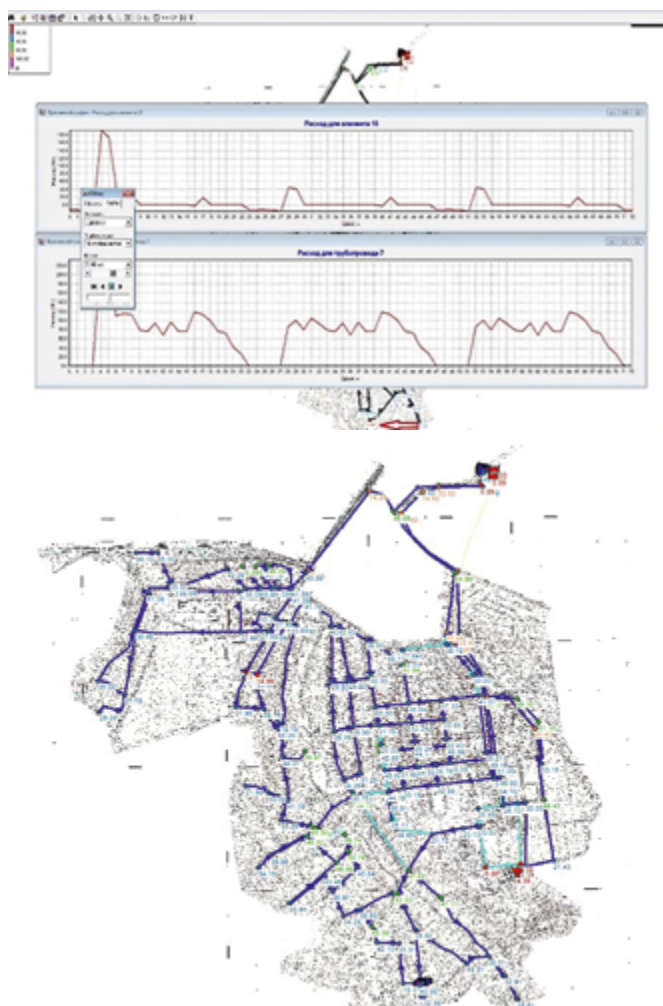


Рис. 8. Создание математической (гидравлической) модели для г. Николаевка

Необходимость разработки и внедрения современных экономически и технологически эффективных технологий на очистных станциях малой производительности, подтолкнула к мысли использовать нетканые микромембраны для доочистки сточных вод. Изучению этого вопроса посвятил свою научную работу к.т.н., доц Жибоедов А. В. Были определены область применения этих материалов и разработана конструкция установки для удаления взвешенных веществ из биологически очищенных сточных вод.

Исследования ведутся и в новом для кафедры направлении – транспортировании сточных вод под действием вакуума. Вакуумная канализация применяется довольно давно, однако в нашем крае, несмотря на множество показаний к ее применению, таких систем нет. Для сел и поселков, расположенных в условиях с плоским рельефом местности и высоким уровнем грунтовых вод, а также временным притоком сточных вод, данная система является оптимальным решением. Научная работа к.т.н., доц. Григоренко Н. И. была направлена на поиск методов и вывод расчетных зависимостей вакуумного перекачивания жидкости. На кафедре «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» был проработан проект внедрения данной канализационной системы в рамках концепции развития поселка городского типа Седово в ДНР.



Рис. 9. Карта пгт Седово с намеченной трассой вакуумной сети

Даже после начала военных действий на Донбассе научная работа на кафедре не прекращалась, не прекращается и сейчас. После 2014 года на кафедре защищены три кандидатские диссертации, молодежь поступает в аспирантуру, решаются важные и злободневные проблемы водохозяйственного комплекса. Исследования ведутся как по направлениям сформировавшейся школы, так и по новым. На данный момент прорабатываются вопросы доочистки сточных вод от соединений фосфора, применения антрацита в фильтрах доочистки сточных вод и водоподготовки, обеззараживания осадков сточных вод. В настоящее время коллектив кафедры работает над очень важной проблемой, связанной с переработкой осадков городских очистных сооружений и получением ценного удобрительного материала для сельского хозяйства. Получены первые обнадеживающие результаты, которые позволяют исключить хранение осадков на открытых иловых площадках и предотвратить распространение различных опасных инфекций, загрязнение почвы, атмосферного воздуха, грунтовых и подземных вод. Переработанные осадки служат заменой органических и минеральных удобрений.

Особой заслугой сотрудников кафедры является участие в разработке проектно-сметной документации на строительство очистных сооружений и сетей водоотведения в пгт Карло-Марксово, г. Енакиеве, а также аналитическое исследование состояния систем водоотведения административных единиц ДНР для повышения эффективности их работы.

Каждый представитель кафедры вносит свой вклад в создание новых технологий по сохранению природной водной среды Донбасса. Научная работа продолжается!

## НАУЧНАЯ ШКОЛА им. В. Ф. ГУБАРЯ

**А.В. Лукьянов, д.т.н., профессор; З.В. Удовиченко, к.т.н., доцент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** В статье рассмотрены предпосылки создания на кафедре теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции научной школы, возглавляемой доктором технических наук, профессором В. Ф. Губарем. Представлены основные научные направления, в рамках которых ведутся научные исследования на кафедре и готовятся новые научные кадры высшей квалификации. Показаны реальные результаты исследований, проводимых учеными научной школы им. Губаря В. Ф., приведена тематика защищенных диссертационных работ, отмечены области внедрения научных результатов.

**Ключевые слова:** ученый, научная школа, основоположник, научное направление, научные исследования, кадры высшей квалификации, диссертационные работы, внедрение научных результатов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ



**Лукьянов  
Александр Васильевич**



**Удовиченко  
Злата Викторовна**

Научные школы – это всегда коллективы, но каждая из них носит имя своего основателя и учителя. Научной школой правомерно считать ученых, подготовленных одним деятелем науки. О таких людях говорят «он прошел школу такого-то ученого».

Важной характеристикой научной школы является активная научная работа, связанная с разработкой определенных научных проблем, обучением в аспирантуре и подготовкой диссертаций. При этом учитываются два важных условия: должны наличествовать основоположник школы – известный ученый, длительное время работающий в этом направлении, и ученые, выросшие в данном коллективе.

У истоков научной школы кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» (ТТГВ) стояли компетентные специалисты, сформировавшие направления исследований, работа в рамках которых ведется по настоящее время. Основатель и руководитель научной школы кафедры ТТГВ Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (ДонНАСА) – Губарь Валентин Федорович (фото 1), доктор технических наук, профессор, долгое время (более 30 лет) заведующий кафедрой, советник АН Высшей школы Украины, член Академии строительства Украины, эксперт экспертного совета по архитектуре, строительству и геодезии ВАК Украины, эксперт Донецкого научного центра НАН Украины, член специализированных ученых советов Д 12.085.01 при ДонНАСА и СР 11.051.09 при Донецком национальном университете, Лауреат премии в области науки и техники им. Н. Островского (1968 г.) и премии ГКНТ СССР (1980 г.).

Под руководством доктора технических наук, профессора Губаря В. Ф. защищено 17 кандидатских и 2 докторских диссертационных работ по специальности 05.23.03 – Вентиляция, освещение и теплогазоснабжение.

Несомненной заслугой Валентина Федоровича стали не только научные наработки по самым актуальным вопросам в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства, а также создание на кафедре сплоченного коллектива в дружеской атмосфере понимания и взаимовыручки.

Верными сподвижниками Валентина Федоровича были не менее известные в научном сообществе ученые кафедры: Дымнич А. Х., Сербин В. А., Заставнюк В. К., Левин Е. М., Кравец А. Г., Катин Л. Д., Качан В. Н. (фото 2).



