

ISSN 2617-1848



# СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (24) октябрь 2023



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования  
и науки ДНР



## **Представитель Фонда «Центр гражданских и социальных инициатив Югры» провёл образовательный интенсив для студентов и преподавателей ДонНАСА**



Владислав Александрович Соколов, представитель Фонда «Центр гражданских и социальных инициатив Югры», провёл образовательный интенсив по социальному проектированию для преподавателей и студентов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.

В рамках интенсива студенты и преподаватели — представители офисов социального проектирования факультетов ФГБОУ ВО «ДОННАСА» — познакомились с основами социального проектирования, методами его реализации и оценки эффективности на примере уже существующих проектов.

Двухдневный интенсив включал в себя ознакомительную лекцию и индивидуальные консультации с командами офисов социального проектирования, подающих свои проекты для участия в конкурсе «Грант Губернатора Югры для физических лиц 2023».

Представитель офиса социального проектирования факультета Экономики, управ-

ления и информационных систем в строительстве и недвижимости, ассистент кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью Яна Ткаченко высоко оценила важность и полезность интенсива:

— Лекция была познавательной, с массой практических примеров и разбором идей наших проектов. Каждый присутствующий смог задать интересующие его вопросы и получить на них исчерпывающие ответы, — отметила участница.

Следует отметить, что проектная деятельность является важным составным элементом современного образования и профессиональной деятельности, а социальное проектирование становится все более актуальным в современном обществе. Оно предоставляет уникальную возможность применить знания и умения для решения злободневных проблем и улучшения жизни общества.



**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**

ФГБОУ ВО «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**

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

Печатается по решению Ученого Совета  
ФГБОУ ВО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ  
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»  
Протокол № 2 от 25.09.2023.

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 23.10.2023. Формат 60 x 90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бум. мелов. Усл. печ. л. 9,21. Тираж 300 экз. Заказ № 12.

Отпечатано ИП Дмитриев С.Г. Регистрация в РФ 17.02.2023 г.  
286156, г. Макеевка, м-н Зеленый, 76/66.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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



## СО Д Е Р Ж А Н И Е

**ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
СОВРЕМЕННОЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ  
СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ***И.М. Лобов, А.Э. Ступина*

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ  
АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
КОМПЛЕКСОВ НА НЕДЕЙСТВУЮЩИХ  
УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ДОНЕЦКОЙ  
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ.....6

*Е.И. Баркалова*

АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРНО-  
ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
(ЦЕНТРОВ) В ГОРОДАХ ДОНБАССА..... 13

*М.А. Черныш*

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СРЕДСТВА  
АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ  
(НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ГОРОДОВ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА)..... 18

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ***В.В. Молодин, Д.С. Новиков*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ, РАЗРУШЕННЫХ  
В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ ХЛОРА .....26

*В.И. Братчун, В.Л. Беспалов, В.В. Жеванов,  
Е.А. Ромасюк, А.И. Сердюк*

О ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ ОТВАЛЬНОГО  
МАРТЕНОВСКОГО ШЛАКА ..... 31

**ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ***В.Н. Левченко, С.Н. Машталер, А.С. Волков,  
А.В. Недорезов, Е.А. Дмитренко*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ  
ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ СНИЖЕНИЯ ..... 37

## S U M M A R Y

*I.M. Lobov, A.E. Stupina*

TESTING THE RESULTS OF THE PROBLEM'S  
A STUDY ON THE ARCHITECTURAL FORMATION  
OF CONSTRUCTION PRODUCTION COMPLEXES IN  
NON-OPERATING COAL MINES OF THE DONETSK  
PEOPLE'S REPUBLIC

This article is devoted to testing the results of a study on the architectural formation of construction production complexes in non-operating coal mines of the Donetsk People's Republic. The mining industry has a significant impact on all components of the environment. This project represents a solution to the problem of modern architectural and urban planning reintegration of territories, complexes of buildings and structures of coal mines in the cities of the Donetsk People's Republic. In recent years, the reorganization of industrial territories in a developing modern city's structure has become especially acute. The advisability of reorganization and the introduction of alternative functions is determined by social, economic, psychological, historical and aesthetic factors. Many industrial enterprises have moved from the city center to the outskirts of the area. If industrial use of the territory is abandoned, this is aimed at reducing the negative impact on the city's environment.

*E.I. Barkalova*

ASPECTS OF FORMATION AND PROSPECTS FOR  
DEVELOPMENT OF CULTURAL AND EDUCATIONAL  
COMPLEXES (CENTERS) IN DONBASS' CITIES

This article substantiates the need to study the issue of the formation and development of the architecture objects that provide cultural and educational activities on the Donbass territory, and examines some features that reveal the relationship between cultural aspects and architectural and urban development of Donbass. The socio-economic, historical and cultural characteristics of the modern life of the region determine the need to study the characteristics of existing architectural objects within the framework of the research topic.