*Фото 1. Д-р техн. наук,  
профессор Губарь  
Валентин Федорович*



*Фото 2. Состав кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции в период зарождения научной школы, 1982 г.*

Важной функцией научной школы кафедры являлась забота о молодой научной смене, подготовка кандидатов и докторов наук. В. Ф. Губарь и его коллеги стремились сформировать из числа начинающих исследователей (студентов, аспирантов, докторантов) научных, а во многом и мировоззренческих единомышленников.

Процесс формирования научных школ крупных ученых достаточно долгий и трудоемкий. Решение этой задачи в условиях высшего учебного заведения облегчается тем, что научный коллектив одновременно выполняет образовательные и научные функции. Творческая атмосфера, наличие талантливых учеников из аспирантов, ассистентов и студентов, учебно-вспомогательной и научной базы помогли научной школе кафедры добиться существенных результатов в науке.

Зарождение научной школы кафедры ТТГВ приходится на конец семидесятых и начало восьмидесятых годов прошлого века, когда в государстве и особенно на Украине резко обострилась экологическая ситуация и актуальной стала проблема рационального использования и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Развитие строительного комплекса Украины было связано со значительными потребностями в строительных материалах, основными из которых являются цемент, и изделия из стекла. Дальнейшее производство этих материалов все острее ставило задачу своевременного выполнения мероприятий по защите атмосферного воздуха от вредных выбросов, которые наносят значительный экологический и социальный ущерб. Пыль и газы, образующиеся при производстве цемента и стекла и выбрасываемые в атмосферный воздух, пагубно влияют на живые организмы и растения. Этим объясняется становление первого научного направления школы кафедры - экологического.

Впервые был разработан принципиально новый подход к объяснению механизма взаимодействия высокотемпературного аэрозоля с ассимилирующей

жидкостью при мокрой очистке технологических газов, который позволил энергетически и гидродинамически описать процесс улавливания пыли и определить концепцию схем пылеулавливания с учетом особенностей, характерных для производства строительных материалов.

Было осуществлено научно обоснованное техническое решение схем мокрой очистки высокотемпературных газообразных выбросов, содержащих склонную к налипанию пыль, заключающееся в установлении и экспериментальном доказательстве необходимости ряда стадий, отличающихся тепломассообменными процессами и механизмом извлечения пылевого аэрозоля из газов.

Применительно к специфическим условиям цементного производства были исследованы и разработаны способы ликвидации налипания пыли на элементах установки мокрой очистки газов и исследованы реологические свойства сырьевого шлама, изготавливаемого с добавками уловленной пыли и промывочной жидкости. Результаты исследований внедрены на заводах Украины и России, в том числе: Амвросиевском цементном комбинате, Киевском стекольном заводе, Киевском заводе хрустальных изделий, Константиновском, Керченском и Гостомельском стекольных заводах, Саратовском заводе технического стекла. Фактический годовой эффект от внедрения газоочистных систем, разработанных учеными кафедры, составил в ценах 1989 г. более 2,8 млн. руб.

По результатам вышеприведенных научных исследований учениками В. Ф. Губаря были защищены кандидатские диссертации ассистентами кафедры ТТГВ Захаровым В. И., Лукьяновым А. В., Удовиченко З. В. Важным показателем научной школы является многогранность исследований членов коллектива научной школы. Это как раз характерно для научной школы В. Ф. Губаря.



В период становления научной школы кафедры получило развитие второе направление: техническое совершенствование систем теплоснабжения.

Для реализации поставленных целей учеными кафедры ТТГВ были проведены исследования по переходу от централизованного теплоснабжения к децентрализованной и локальной выработке и распределению теплоты с применением газовых модулей единичной тепловой мощностью от 0,5 до 3,5 МВт. Теоретически и экспериментально обосновано повышение показателей энергоэкологической эффективности теплогенераторов для локального теплоснабжения на основе совершенствования их конструкций и оптимизации параметров технологического процесса в топочной камере.

Разработаны конструктивные параметры газогорелочных устройств жаротрубных теплогенераторов и параметры топочного процесса, влияющие на интенсивность теплообмена в цилиндрической камере сгорания. Получены новые экспериментальные данные зависимости температурных характеристик факела и его длины от параметров работы газогорелочных устройств.

На основе экспериментальных исследований получена математическая модель, описывающая зависимость интегрального коэффициента теплопереноса в топочной камере жаротрубных теплогенераторов от относительного диаметра горелки на выходе топливно-воздушной смеси, коэффициента избытка воздуха, степени смешения природного газа с воздухом и относительной тепловой напряженности объема топки.

Основываясь на результатах экспериментальных исследований и теоретических зависимостях поверхностной плотности теплового потока и теплового напряжения объема топки от ее размеров, мощности теплогенератора и числа интегрального теплопереноса, разработана математическая модель теплообмена в цилиндрических топочных камерах жаротрубных теплогенераторов, которая является основой для разработки графо-аналитического метода конструирования топочной камеры жаротрубных теплогенераторов, алгоритма и программы расчета на ЭВМ «FAKEL» ее диаметра и длины при условии оптимизации этих размеров.

Разработанная «Методика теплового расчета газотрубных котлоагрегатов малой мощности для локального теплоснабжения» рассмотрена и утверждена на государственном уровне Ассоциацией «Укрэnergоспецмонтаж».

Для индивидуального отопления домов повышенной этажности осуществлено научно-обоснованное техническое решение одноконтурной системы отопления с естественной циркуляцией теплоносителя, защищенное авторскими свидетельствами. Решение заключается в обеспечении термодинамических условий и условий теплообмена возникновения пузырькового режима кипения и направленного движения двухфазного потока в стояке, то есть в создании парлифта, обеспечивающего необходимый гидродинамический напор в контуре. Раз-

работаны математическая модель одномерного адиабатного течения двухфазного потока с растущим паросодержанием по высоте цилиндрического канала, позволяющего рассчитывать поля скоростей и температур в стояке адиабатного закипания, и кинематическая модель движения двухфазного потока в стояке, на основе которого получены уравнения для расчета истинного объемного паросодержания потока, а, следовательно, и термогидродинамического напора парлифта.

Результаты исследований экспонировались на Всемирной выставке достижений молодых изобретателей (г. Пловдив, Болгария, 1985 г. – диплом) и удостоены бронзовой медали ВДНХ СССР и дипломов ВДНХ СССР.

По результатам научных исследований направления технического совершенствования систем теплоснабжения защищены докторские (Горожанкиным С. А., Лукьяновым А. В., Олексюком А. А.) и кандидатские (Флером М. З., Губарь С. А., Монах С. И., Максимовой Н. А., Кондрыкинской А. В.) диссертации сотрудниками кафедры.

Существенным признаком научной школы является то, что она одновременно реализует функции инициатора научных идей, их распространения и защиты, а также подготовки молодых ученых.

Основными характеристиками научной школы им. В. Ф. Губаря являются известность в научном обществе; высокий уровень исследований, их оригинальность; научная репутация; научные традиции; преемственность поколений. Уже ученики В. Ф. Губаря имеют своих учеников из числа сотрудников кафедры, которые продолжают исследования не только в направлениях, обозначенных руководителем научной школы, но и в новых направлениях.

Выборнов Д. В. (научный руководитель – к.т.н. Монах С. И.) защитил кандидатскую диссертацию по исследованиям использования теплоты шахтных вод в системах теплоснабжения с теплонасосными установками (Фото 3).

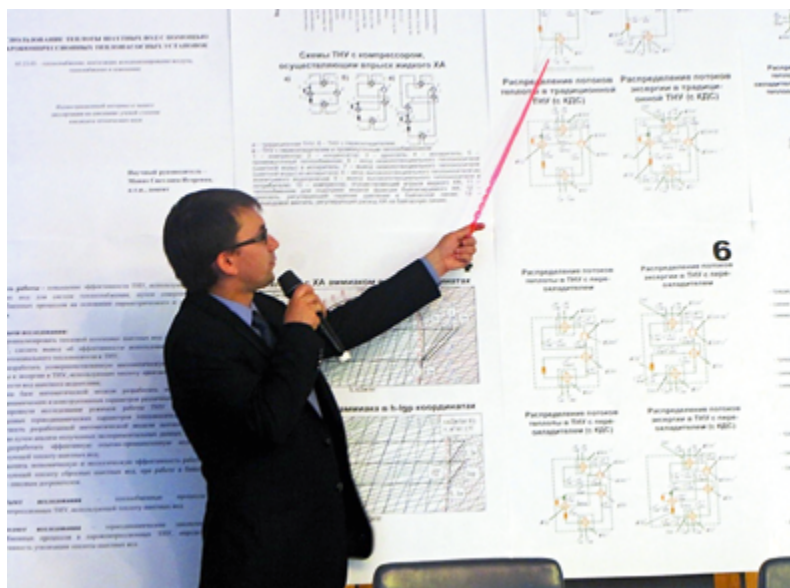


Фото 3. Защита кандидатской диссертации Выборновым Д. В. (2016 г.)

Долгов Н. В. (научный руководитель – д.т.н. Олексюк А. А.) защитил кандидатскую диссертацию по исследованиям потокораспределения теплоносителя в системах теплоснабжения. (Фото 4).



Фото 4. Защита кандидатской диссертации Долговым Н. В. (2017 г.)

Шацков А. О. (научный руководитель – к.т.н. Монах С. И.) защитил кандидатскую диссертацию по исследованиям инфракрасного источника теплоты в системе отопления. (Фото 5).



Фото 5. Защита кандидатской диссертации Шацковым А. О. (2019 г.)

Колосова Н. В. (научный руководитель – к.т.н. Монах С. И.) защитила кандидатскую диссертацию по исследованиям тепломассообменных процессов в метантенке биогазовой установки (Фото 6).



Фото 6. Защита кандидатской диссертации Колосовой Н.В. (2020 г.)

Головач Ю. А. (научный руководитель – к.т.н. Захаров В. И.) защитила кандидатскую диссертацию по исследованиям надежности газоснабжения в условиях нестабильной подачи газа (Фото 7).



Фото 7. Защита кандидатской диссертации Головач Ю.А. (2021 г.)

С 2015 года молодыми сотрудниками кафедры, последователями научной школы В. Ф. Губаря, защищены восемь кандидатских диссертаций, результаты которых были внедрены на ДП «Донецкий Промстрой-ниипроект», ГП «Донбасстеплоэнерго», КП «Макеев-теплосеть», КП «Донецктеплокоммунэнерго», ГДП по пуску и наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей «ДонОРГРЭС» (г. Горловка), ПАО «Шахтерский метизный завод», в Администрациях г. Донецк и г. Шахтерск (проект реконструкции домов в с. Кожевня Шахтерского района), Макеевском УГГ ГК «Донбасгаз» и ООО «АльянсСтрой», г. Рязань.

Сегодня на кафедре ведется активная подготовка кадров высшей квалификации научной специальности «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» по приоритетным научным направлениям, рассмотренным выше. Молодые специалисты, ассистенты кафедры, являющиеся аспирантами, готовят диссертационные работы по следующим утвержденным темам:

- Моделирование параметров воздухораспределительных устройств отопительно-вентиляционных систем производственных зданий.

- Повышение эффективности очистки в циклонах за счет использования трибоэлектрического эффекта.

- Мониторинг температурно-влажностных режимов общественных зданий в системах прерывистого отопления.

Существенным фактором в достижении цели реализации результатов исследований ученых, принадлежащих научной школе им. В. Ф. Губаря, является наличие в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры диссертационного совета по специальности «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», который функционирует с 1997 года.

Все преподаватели кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, из которых три доктора и десять кандидатов технических наук, активно ведут научные исследования в рамках приоритетных научных направлений кафедры, основоположником которых являлся доктор технических наук, профессор Валентин Федорович Губарь.

Все вышеперечисленное подтверждает, что научная школа им. В. Ф. Губаря продолжает славные традиции своего основателя и учителя.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА УЧЕБНОГО ПОМЕЩЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. Н. Белоус<sup>1</sup>, М. В. Оверченко<sup>2</sup>, Д. В. Выборнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Северо-западное управление проектами и инновационными решениями»

<sup>2</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Выполнен обзор методов моделирования температурного режима помещений. Описаны подходы к моделированию процессов теплообмена в помещениях с нестационарным режимом работы. Определены особенности создания геометрической модели помещения и способы назначения граничных условий при моделировании процессов теплообмена. Отмечены проблемные моменты, связанные с созданием модели учебного помещения ввиду непостоянного пребывания в нем людей в течение дня. Указаны особенности моделирования отдельных элементов конструкций и деталей с учетом их геометрических размеров и распределения температурных полей. Обозначены основные проблемы при создании расчетных моделей с нестационарным тепловым режимом. А также выявлены перспективы для решения сложных теплофизических задач, учитывающие совместное влияния между ограждающими конструкциями с учетом нестационарного теплоступления от бытовых источников, теплоемкостью конструкций, элементов заполнения помещения и одновременного нестационарного теплового режима наружной окружающей среды.

**Ключевые слова:** температурный режим, теплоступления, микроклимат, моделирование, энергосбережение.



**Белоус**  
Алексей Николаевич



**Оверченко**  
Мира Викторовна



**Выборнов**  
Дмитрий Владимирович

В настоящее время в мировой практике строительства особое внимание уделяется энергосбережению. Системы теплоснабжения в общественных зданиях обладают потенциалом по регулированию потребления энергетических ресурсов для обеспечения необходимых условий внутренней среды в каждом отдельном помещении, что влияет на показатели энергопотребления здания в целом. Одним из показателей, влияющих на энергопотребление, является температурный режим здания.

Температурный режим является одним из наиболее важных факторов, формирующих микроклимат помещений. Согласно [1], температура воздуха в помещениях, относящихся ко 2-й категории (помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной), в холодный период года должна находиться в диапазоне 18–23°C. При этом на формирование температурного режима помещения оказывает значительное влияние состояние наружных ограждений, наличие теплопроводных включений, площадь остекления, инфильтрация и эксфильтрация.

Несоблюдение требований по обеспечению необходимых параметров микроклимата в помещении, особенно в холодный период года, оказывает негативное влияние на организм человека, поэтому необходимо достичь эффективной работы системы отопления в здании с учетом количества людей и времени их пребывания в помещении.

Основы моделирования процессов теплообмена были заложены еще в середине XX века [2,3] до появления быстродействующих ЭВМ. За это время многостороннее развитие получили различные методы расчетов [4], однако многие из них ограничены случаями срав-

нительно простых по геометрии расчетных областей. Проблемы сложной геометрии при моделировании течений были определенным образом решены в методе конечных объемов, согласно которому расчетная область разбивается на небольшие соприкасающиеся объемы, внутри каждого из которых находится только одна точка привязки искомого решения. Данный метод, как наиболее технологичный способ дискретизации задач теплообмена и гидрогазодинамики [4], лег в основу различных программных комплексов, среди которых находится система SOLIDWORKS.