We considered the importance of the issue of preserving and developing the culture of Donbass and general cultural values. That is why the author proposes to analyze the experience in construction of cultural and educational facilities on the territory of settlements of the Donetsk People's Republic in order to identify the characteristic features, distinctive and common features, as well as analyze the level of development architecture objects of the type under consideration. The research intends to further use the materials as the first step towards the formation of a model for creating and improving modern cultural and educational complexes (centers) in Donbass.

*M.A. Chernysh*

COMPOSITE MEANS OF ARCHITECTURAL AND  
URBAN PLANNING ORGANIZATION OF THE URBAN  
ENVIRONMENT (ON EXAMPLE OF DONETSK RE-  
GION'S INDUSTRIAL CITIES)

This article is devoted to the analysis of the functional-spatial zoning of the city in the conditions of large industrial enterprises. Also is devoted to the analysis of the development of the development-free territory and the progress of structural



S U M M A R Y

elements in residential territory. The conditions for the formation of the appearance of cities are researched, taking into account regional, typological, compositional and artistic factors. Visual methods for forming the appearance of cities have been studied in our article. Also we concentrated on factors influencing the organization of the appearance of the city. Compositional techniques and means that help to achieve silhouette expressiveness of urban development have been considered. Considerable attention is paid to the issues of perception of urban development of large industrial cities and the conditions for the formation of these territories, taking into account the specifics of city-forming enterprises. Architectural and artistic techniques for humanizing the urban environment are considered. A comprehensive compositional analysis of the existing historical buildings is analyzed, with monumental and decorative means in the composition of the city, the synthesis of arts, design and architecture.

*V.V. Molodin, D.S. Novikov*

RESTORATION OF REINFORCED CONCRETE  
STRUCTURES DESTROYED IN AN AGGRESSIVE  
CHLORINE ENVIRONMENT

Reinforced concrete structures that have been used for a long time in an aggressive environment has an characteristic feature – low adhesion strength to newly laid concrete when restoring such structures. The reason for this fact is the destruction, under the influence of aggressive agents, of the crystalline cross-linking intergrowths responsible for adhesion. Traditional methods of restoring damaged reinforced concrete structures that have been subjected to corrosion cannot provide high-quality adhesion between “old” and “new” concrete. It has been established that forced heating of the “repair” concrete mixture, when laid on the surface of concrete that has been subjected to chloride corrosion, forms a flow of moisture with cement dissolution products from the “new” concrete to the “old” one, which is forced through the layer damaged by corrosion. After curing, the crystalline structure is restored, the laid and undamaged layers are connected by chlorine ions. This ensures a strong grip.

*V.I. Bratchun, V.L. Beshpalov,  
V.V. Zhevanov, E.A. Romasyuk, A.I. Serdyuk*

ABOUT THE HYDRAULIC ACTIVITY OF SELECT-  
ING FROM CRUSHING OF MANIFEST METAL AFTER-  
MATH SLAG

Our research had been established that the screening of crushing oval open-hearth slag is characterized by a slower rate of hydration. In this case, a gel structure of the newly formed material is formed, as evidenced by the unchanged x-ray diffraction patterns of the hardening slag stone at the age of one day and at the age of two years. The presence on the surfaces of slag particles of gel-like new formations that differ both in chemical elements and in their quantitative ratio. The emergence of syneresis cracks characteristic of a gel network, their healing and the formation of new ones, often crossing existing cracks. It shows, that an effective way to activate the hydraulic activity of screening crushing of waste open-hearth slag is to introduce alkaline additives into the water-slag mixture. As example, quicklime ground lime and cement kiln fly dust, which intensify

C O N T E N T S

FORMATION OF A MODERN URBAN  
ENVIRONMENT & URBAN DEVELOPMENT  
OBJECTS

*I.M. Lobov, A.E. Stupina*

TESTING THE RESULTS OF THE PROBLEM’S  
A STUDY ON THE ARCHITECTURAL  
FORMATION OF CONSTRUCTION  
PRODUCTION COMPLEXES IN NON-  
OPERATING COAL MINES OF THE  
DONETSK PEOPLE’S REPUBLIC..... 6

*E.I. Barkalova*

ASPECTS OF FORMATION AND PROSPECTS  
FOR DEVELOPMENT OF CULTURAL AND  
EDUCATIONAL COMPLEXES (CENTERS)  
IN DONBASS’ CITIES..... 13