Проблемам поддержания параметров микроклимата помещений и моделированию процессов теплообмена посвящено большое количество работ, среди которых и труды зарубежных ученых [5-9]. Исследование теплопоступлений в зданиях, а также необходимость поддержания правильно заданного температурного режима в служебных помещениях описаны в [8]. Автором подтверждено влияние прироста технологического и бытового тепла на выбор тепловой защиты и энергопотребление систем поддержания внутреннего микроклимата помещений. В работе [9] представлена математическая модель теплопередачи в помещении, включающая теплопередачу между помещением и окружающей средой, воздухообмен в пределах естественной вентиляции и инфильтрации, теплопоступления от людей и солнечную энергию.

В работе [10] произведен обзор методов расчета параметров микроклимата, рассмотрена математическая модель процессов теплообмена для помещения с долговременным пребыванием людей. Авторами выполнена проверка математической модели сравнением результатов расчета параметров внутренней среды в программном комплексе ANSYS Fluent с экспериментальными данными. Отличие расчетных и экспериментальных данных составило не более 9,5 %.

Численное моделирование влияния теплопоступлений от системы отопления на уровень комфорта человека в помещении выполнено в работе [11]. Моделирование производилось с использованием комплекса CAD/CFD программного обеспечения SOLIDWORKS Flow simulation. Установлено, что в рассматриваемом помещении приточная вентиляция организована недостаточно энергоэффективно, требуется корректировка режимов работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта расчетно-аналитических исследований были выбраны помещения образовательных организаций. В таких зданиях, ввиду их режима эксплуатации, теплопоступления не постоянны во времени, а носят циклический характер. Между тем, создание комфортных условий в помещениях таких зданий является важной инженерной задачей, так как от этого напрямую зависит комфорт и здоровье учащихся. Для аналитических исследований и расчетов температурного режима и теплового баланса таких зданий в целом целесообразно использовать программные комплексы, позволяющие создать 3D-модель помещения, с учетом не только конструктивных элементов, но и оборудования, и людей, находящихся в помещении,

и систем естественной или механической вентиляции. Для выполнения такого вида исследований необходимо учесть следующие параметры: точность прорисовки геометрии и граничные условия, которые определяют режим работы конструкции, их теплотехнические свойства, способы передачи энергии.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОМЕЩЕНИЯ

Для получения высокой точности и сходимости результатов натурных и теоретических исследований, элементы геометрической модели помещения необходимо задавать максимально приближенно к реальному объекту исследования. При выборе геометрических параметров линейных и угловых размеров необходимо оценивать влияние расчетного значения на суммарную величину. Рассмотрим некоторые особенности моделирования отдельных частей и элементов на примере учебного помещения здания образовательной организации в программном комплексе SOLIDWORKS, представленного на (рис. 1).

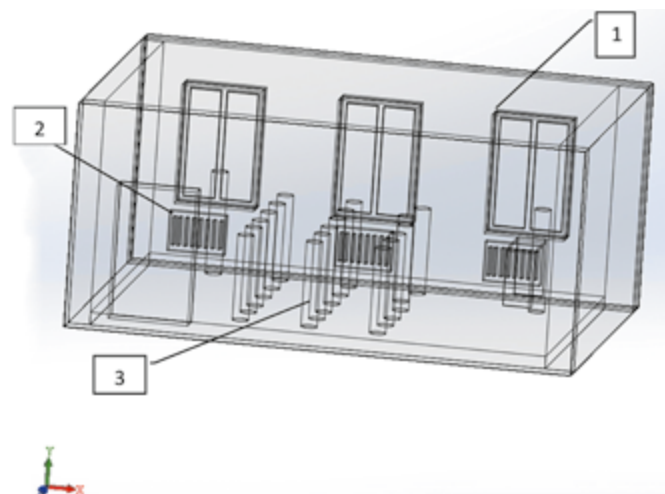


Рис. 1. Геометрическая модель исследуемого учебного помещения: 1 – оконный откос, 2 – модель радиатора, 3 – модель человека

На примере моделирования температурного поля узла сопряжения оконного проема (рис.1, поз.1) возможно оценить влияние выступающей части наружного откоса на температурное поле стены при расчете теплового баланса помещения. Опираясь на данные [12], на примере выступающей части из цементно-песчаного откоса размерами 40 x 40 мм, установлено, что такой элемент не оказывает влияния на изменение температурного поля конструкции стены, а в то же время элемент таких же размеров, но выполненный из базальтовой ваты, учитывать необходимо, так как он повлечет за собой изменение температурного поля в околооконной зоне. Таким образом, учет компонентов из различных по своим теплотехническим свойствам материалов, даже при их незначительных размерах, является обязательным.

При создании модели тепловых потоков радиатора (рис. 1, поз. 2), помимо моделирования секций, возникает вопрос о необходимости выделения в исследуемой модели элементов запорной арматуры.

Учитывая, что общая модель помещения имеет размеры в сотни раз превышающие размеры элементов запорной арматуры радиатора, размеры ячейки стандартной сетки не смогут учесть такие элементы, поэтому необходимо вручную производить локальное сгущение сетки, что негативно отразится на скорости расчета и точности. Следовательно, для упрощения расчетной модели такими элементами можно пренебречь.

Способ представления тела человека является неоднозначным. Сложная геометрическая форма телакратно увеличивает время расчета, а при количестве человек в учебном помещении, равном 25, время расчета при прорисовке сложной геометрии (рис. 1, поз. 3; рис. 2) приводит к продолжительности расчета более 20 часов. Согласно работе [13], для расчетов рекомендуется заменить модель человека эквивалентным по площади цилиндром. Для взрослого человека размеры цилиндра принимают равными 1,8 м по высоте и 0,28 м в диаметре. Отдельным вопросом стоит материал представления тела человека. Если абстрагироваться от деталей и подробностей, таких как наличие одежды, дыхание, испарение пота и других процессов, происходящих в организме, можно принять, что человек состоит из материала со свойствами воды. По результатам исследований [14] при моделировании теплообменных процессов человека в помещении с интенсивностью трудовой деятельности, относящейся к легкой категории тяжести работ, он может быть представлен геометрическим телом с выделением тепла мощностью 110 Вт – взрослый человек, 70 Вт – ребенок.

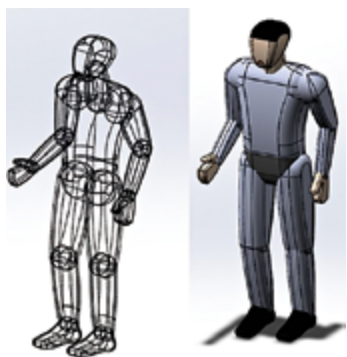


Рис. 2. Пример сложной геометрии тела человека при моделировании в SOLIDWORKS

### ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Определение параметров микроклимата в помещении является внутренней задачей, так как необходимо исследовать потоки тепла сквозь элементы модели. При этом выполнение подобного типа расчетов возможно лишь при назначении тепловых характеристик конструкций с учетом теплопроводности в твердых телах. Теплопроводность материалов задается посредством присвоения материала каждому элементу модели вручную либо из имеющейся базы данных программы. Тепло генерируется несколькими электронными компонентами, так как мы хотим пронаблюдать, как тепло распределяется по радиатору и другим твердым телам, а затем переходит в текучую среду. Необ-

ходимым условием является исключение полостей из условий течения, что позволит игнорировать области, несущественные для анализа, а следовательно, позволит программе не тратить память и ресурсы процессора для их обработки.

Для анализа естественной конвекции газов задается гравитация, что позволяет автоматически моделировать движение нагретых воздушных масс вверх и циркуляцию воздуха в помещении при заданной силе тяжести в вертикальном направлении.

Текучей средой в исследуемом объеме выступает его заполнение, и в качестве текучей среды могут выступать не только жидкости, но и различные газы. В случае исследования процессов теплообмена в помещении текучей средой является воздух (рис. 3). Для анализа можно выбрать до десяти типов жидкостей или газов. Flow Simulation может просчитывать проект с любым типом потока: только турбулентный, только ламинарный, ламинарный и турбулентный.

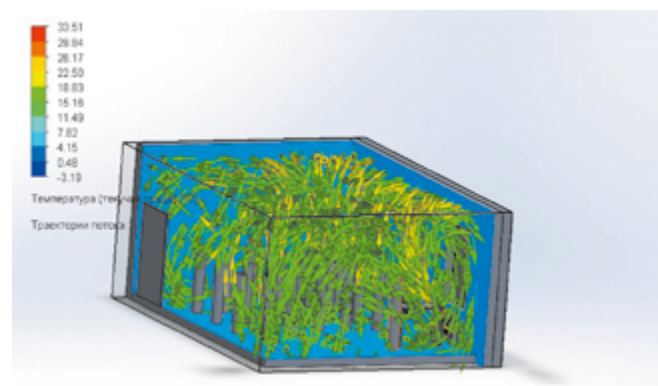


Рис. 3. Траектории воздушного потока в исследуемом помещении

В программных комплексах под термином «граничные условия» подразумевается задание параметров на границе распределения сред в исследуемой модели. Задание граничных условий выполняется при создании проекта в дополнении SOLIDWORKS Flow Simulation. Граничные условия задаются в местах, где поток входит в систему или покидает её. При выборе следующих граничных условий задаются следующие параметры: «Внешняя стенка» – позволяет учесть температуру и коэффициент теплоотдачи наружной части ограждения, «Реальная стенка» – температуру, коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, а также ее шероховатость, «Идеальная стенка» – при моделировании адиабатического процесса между помещениями.

Снаружи помещения задается коэффициент теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_n$ , [Вт/м<sup>2</sup>·К], а для внутренних поверхностей помещения необходимо задать коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности –  $\alpha_v$ , [Вт/м<sup>2</sup>·К], которые определяются как сумма коэффициентов передачи тепла излучением  $\alpha_l$  и конвекцией  $\alpha_k$ . Передача тепла излучением к внутренней поверхности ограждения происходит от таких поверхностей внутренних конструкций, температура которых выше температуры внутренней поверхности наружной стены. С наружной поверхности ограждения тепло излучением передается в окружающую среду. Передача тепла конвекцией различна для внутренней и наруж-



ной поверхностей. У внутренней поверхности — это естественная конвекция, у наружной — вынужденная, вызванная действием ветра. У внутренней поверхности наружной стены задается толщина динамического пограничного слоя  $\delta$ , образующегося при движении струи воздуха вертикально вдоль холодного ограждения, температура которого ниже температуры окружающего воздуха.

Объемные источники тепла — в данной задаче это радиаторы и люди, находящиеся в помещении, позволяют устанавливать интенсивность теплообразования (в Ваттах) или объемную интенсивность теплообразования (в Ваттах на единицу объема), или постоянную температуру в качестве граничного условия для выбранного объема. Так же можно установить поверхностные источники тепла, для которых устанавливается интенсивность теплообразования (в Ваттах) или тепловой поток (в Ваттах на единицу поверхности). Цикличность теплоступлений от людей в помещении описывается таблично заданной функцией  $F(\text{время})$ , что позволяет учитывать теплоступления от таких источников в строго определенные промежутки времени, соответствующие реальному времени пребывания учащихся в учебном помещении (рис. 4).

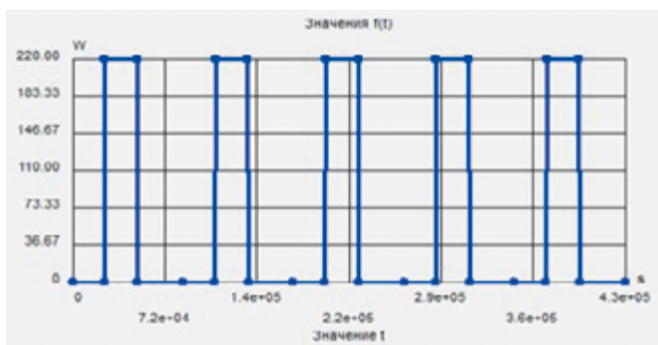


Рис. 4. Таблично заданная функция  $F$  (время)

Глобальная сетка отображается для контрольных областей. Настройки сетки можно выполнять вручную и автоматически. Размеры сетки необходимо задавать таким образом, чтобы при разбивке на конечные объемные элементы была произведена разбивка всех слоев и отдельных элементов конструкций. В программных комплексах возможно задавать ячейки разных размеров для различных элементов, что существенно облегчит решение задач. В некоторых случаях необходимо использовать сгущение сетки на отдельных участках при большой разнице в габаритных размерах исследуемых элементов или сложных геометрических сопряжениях. Более крупная сетка дает большую погрешность по результатам расчета, а выбор более мелкой ячейки в разы увеличивает время расчета.

В процессе расчета проекта, который производится способом последовательных итераций, возможно выводить на экран графики сходимости для контроля результатов расчета, приостанавливать или завершать расчет, смотреть текущие результаты.

После окончания расчета был выполнен анализ полученных результатов при помощи различного доступного инструментария в дополнении Flow Simulation для данного типа задач, а также получены графики распределения температур по времени в

любой точке помещения и на поверхности объекта. На рис. 5а представлены температура текучей среды в помещении, полученная в ходе моделирования, и распределение температурных полей на наружной поверхности стен (рис. 5б).

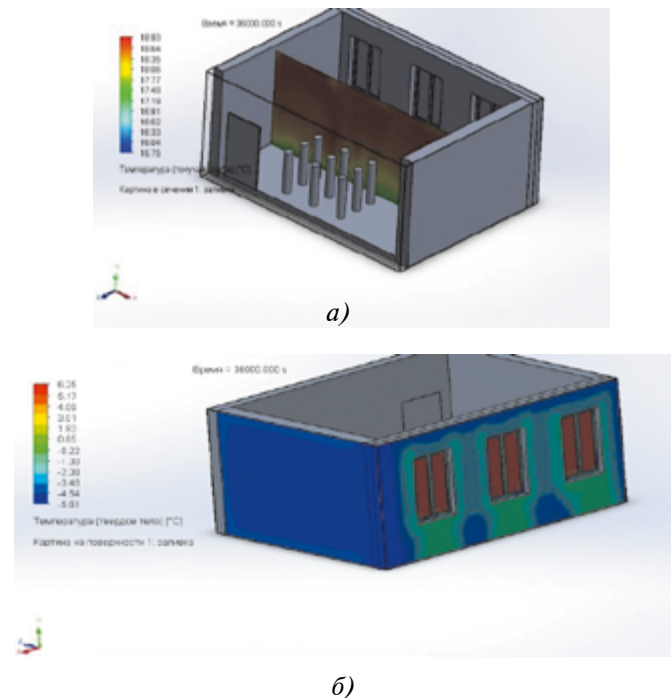


Рис. 5. Результаты моделирования температурного режима учебного помещения:

- а) температура текучей среды в помещении,
- б) температурные поля на наружной поверхности стен

Однако, в данном программном комплексе отсутствует возможность решения задач о точной и эффективной оценке взаимного влияния между ограждающими конструкциями с учетом нестационарного теплоступления от бытовых источников, теплоемкостью конструкций, элементов заполнения помещения и одновременного нестационарного теплового режима наружной окружающей среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в рамках рассмотренных традиционных подходов к моделированию теплового режима помещений получены важные результаты, облегчающие проведение расчетов и проектирования системы отопления и вентиляции с учетом теплофизических процессов, протекающих в ограждающих конструкциях. В то же время, очевидно, что на сегодняшний день существуют проблемы, которые остаются нерешенными и требуют дополнительных исследований.