*M.A. Chernysh*

COMPOSITE MEANS OF ARCHITECTURAL  
AND URBAN PLANNING ORGANIZATION  
OF THE URBAN ENVIRONMENT (ON  
EXAMPLE OF DONETSK REGION’S  
INDUSTRIAL CITIES) ..... 18

CONSTRUCTION MATERIALS

*V.V. Molodin, D.S. Novikov*

RESTORATION OF REINFORCED CONCRETE  
STRUCTURES DESTROYED IN AN AGGRESSIVE  
CHLORINE ENVIRONMENT..... 26

*V.I. Bratchun, V.L. Beshpalov, V.V. Zhevanov,  
E.A. Romasyuk, A.I. Serdyuk*

ABOUT THE HYDRAULIC ACTIVITY OF  
SELECTING FROM CRUSHING OF MANIFEST  
METAL AFTERMATH SLAG ..... 31

THEORY OF FORMATION AND IMPROVEMENT  
OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

*V.N. Levchenko, S.N. Mashtaler, A.S. Volkov, A.V.  
Nedorezov, E.A. Dmitrenko*

MMETHODOLOGY FOR MEASURING  
INDICATORS OF MATERIAL INTENSITY OF  
CONSTRUCTION AND FEASIBILITY STUDIES  
FOR ITS REDUCTION ..... 37



*А.В. Писаренко*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ  
ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ  
ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ..... 43

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС  
ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

*Д.А. Зареченский, Н.А. Пестунова*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ  
ПРОИЗВОДСТВА НАПЛАВОЧНЫХ  
ПОРОШКОВЫХ ЛЕНТ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ..... 49

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
И КОМПЛЕКСОВ**

*А.Г. Яценко, Н.Д. Бачурин*

ГАЗ-51 – ЗНАМЕНИТЫЙ ВЕТЕРАН ТРУДА  
И САМЫЙ МАССОВЫЙ ГРУЗОВИК СССР ..... 53

*С.А. Горожанкин, А.Е. Ленивов, Б.Д. Минин*

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ  
ДИЗЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ РЯДНОСМЕЩЕННОЙ  
СХЕМЫ ..... 58

## S U M M A R Y

the surface dissolution of slag particles and the synthesis of gel new formations, mainly Al – Si – Ca composition, which form the condensation structure of the slag stone.

*V.N. Levchenko, S.N. Mashtaler, A.S. Volkov,  
A.V. Nedorezov, E.A. Dmitrenko*

**METHODOLOGY FOR MEASURING INDICATORS  
OF MATERIAL INTENSITY OF CONSTRUCTION AND  
FEASIBILITY STUDIES FOR ITS REDUCTION**

One of the most important areas of technical progress in construction is the use of efficient structures, products and materials, which ensures a reduction in national economic costs by reducing material intensity, labor intensity, reducing construction duration, reducing the cost of construction and installation work and improving the performance qualities of buildings and structures put into operation. At the same time, the efficiency of capital investments in the development of production of building structures and materials increases significantly.

For accelerating scientific and technological progress and the most efficient use of material and labor resources, technical policy in construction must be based on scientific recommendations that establish areas and forms of effective use of structures made of various materials.

The article discusses current issues in analyzing the use of effective building structures from various materials for use in the construction of buildings and structures.

The influence of various factors on reducing the material consumption of construction and ways to solve problems to save material resources in construction have been researched.

*A.V. Pisarenko*

**IMPROVING METHODS FOR INCREASING LA-  
BOR SAFETY DURING THE CONSTRUCTION OF  
BUILDINGS AND STRUCTURES ON COMPOUNDABLE  
SOILS**

The article discusses the problem of increasing occupational safety in the construction industry. The author analyzed foreign and domestic experience, presented some directions, activities and methods that meet modern requirements for ensuring occupational safety.

The justification for the relevance of the problem of increasing the level of occupational safety in construction follows from the consideration of statistical data from official Russian sources. The existence of problems in the field of occupational safety is clearly visible.

The article substantiates the need to comply with the technological process of consolidating subsidence soils with chemical solutions; be guided by regulations on the organization and performance of work in the field of labor protection when carrying out construction work.

*D.A. Zarechensky, N.A. Pestunova*

**INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL SCHEMES  
FOR PRODUCTION OF SURFACE POWDER BELTS ON  
ENVIRONMENTAL POLLUTION**

This article analyzes harmful emissions during technological schemes for the production of powder strips

S U M M A R Y

with a mechanical mixture of components and with a complex alloy in the core. It is shown, that in the manufacture of flux-cored tape with a core made of a complex alloy, working conditions for workers are improved by eliminating operations for the preparation of core components, which lead to the release of fine particles into the environment. The presence of these particles on the surface of the workplace can lead to the occurrence of occupational diseases in workers, the nature of the development and severity of which directly depends on the composition, concentration and duration of exposure to these particles on workers. The concentration of air pollution has been quantitatively established by measuring its composition at different distances from the hopper of the dosing device in the manufacture of flux-cored tapes with different core compositions.

*A.G. Yatsenko, N.D. Bachurin*

GAZ-51 - A FAMOUS LABOR VETERAN AND THE MOST POPULAR TRUCK IN THE USSR

The article is devoted to the Soviet medium-duty truck GAZ-51. The history of the creation of the GAZ-51 car is considered. The serial production of the GAZ-51 car is discussed. Serial modifications based on GAZ-51 are given. Experimental modifications based on the GAZ-51 are presented. In addition, trucks from the Gorky Automobile Plant that went into mass production after the GAZ-51 are shown. The design of the basic GAZ-51 car is considered. Trucks of the Gorky Automobile Plant are shown: GAZ-51, GAZ-63, GAZ-93, GAZ-51N, GAZ-51U, GAZ-51NU, GAZ-51B, GAZ-51ZH, GAZ-51ZHU, GAZ-51A, GAZ-51F, GAZ -51AU, GAZ-51YU, GAZ-51S, GAZ-51SE, GAZ-51R, GAZ-51RU, GAZ-51T, GAZ-51P, GAZ-51PU, GAZ-51PU, GAZ-51V, GAZ-51D, GAZ-51DU, GAZ-51DU, GAZ-93A, GAZ-93AE, GAZ-93AT, GAZ-41, GZA-651, GZA-653, buggies based on GAZ-51, GAZ-52-01, GAZ-53-12, GAZ- 3307 and GAZ-3309, Valdai, GAZon Next. The Polish production of Lublin-51 trucks is researched. The production of GAZ-51 (under the name "Seungri-58") is considered.

*S.A. Gorozhankin, A.E. Lenivov, B.D. Minin.*

PROSPECTS FOR THE CREATION AND USE OF IN-LINE DIESEL AUTOMOBILE ENGINES

The prospects and possibilities for creation in-line diesel automobile engines for trucks are considered. The main advantages and features of such internal combustion engines are presented. Thermal, kinematic and dynamic calculations of a 12-cylinder engine with a power of 326 kW had carried out. It shows that such an engine does not require the installation of a supercharging system, in contrast to the KamAZ 740. 75-440 serial engine of the same power adopted for comparison, which is equipped with a turbocharger. The influence of positive and negative displacements of the crank mechanism on the forces acting in it were researched. The lateral forces acting on the piston and determining the wear of the cylinder-piston group are not limiting in full power modes. The torques on the main and connecting rod journals of the crankshaft were determined, and its most dangerous sections were determined.

*A.V. Pisarenko*

IMPROVING METHODS FOR INCREASING LABOR SAFETY DURING THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES ON COMPOUNDABLE SOILS ..... 43

ENSURING THE SAFETY OF CONSTRUCTION FACILITIES IN THE EVENT OF MAN-MADE EMERGENCIES

*D.A. Zarechensky, N.A. Pestunova*

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR PRODUCTION OF SURFACE POWDER BELTS ON ENVIRONMENTAL POLLUTION..... 49

OPERATION OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES AND COMPLEXES

*A.G. Yatsenko, N.D. Bachurin*

GAZ-51 - A FAMOUS LABOR VETERAN AND THE MOST POPULAR TRUCK IN THE USSR .... 53

*S.A. Gorozhankin, A.E. Lenivov, B.D. Minin*

PROSPECTS FOR THE CREATION AND USE OF IN-LINE DIESEL AUTOMOBILE ENGINES..... 58



# АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА НЕДЕЙСТВУЮЩИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

И. М. Лобов, к.т.н., доцент; А. Э. Ступина

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Данная статья посвящена апробации результатов исследования по архитектурному формированию строительных производственных комплексов на действующих угольных шахтах Донецкой Народной Республики. Горнодобывающая промышленность оказывает существенное воздействие на все компоненты окружающей среды. Данный проект представляет собой решение проблемы современной архитектурно-градостроительной реинтеграции территорий, комплексов зданий и сооружений угольных шахт в городах Донецкой Народной Республики. В последние годы особенно остро стоит проблема реорганизации промышленных территорий в структуре развивающегося современного города. Целесообразность реорганизации и введения альтернативных функций определяется социальными, экономическими, психологическими, историческими и эстетическими факторами. Многие промышленные предприятия переместились из центра города на окраины района. Если от промышленного использования территории отказываются, то это направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду города.

**Ключевые слова:** архитектура зданий и сооружений, строительные производственные комплексы, реновация, реструктуризация, действующие угольные шахты.