Несмотря на то, что численные методы, предусматривающие использование метода конечных разностей или метода конечных объемов, достаточно точно учитывают все основные физические процессы, они малоприменимы для практических расчетов. Большинство работ по численному моделированию работы систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования выполнено с использованием коммерческого программного обеспечения, такого как

SOLIDWORKS, Ansys, Transys, Cosmos/m и т. д. Однако очень трудно добиться широкого применения коммерческого программного обеспечения при разработке конкретных проектов или регулировании работы уже смонтированных инженерных систем. Для проектировщиков и инженеров также затруднительно использовать вычислительное программное обеспечение, требующее высокой квалификации в области сложных процессов тепломассопереноса и конвективного теплообмена. Поэтому большинство исследователей в результате численного или натурного моделирования стремятся получить обобщенные аналитические зависимости, пригодные к использованию в рекомендациях по проектированию. Такие результаты получены, но их применение ограничено теми географическими и климатическими условиями, в которых проводились численные, натурные или лабораторные эксперименты. В частности, для районов Донбасса не разработаны достаточно полные методики проектирования систем отопления, учитывающие нестационарные теплопоступления, и нет соответствующего инженерного программного обеспечения. Отсутствуют отечественные исследования по совместной работе системы отопления, вентиляции и нестационарных бытовых теплопоступлений.

Все рассмотренные подходы к моделированию теплового режима помещения моделируют короткие временные интервалы, при этом учитывают стационарный тепловой режим вне помещения и нестационарный режим внутри помещения, или наоборот. Полноценный годовой режим работы помещения с учетом нестационарного режима как внутри, так и с наружи помещения, а также изменение во времени теплофизических параметров ограждающих конструкций не представляется возможным смоделировать на обычных персональных компьютерах в связи с ограниченностью их ресурсов. Таким образом, необходимо проведение дальнейших исследований по моделированию процессов тепломассообмена в учебных помещениях при их многолетней эксплуатации.

### Список литературы

- ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях = Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст: взамен ГОСТ 30494-96: дата введения 01.01.2013 г. / разработан ОАО «СантехНИИпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий». — Москва : Стандартинформ, 2013. 15 с. — Текст: непосредственный.
- Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин, издание 4-е перераб. и доп. — Москва : Стройиздат, 1973. — 287 с.
- Богословский, В. Н. Отопление и вентиляция / В. Н. Богословский, В. П. Щеглов. — Москва : Издательство литературы по строительству, 1970. — 303 с.
- Смирнов, Е. М. Метод конечных элементов в приложении к задачам гидродинамики и теплообмена в областях сложной геометрии / Е. М. Смирнов, Д. К. Зайцев. — Текст: электронный // Научно-технические ведомости. — 2004. — № 2.
- Hyoin, Kim. Characterizing Variations in the Indoor Temperature and Humidity of Guest Rooms with an Occupancy-Based Climate Control Technology / Hyoin Kim, Emily Oldham. — Текст: электронный // Energies 2020, 13, 1575.
- Gauvrit, Jordan. Uncertainty Propagation of Internal Heat Gains for Building Thermal Behaviour Assessment: Influence of Spatial Distribution / Jordan Gauvrit, Antoine Caucheteux, Stéphane Lecoecueche. — Текст: электронный // Proceedings of the 16th IBPSA Conference Rome, Italy, Sept. 2-4, 2019. 4706-4713 pp.
- Orlik-Kozdon, Bozena. Microclimate Conditions in Rooms: Their Impact on Mold Development in Buildings / Bozena Orlik-Kozdon. — Текст: электронный // Energies 2020, 13, 4492; doi:10.3390/en13174492
- Frolova, A. Determination of the amount of internal heat input in the office space / A. Frolova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 7, Tashkent, 11–14 ноября 2020 года. — Tashkent, 2021. — P. 012061. — DOI 10.1088/1757-899X/1030/1/012061.
- Krawczyk, D. A. Experimental verification of the CO2 and temperature model / Krawczyk D. A., Sukowski M. — Текст: электронный // International Journal of Ventilation, 19 (2), (2020) pp. 127-140.
- Бухмиров, В. В. Математическое моделирование микроклимата в помещении общественного здания / В. В. Бухмиров, М. В. Пророкова // Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности : сборник докладов II Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Заслуженного деятеля науки и техники РФ Юрия Гавриловича Ярошенко, Екатеринбург, 18–21 сентября 2017 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий, Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии». — Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2018. — С. 33-37. — EDN YVHIKC.
- Dzelzitis, E. Analysis of influence of nonstationary power of heating radiator on human comfort level / E. Dzelzitis, S. Sidenko // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20–22 мая 2020 года. — Jelgava, 2020. — P. 952-961. — DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF228. — EDN XLMUMF.
- Белоус, А. Н. Конструктивные принципы обеспечения энергоэффективности светопрозрачных ограждающих конструкций / А. Н. Белоус, Е. С. Колесник // Современное промышленное и гражданское строительство. — 2011. — Т. 7. — № 4. — С. 243-250. — EDN NEOSJW.
- Богословский, В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский, г. Москва: Стройиздат, 1979. — 248 с., ил.
- Белоус, А. Н. Сравнительный анализ методик определения теплопоступлений от учащихся в зданиях образовательных организаций / А. Н. Белоус, М. В. Оверченко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2022. — Т. 24. — № 4. — С. 153-164. — DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-4-153-164. — EDN GCRIBJ.

# С ДНЁМ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИЯ! С ДНЕМ РОЖДЕНИЯ БИБЛИОТЕКА!

Л.И. Сапрыкина, библиотекарь 1катег.; Т.Н. Шинкарева библиотекарь 1катег.

**Аннотация.** Представлена история развития библиотеки. Ее место и роль в образовательной деятельности, культурной жизни академии.

**Ключевые слова:** Библиотека, издания, библиотечный фонд, информационные ресурсы, пользователи.

*Дайте мне библиотеку,  
и я вокруг нее создам университет*  
**Б. Уиллер**



*Сапрыкина  
Лариса Ивановна*



*Шинкарева  
Татьяна Николаевна*

Научно-техническая библиотека академии обладает крупнейшим в нашем регионе фондом литературы по строительству, архитектуре и смежным областям знаний. Особую гордость составляют труды ученых нашей академии. На протяжении своей истории библиотека вносит большой вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов в областях строительства, архитектуры, городского хозяйства, экономики строительства и т.д. И сегодня библиотека стала многопрофильным пространством для получения знаний и самореализации.



*Нижний ряд 3-я слева Иваницкая Н.П., рядом Воронина Р.И.*

История библиотеки, конечно, неразрывно связана с историей нашей академии. Библиотека Макеевского инженерно-строительного института (МИСИ) была организована как передвижная библиотека Донецкого политехнического института (ДПИ), и ведет свое летоисчисление с 1957 года. Все начиналось довольно скромно. Тогда еще не было ни ее нынешнего солидного названия, ни, конечно, современного размаха деятельности. Книжный фонд составлял около 27 тыс. экз. книг по строительству, металлургии и горному делу. Размещался в одной комнате общежития профтехучилища, а руководила работой библиотеки Надежда Петровна Иваницкая. Люди, которые стояли у истоков зарождения библиотеки и внесли свой вклад в ее развитие, безусловно, самая большая ценность в истории библиотеки. В 1965 году после создания Макеевского общетехнического факультета как филиала ДПИ, библиотека также получает статус филиала. А в 1972 году, в год открытия в городе Макеевке инженерно-строительного института, библиотека была отделена от научно-технической библиотеки ДПИ и получила право самостоятельного планирования своей работы и комплектования фонда. Эстафету руководства библиотекой принимает Раиса Ивановна Воронина, которая работала в должности заведующей библиотекой с 1966 до 1995 год.