Лобов  
Игорь Михайлович



Ступина  
Ангелина Эдуардовна

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Необходимость решения проблемы современной архитектурно-градостроительной реинтеграции территорий, комплексов зданий и сооружений угольных шахт в городах Донецкой Народной Республики. Необходимость диверсификации деятельности нерентабельных угольных шахт, исчерпавших свой ресурс, требующих перехода к выполнению новых функций и решению задач стратегического развития территории промышленного региона Донецкой Народной Республики, снижению экологической нагрузки на окружающую среду, т.к. данные объекты находятся в жилой застройке, привлечению инвесторов через широкое освещение проблемы.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Данная статья является продолжением публикаций автора по проблеме использования действующих угольных предприятий [10, 11, 12, 13, 14, 10-15], в которых шла речь о надземных промышленных предприятиях как объектах для реновации, об актуальных направлениях современной архитектурной реновации зданий, сооружений и комплексов нефункционирующих угольных предприятий Донецкого региона, об архитектурно-градостроительных подходах в контексте рефункционализации действующих угольных предприятий, о предпосылках архитектурно-градостроительной рефункционализации действующих угольных предприятий в городах Донецкого региона, о решении целого ряда задач, связанных с экологией, об архитектурном формировании современного образа предприятий строительной индустрии на базе действующих предприятий угольной промышленности Донбасса, а также был представлен анализ отечественной и международной практики архитектурного формирования промышленных объектов предприятий по производству строительных материалов на базе действующих промышленных предприятий.

## ЦЕЛИ

Цель исследования состоит в освещении проблем практической концепции реинтеграции действующих угольных предприятий как важного направления социально-экономического развития территории Донецкой Народной Республики, а также сохранения исторических ценностей объектов промышленной архитектуры.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Проблема реорганизации действующих угольных предприятий всегда была актуальной и необходимой. Исторические промышленные здания часто представляют интерес как объекты историко-культурного наследия, и в этом случае изменения требуют особого контроля со стороны муниципальных властей и учета общего мнения населения. Включение отраслей в планировочную структуру европейских городов активно обсуждается с 1970-х гг. XX в. В этот период формируются новые урбанистические подходы, и в контексте общего развития городских центров начинается развитие деградирующих зон на окраинах портов, железных дорог, фабрик и заводов.

Актуальность решения названной проблемы (рис. 1) основана на необходимости:

Архитектурно-градостроительного освоения территории действующих угольных шахт, что

является важным элементом сохранения инфраструктуры шахтёрских городов – муниципальных образований Республики;

Развития индустрии производства изделий строительной индустрии, что является одним из основных направлений при восстановлении социально-экономического потенциала Республики в послевоенный период.

«Архитектурное формирование строительных производственных комплексов на основе действующих угольных шахт» – одно из основных научных направлений, развивающихся в рамках научно-исследовательской работы кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» и отвечает содержанию таких нормативно-методических документов как:

– «Программа развития жилищно-гражданского строительства на территории Донецкой Народной Республики на период 2018-2023 годы»;

– «Генеральная схема развития территории Донецкой Народной Республики»;

– Закон Донецкой Народной Республики № 82-ІНС от 09.10.2015 г. «Об отходах производства и потребления».

Работа по теме «Архитектурное формирование строительных производственных комплексов на основе действующих угольных шахт» связана с приоритетным научным направлением «Жаростойкие и огнеупорные бетоны, строительные материалы на



Рис. 1. Современное состояние угольной отрасли в Донецкой Народной Республике



основе промышленных отходов Донбасса» (кафедра «Технологии строительных конструкций, изделий и материалов»); а также с деятельностью структурных подразделений научно-исследовательского комплекса ФГБОУ ВО «ДОННАСА», таких как Центр испытаний строительных изделий и конструкций (ЦИ СИиК), «Лаборатория испытаний строительных конструкций и сооружений», лаборатория «Строительные материалы», лаборатория испытаний дорожно-строительных материалов.

В настоящее время:

- выполнен анализ предпосылок, что позволило выявить современные требования к архитектурному формированию строительных производственных комплексов;
- проанализирована международная практика как в сфере реновации недействующих угольных шахт, так и в сфере архитектурного формирования строительных производственных комплексов;
- разработаны принципы и приемы архитектурного формирования строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт.