Библиотека всегда сопровождала развитие института и всегда являлась его важной составляющей. Каждый период времени накладывал свой отпечаток на состояние библиотечных фондов, содержание работы, интересы пользователей. Вместе с укреплением института росла и библиотека. В 1972 году, к моменту образования МИСИ, книжный фонд библиотеки составлял 114 тыс. экз. Увеличение книжного фонда, количества пользователей библиотеки влечет за собой расширение помещения, создание дополнительных мест для самостоятельной работы: библиотека уже имеет 4 комнаты под книгохранилище и большой читальный зал. Растет и штат библиотеки. Если в 1966 году числилось два человека, то к 1972 году в библиотеке работало 13 квалифицированных сотрудников. Введение в МИСИ новых специальностей меняло профиль комплектования библиотеки. Необходимо было пересмотреть имеющийся фонд. Издания по горному делу и металлургии уже не соответствовали новому профилю института. Книги этого содержания были отобраны и переданы в фонды профильных библиотек, это: ДПИ, Макеевский горный техникум, шахтные библиотеки. Параллельно с этой работой подбиралась литература по строительным специальностям. Большую помощь в решении этого вопроса нам оказали преподаватели вуза. Они вместе с работниками библиотеки выезжали в г. Донецк, внимательно просматривали и отбирали литературу по строительству и архитектуре из соответствующих разделов фонда библиотеки ДПИ. Таким образом формировался базовый фонд библиотеки. Из года в год увеличивались ассигнования на приобретение новой литературы. Читальный зал и абонементы работали с 10.00 до 20.00 часов, что позволяло частично компенсировать недостаток учебников и обеспечить, таким образом, их доступность для студентов.

80-е годы связаны с совершенствованием учебного процесса, появлением новых факультетов и кафедр, увеличением объема и интенсивным ростом научно-исследовательских работ. В эти годы библиотека развивается наиболее активно. Это было время позитивных изменений. Фонд пополняется литературой по новым отраслям науки и техники. К концу 80-х годов библиотека сформировала хороший фонд, от первоначального он вырос более чем в 2,6 раза и составил 301 тыс. экз.; обеспеченность учебного процесса получила более прочную основу.

Каждый период в истории библиотеки был интересен и значителен своими событиями, но годы

успешного развития неоднократно сменяли сложные периоды. В 90-е годы в стране происходили серьезные изменения: огромный единый союз республик распался на отдельные самостоятельные государства, нарушены экономические связи, ушло централизованное снабжение. В этих условиях наша библиотека стала испытывать трудности в пополнении книжного фонда новыми профильными изданиями. Остро стал вопрос о комплектовании книжного фонда. Решено было самостоятельно установить связь с издательствами. С этой целью заведующая отделом комплектования библиотеки Сапрыкина Л. И. неоднократно выезжала в Москву, обращалась в издательства, получая возможность напрямую приобретать новые интересные книги и таким образом наши преподаватели и студенты были обеспечены необходимой профильной литературой, а фонд библиотеки пополнялся новыми изданиями.

В 1996 году библиотека и патентный отдел были реорганизованы в Научно-технический информационный центр (НТИЦ). Целью образования НТИЦ стало обеспечение единой информационной политики на базе всех подразделений, связанных с информационным обслуживанием пользователей академии и специалистов региона. Начальником информационного центра назначают кандидата технических наук Игоря Викторовича Роменского, заведующей библиотекой назначена Лариса Ивановна Сапрыкина. Время ее заведования (а это 1996 – 2014 гг.) совпало с важным этапом развития библиотеки – превращением ее в многофункциональное современное подразделение вуза, с возросшими проблемами по формированию и использованию книжного фонда, с освоением нового информационного пространства. В эти годы библиотека делала первые шаги в автоматизации, появились первые компьютеры, начал создаваться электронный каталог.

С образованием центра появились новые формы обеспечения учебного процесса и научных исследований. Создана база электронных учебно-методических изданий. В 1997 году в библиотеке были установлены первые 3 компьютера со специальным программным обеспечением. Библиотека имеет свой сервер и компьютерную сеть, включающую 13 рабочих мест. Через глобальную сеть Internet библиотека академии предоставляет доступ к информационным ресурсам академии.

Новый век – новые приоритеты. Начиная с 2001 года, главной задачей библиотеки становится внедрение новых прогрессивных форм и методов работы. К 2001 году библиотечный фонд составлял 419 тыс. печатных единиц, расширился его видовой состав. Изменились источники комплектования литературой, была налажена связь с книготоргующими организациями по всей территории Украины, благодаря чему фонд библиотеки пополнялся всеми видами литературы по всем отраслям знаний с учетом профиля вуза. За относительно короткое время, к началу 2000 года, библиотека пополнилась современной экономико-управленческой учебной и научной литературой по основам бизнеса и рыночной экономики, по маркетингу и проблемам менеджмента. В 2003 году в отделе информационных технологий начал функциониро-

вать компьютерный класс на 12 посадочных мест. Академия обеспечила компьютерный класс пакетом лицензионного программного обеспечения.



В 2004 году библиотека внедряет в свою работу Систему автоматизации библиотек «UNILIB – Университетская библиотека». Система представляет собой совокупность взаимозависимых программных комплексов, которые позволяют реализовать основные технологические процессы обслуживания читателей и обработки литературы.

В 2008 году был выполнен капитальный ремонт читального зала, в котором теперь функционировал также общедоступный терминальный класс. Удобное размещение рабочих мест, новые современные компьютеры, новая мебель – все было продумано для самостоятельной и плодотворной работы студентов. В компьютерном классе пользователи получили возможность работать в локальной сети академии. А также был предоставлен доступ к электронным базам данных в рамках международного проекта «Электронная научная информация для библиотек и научных организаций», к информационно-справочной системе нормативных документов в области строительства «Зодчий», к международной библиографической базе данных в области строительства и городского планирования ICONDA, к полнотекстовым конспектам лекций. Пользователь имеет возможность копировать электронные конспекты лекций, методические указания, делать бумажные копии документов, а также осуществлять набор текста. Ежеквартально выпускается печатный и электронный вариант «Бюллетень новых поступлений», где можно ознакомиться с новостями в библиотеке академии.

С октября 2014 года библиотеку возглавила Светлана Александровна Джигирей, имеющая за плечами более 30 лет опыта работы в библиотеке. Обстановка в стране сложилась непростая, работать пришлось в условиях военного времени. Светлана Александровна с ответственностью взялась за эту трудную и хлопотную работу. Библиотекой был осуществлен частичный переход на удаленное обслуживание пользователей, что вызвало ряд изменений в направлениях работы – сокращение традиционных видов, расширение дистанционного взаимодействия.



С февраля 2019 года в соответствии с лицензионным договором, заключенным ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» с ООО «Компания «Ай Пи Ар Медиа», всем пользователям академии – студентам, преподавателям и сотрудникам предоставлен доступ к базовой «Премиум» версии электронно-библиотечной системы IPR books.