В структуре развивающегося современного города в последние годы проблема реорганизации промышленных территорий является особенно актуальной. Целесообразность реорганизации, внедрения альтернативных функций обуславливают социальные, экономические, психологические, исторические и эстетические факторы. Многие промышленные предприятия переносятся из центра города на окраины района. Если от промышленного использования территории отказываются, то это направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Сегодня использование внутренних территорий, архитектурно-пространственная и функциональная организация которых не соответствует их градостроительному значению и потенциалу, обычно не предполагает реорганизацию и восстановление предприятий. Поэтому одним из вариантов использования площади является полный снос существующего объекта и строительство нового комплекса с нуля. А также, если проводить снос сооружений, зачистку территории и так далее, то затраты значительно возрастают. Кроме того, во многих случаях промышленные здания являются памятниками архитектуры и охраняются государством.

В современных социально-экономических условиях необходимость создания строительной индустрии в Донецкой Народной Республике приобрела чрезвычайно важное значение. В сложившейся на сегодняшний день геополитической обстановке на территории региона по сравнению с 2013 г. общее количество предприятий по производству строительных материалов сократилось в 2 раза. Большим потенциалом для решения проблемы развития данной сферы является использование местного вторичного техногенного сырья, в том числе породных и шлаковых отвалов, отходов углеобогащения и других.

Решению проблемы развития строительной индустрии будет способствовать создание на тер-

ритории Донецкой Народной Республики сети промышленных предприятий по производству строительных изделий с использованием территорий и остаточного производственно-технологического комплекса недействующих угольных шахт, а также их обслуживающей инфраструктуры.

Для практической реализации данной идеи необходима разработка научно обоснованной концепции архитектурно-градостроительного формирования сети указанных предприятий с проработкой конкретных принципов и приемов их градостроительного размещения, решения генеральных планов промышленных площадок, функциональной и планировочной организации соответствующих зданий, сооружений и их комплексов, объемно-пространственных и композиционно-художественных решений.

Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

1) исследовать территориальные, производственно-технологические условия и факторы, которые влияют на архитектурно-градостроительное формирование этих предприятий, выявить современные требования к ним;

2) с позиции этих требований и адаптации к условиям Донецкой Народной Республики проанализировать международную практику формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих промышленных объектов;

3) с учетом регионально-обоснованных современных требований и тенденций международной практики разработать концепцию и соответствующие принципы и приемы архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих угольных шахт Донецкой Народной Республики;

4) осуществить проверку полученной концепции при разработке экспериментального проекта комплекса предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих угольных шахт на территории нашего региона.

На сегодняшний день завершается этап апробации результатов исследования названной проблемы.

При этом выделены основные направления этой апробации – в учебном процессе на архитектурном факультете ФГБОУ ВО «ДОННАСА», в том числе в экспериментальном курсовом и дипломном проектировании на архитектурном факультете ДОННАСА:

- в рамках участия в республиканских конкурсах;
- в форме участия в грантовых программах в Российской Федерации;
- при подготовке научных публикаций и докладов на научных конференциях, в том числе международных.

Результаты данной научной работы вошли в состав лекционных материалов по дисциплинам, которые читаются для студентов магистратуры и бакалавриата архитектурного факультета нашей Академии по направлениям «Архитектура», «Градостроительство», «Ландшафтная архитектура» – «Региональные особенности проектирования зданий и сооружений», «Региональные проблемы градостроительства», «Региональные основы ландшафтного

проектирования», а также «История архитектуры и градостроительства Донбасса».

Выполнен ряд экспериментальных проектов в рамках выполнения выпускных квалификационных работ бакалавриата и магистратуры, что позволило проверить основные принципы и приёмы архитектурного формирования строительных производственных комплексов.

Первые экспериментальные проработки архитектурно-градостроительной реновации действующих промышленных предприятий были начаты во время обучения в магистратуре (рис. 2).

По теме научной работы опубликовано 6 статей в научных сборниках ВАК. Подготовлены и опубликованы доклады на 3-х научных конференциях, 2 из которых — международные, в том числе XVI-й Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (17-19 июня 2020 года, Санкт-Петербург). Для участия в Республиканском конкурсе бизнес-идей «Минута инновационной славы» (2022 г.) была подготовлена программа «Архитектурно-градостроительное формирование предприятий по производству

строительных материалов на базе действующих угольных шахт Донецкой Народной Республики». Основные результаты научной работы были использованы при разработке социальной программы «Современный облик города через новую жизнь угольных шахт Донбасса», которая участвовала в грантовом конкурсе на реализацию молодежных проектов форума молодежи Уральского федерального округа Российской Федерации «УТРО-2022» в г. Ханты-Мансийске (рис. 3).

И, наконец, в настоящее время в разработке находится документ «Концепция архитектурного формирования строительных производственных комплексов на базе действующих угольных шахт Донецкой Народной Республики». Концепция архитектурно-градостроительного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе действующих угольных шахт разрабатывается впервые. Разработка и практическая реализация концепции будет способствовать получению социального и экономического эффекта за счёт развития фонда рабочих мест, создания материальных условий для производства местных строительных материалов



Рис. 2. Фрагмент ВКР «Принципы архитектурного формирования лофта в условиях чрезвычайных ситуаций на примере Донецкого региона» (2017 г., студ. Ступина А. Э.; научный руководитель: к. арх., доц. Лобов И. М.)





Рис. 3. Участие в грантовом конкурсе на реализацию молодежных проектов форума молодежи Уральского федерального округа «УТРО-2022» в г. Ханты-Мансийске, с социальной программой «Современный облик города через новую жизнь угольных шахт Донбасса»

## Концепция «Архитектурное формирование строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт Донецкой Народной Республики»



Рис. 4. Концепция «Архитектурное формирование строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт Донецкой Народной Республики»

и инвестиционной привлекательности данной сферы деятельности, использования при этом нефункционирующих комплексов зданий и сооружений, а также улучшению экологической и социально-демографической обстановки на территории республики (рис. 4).

Данную концепцию планируется передать для использования в работе Департамента территориального развития Минстроя Донецкой Народной Республики, а также в УГА администраций городов Донецка и Макеевки, в ведущих региональных проектных организациях — «Донецкийпромстрой-НИИпроект» и «ДОНЕЦКПРОЕКТ».

Выводы. Актуальность данной научной работы продиктована необходимостью развития двух важнейших стратегических направлений социально-экономического развития Донецкой Народной Республики:

а) освоение территорий недействующих угольных шахт;

б) создание материальной базы для производства строительных материалов на местной основе.

Апробация результатов исследования по названной научной работе осуществляется по направлениям:

а) учебное экспериментальное проектирование на базе курсового и дипломного проектирования;

б) подготовка публикаций и докладов на конференциях, в том числе международных;

в) подготовка материалов лекций для студентов архитектурного факультета ФГБОУ ВО «ДОННАСА»;

г) участие в грантовых программах;

д) участие в конкурсах;

е) разработка и внедрение документа «Концепция архитектурного формирования строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт Донецкой Народной Республики».

Полученные в работе результаты имеют большое научное и практическое значение, содержат научно обоснованную концепцию архитектурного формирования строительных производственных комплексов методом реновации недействующих угольных шахт Донецкого региона и алгоритм их перевода в практическую плоскость архитектурного проектирования. Реализация проектных решений на основе принципов и приемов, сформулированных в работе, положительно повлияет на экологизацию архитектурной среды промышленных городов Донбасса. Реализация концепции архитектурного формирования строительных производственных комплексов методом реновации недействующих угольных шахт будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности архитектурных проектов и опосредованно повлияет на формирование и реализацию стратегии социально-экономического развития территории Донецкого региона.

Использование результатов работы в процессе обучения архитектурных кадров региона будет способствовать развитию архитектурно-проектного опыта решения актуальных проблем региона и его городов, и на этой основе повышению престижа региональной архитектурной школы ДонНАСА, в том числе международной конкурсной деятельности. Результаты работы могут быть

использованы при разработке методических и нормативных документов, направленных на решение проблемы архитектурно-градостроительного освоения территории недействующих угольных шахт в современных условиях Донецкого региона, а также непосредственно регулирующих вопросы архитектурного формирования строительных производственных комплексов на основе недействующих шахт в тех же условиях.

Результаты исследований целесообразно использовать при разработке предпроектных и проектных решений по архитектурному формированию производственных комплексов на недействующих угольных шахтах.

Использование основных положений исследования в практике проектирования и реализации проектных решений будет способствовать получению социально-экономического эффекта за счет повышения результативности архитектурного проектирования и уровня подготовки архитекторов, актуализации использования местных территориальных ресурсов, реновации недействующих угольных предприятий, улучшения имиджевой привлекательности региона и уровня комфортности среды городов региона.