В рамках данного проекта в платформу ЭБС IPR BOOKS уже включены 116 учебных издания преподавателей Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. За 2021 год в фонд сетевых электронных ресурсов ЭБС IPR BOOKS передано 83 электронных издания профессорско-преподавательского состава ДонНАСА. Книговыдача составила 4 938 экз. В 2021 году ГОУ ВПО «ДОННАСА» стала участником масштабной сетевой инициативы по трансферу университетских и научных знаний – IPR TRANSFER. В целях создания центра взаимодействия с компанией IPR MEDIA и для реализации задач в рамках Инициативы за библиотекой НТИЦ закреплён статус Центра трансфера университетских знаний.

На протяжении всей своей истории библиотека всегда пользовалась большой популярностью у читателей. Она формировалась и развивалась не просто как обширное книгохранилище, но и как культурный центр, в своей деятельности несла идеи образования и просвещения. Выставки новых поступлений, тематические выставки, посвященные знаменательным датам и юбилеям выдающихся учёных, читательские конференции стали традиционными в стенах библиотеки. Сегодня среди направлений деятельности библиотеки ДонНАСА большую значимость приобретает работа по воспитанию гражданственности, патриотизма и духовности студенчества на славных традициях и примерах. Бережное отношение к гражданским и духовным ценностям, лучшим традициям отечественной культуры и искусства является признаком зрелости, величия нации и важным условием для поступательного движения. Увязать героический опыт прошлого с сегодняшней действительностью, способствовать зарождению и развитию новых традиций – важная часть деятельности библиотеки.





*Библиотека Научно-технического информационного центра, 2021 г.  
Нижний ряд, слева направо: И. В. Туковская, библ. I кат.; Л. С. Березина, вед. библ.;  
С. А. Джигирей, зав. отд.; И. В. Роменский, нач. НТИЦ; Л. И. Сапрыкина, библ. I кат.;  
Г. В. Осипова, зав. отд.; верхний ряд: Е. А. Солодкова, спец. I кат.; Н. М. Филатова, вед. библ.;  
Е. А. Медведева, вед. библ.; Н. Н. Клюшник, библ. I кат.; Т. В. Грицай, библ. I кат.;  
Е. И. Сигуа, спец.; Г. Н. Потехина, зав. отд.; Т. Н. Шинкарева, библ. I кат.*

Свою миссию библиотека видит, прежде всего, в поддержке обучения и исследований, проводимых в академии, в создании необходимых условий для свободного доступа к информации, знаниям, общим достояниям культуры и предоставлении качественных библиотечных услуг и сервиса, удовлетворяющих образовательные и научные потребности пользователей.

Библиотечная семья... Вряд ли какие-то другие слова как нельзя более подойдут для характеристики родной библиотеки и коллектива, который работал в

ней на протяжении этих долгих лет... Сейчас в библиотеке работают 12 штатных сотрудников — это высококвалифицированный и преданный своему делу коллектив.

Вместе с укреплением института росла и библиотека. За это время произошло много перемен, изменялось «лицо» библиотеки: статус, название, помещение. Но библиотека делала главное — общала людей к знаниям, учила их мыслить, читать, становилась центром общения и информации.



## **УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

**Планируемый к изданию 21-й номер научно-практического журнала «Строитель Донбасса» будет включать статьи и сообщения, в которых излагаются результаты исследований и разработок по направлениям:**

### **СТРОИТЕЛЬСТВО**

- теория расчета строительных конструкций;
- работа материала в составе конструкции, работа материала в условиях хрупкого разрушения, при циклических воздействиях и т.п.;
- проблемы формообразования и оптимальное проектирование зданий и сооружений;
- нагрузки и воздействия на конструкции, здания и сооружения;
- экспериментальные исследования строительных конструкций;
- изготовление строительных конструкций;
- теоретические основы надёжности конструкций зданий и сооружений;
- обеспечение и прогнозирование эксплуатационной надёжности уникальных сооружений;
- техническая диагностика и мониторинг конструкций зданий и сооружений;
- теория формирования и совершенствования строительных технологий;
- анализ технологических процессов при возведении, реконструкции, усилении, восстановлении строительных объектов;
- системы комплексных строительных технологий при возведении зданий, сооружений и инженерных сетей;
- организация и управление строительным производством при возведении, реконструкции, усилении, восстановлении строительных объектов;
- технология и организация эксплуатации зданий и сооружений промышленных предприятий и инженерных сетей;
- технология и организация ведения работ при демонтаже (разборке) зданий и сооружений;
- анализ эффективности применения основных строительных машин и механизмов при осуществлении строительно-монтажных, реконструктивных и демонтажных работ;
- строительные материалы.

### **ИНЖЕНЕРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

- интенсификация процессов биологической очистки городских сточных вод;
- современные экологически безопасные технологии обработки осадка, инновационные подходы к разделению иловых смесей в биологических реакторах;
- повышение эффективности работы систем подачи и распределения воды;
- оптимизация режима работы теплогенерирующего оборудования систем теплоснабжения;
- использование низкопотенциальной теплоты в системах тепло- и холодоснабжения;
- энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования;
- обеспечение безопасности строительных объектов при возникновении ЧС техногенного характера;
- изучение методов предотвращения обрушения строительных объектов при катастрофах;
- повышение надёжности систем городского хозяйства;
- развитие транспортных систем населённых пунктов;
- комплексная реконструкция территорий промышленных предприятий региона
- электротехника и автоматизация в строительстве.

## **АРХИТЕКТУРА**

- исследование проблем архитектуры, ее стилеобразования, эстетики и художественной выразительности;
- процессы формирования современной градостроительной среды объектов городской застройки;
- особенности развития садово-парковой и ландшафтной архитектуры в современных социально-экономических условиях;
- разработка основных положений и приоритетных подходов к сохранению и развитию архитектурно-исторической среды в рамках концепции устойчивого развития городских территорий;
- определение фундаментальных основ и приоритетных подходов развития и совершенствования жилищной архитектуры в условиях нового строительства и реконструкции;
- особенности формирования архитектурной среды жизнедеятельности и реабилитации маломобильных групп населения в городах промышленного типа;
- исследование региональных особенностей архитектуры зданий и сооружений и их комплексов, в том числе объектов историко-архитектурного культурного наследия;
- определение научных и практических направлений развития архитектурно-градостроительной реконструкции зданий и сооружений, городских территорий гражданского и промышленного назначения;
- прогнозные исследования в области архитектурной модернизации промышленных зданий и сооружений;
- теоретические и экспериментальные основы градостроительного использования нарушенных территорий в промышленных городах.

## **ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И НЕДВИЖИМОСТИ**

- актуальные вопросы экономики строительства и жилищно-коммунального хозяйства;
- теоретические и прикладные аспекты управления проектами;
- новое в экспертизе и управлении недвижимостью;
- инвестиционные проблемы развития промышленного и гражданского строительства;
- цифровая экономика в строительстве: перспективы развития;
- кадровое обеспечение строительства и жилищно-коммунального хозяйства;
- отраслевые приоритеты научных исследований в области экономики и управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством.

## **ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

- автотранспортное обеспечение строительного комплекса;
- совершенствование конструкции, рабочего процесса и технологии ремонта современных автотранспортных средств;
- эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
- подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование;
- повышение комплексной безопасности технологического процесса при использовании наземных транспортно-технологических машин;
- физико-химическое материаловедение транспортно-технологических машин и оборудования;

**Материалы просим направлять до 20 ноября 2022 г. по адресу:  
86123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, дом. 2,  
ГОУ ВПО «ДОННАСА». Электронная почта: [strdon@donnasa.ru](mailto:strdon@donnasa.ru)  
При подаче материалов придерживайтесь «Требований для авторов»  
с целью обеспечения наиболее быстрой публикации ваших статей.  
С уважением, редакционная коллегия**









ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»



ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 43-70-33



[mailbox@donnasa.org](mailto:mailbox@donnasa.org)