#### Список литературы

1. Анализ экономической ситуации в республике. 1. Характеристика текущего состояния комплекса Донецкой Народной Республики. 1.5. Промышленность строительных и нерудных материалов. — Текст : электронный // <https://gisnpa-dnr.ru> : официальный сайт. — 2021. — URL: <https://gisnpa-dnr.ru/wp-content/uploads/2021/07/Prilozhenie-Analiz-ekonomicheskoy-situatsii.docx> (дата обращения 24.04.2023).
2. Бенаи, Х. А. Градостроительные особенности и предпосылки ревитализации промышленных предприятий Донецкой Народной Республики / Х. А. Бенаи, К. А. Яковенко. — Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2020. — Выпуск 2020 №2(142) Проблемы градостроительства и архитектуры. — С. 9-14.
3. Бондарчук, В. В.; Глушкина, И. К. Актуальность реновации недействующих угольных шахт на примере Донбасского региона // Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ». — 2019. № 15 (58). — С. 51-60 — ISSN 2077-1738 — Текст: непосредственный.
4. Братчун, В. И. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой / В. Л. Беспалов, В. И. Братчун, Ахмет Талиб Мутташар Мутташар, М. К. Пактер [и др.] // Актуальные проблемы физико-химического материаловедения: сб. тезисов по материалам международной научно-практической конференции (30 сентября - 4 октября 2013 г., г. Макеевка). — Макеевка : ДонНАСА, 2013. — С. 8.— Текст: непосредственный.
5. Гайворонский, Е. А. Архитектурные решения зданий и сооружений на территориях со сложными горно-геологическими условиями в Донецком регионе / Е. А. Гайворонский, А. М. Югов. — Текст : непосредственный //



- Современное промышленное и гражданское строительство. — 2016. — Том 12, Номер 4. — С. 165–186.
6. Джерелей, Д. А. Архитектурно-планировочная организация центров хранения и обработки данных (на базе угольных шахт): специальность 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Джерелей Дарья Александровна; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». — Макеевка, 2017. — 24 с. : ил. — Библиогр.: с. 13-24. — Место защиты: ГОУ ВПО «ДОННАСА». — Текст : непосредственный.
7. Зайченко, Н. М. Оптимизация состава мелкозернистых бетонов с применением отходов промышленности Донбасса/ Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина, Н. В. Гаврильченко, Я. С. Исаева. — Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2020. — Выпуск 2020 №1(14) Современные строительные материалы. — С. 46-52.
8. Наумец, С. С. Основные аспекты формирования генеральной схемы развития территории Донецкой Народной Республики на период 2019-2039 гг. / С. С. Наумец, Л. В. Семченков // Строитель Донбасса. — 2019. — № 1(6). С. 4-11. — ISSN: 2617-1848 — Текст: непосредственный.
9. Программы развития строительной отрасли ДНР обеспечивают развитие нескольких основных направлений. — Текст : электронный // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства ДНР: официальный сайт. — 2016. — URL: <https://minstroy-dnr.ru/programmyi-razvitiya-stroitelnoj-otrasli-dnr-obespechivayut-razvitie-neskolkih-o> (дата обращения 25.04.2023).
10. Ступина, А. Э. Промышленные предприятия как объект для реновации/ А. Э. Ступина. — Текст : непосредственный // X Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». — 21-27 сентября 2018. — Белгород, 2018.
11. Ступина, А. Э. Актуальные направления современной архитектурной реновации зданий, сооружений и комплексов нефункционирующих промышленных предприятий Донецкого региона. Градостроительные предпосылки формирования лофта / А. Э. Ступина, И. М. Лобов. — Текст : непосредственный // Научно-практический журнал «Строитель Донбасса» № 2 (11), июнь — июль 2020 г. — Макеевка, 2020 — ISSN 2617-1848. , С. 65-69.
12. Stupina, A. Architectural and urban approaches in the context of the refunctionalization of inactive industrial enterprises / A. Stupina, I. Lobov — Текст : непосредственный // XVI international forum-contest of Students and young researchers “TOPICAL ISSUES OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES” under the auspices of UNESCO, 17-19 June 2020, Scientific conference abstracts, Volume 2, Saint-Petersburg 2020, p. 411-412.
13. Ступина, А. Э. Предпосылки архитектурно-градостроительной рефункционализации недействующих промышленных предприятий в городах Донецкого региона / А. Э. Ступина. — Текст : непосредственный // Архитектурная школа Донбасса: наука и практика в условиях современного развития. Электронный сборник научных трудов республиканской очно-заочной научно-практической конференции (14 октября 2020 г., г. Макеевка) — Макеевка, 2020, С. 103 — 105.
14. Ступина, А. Э. Экологические вопросы архитектурного формирования современных предприятий по производству строительных материалов на основе недействующих угольно-отраслевых объектов Донбасса / А. Э. Ступина. — Текст : непосредственный // Научно-практический журнал «Строитель Донбасса» № 2 (19), июль 2022 г. — Макеевка, 2022 — ISSN 2617-1848. , С. 35-39.
15. Ступина, А. Э. Международная практика архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности / А. Э. Ступина. — Текст : непосредственный // Вестник ДОННАСА. Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. Выпуск 2022-3(155). — Макеевка, 2022 — ISSN 2519-2817. , С. 94-99.
16. Хоменко, Я. В. Концепция генеральной схемы развития территорий Донецкой Народной Республики [Текст] / Я. В. Хоменко, С. С. Наумец, Р. С. Мизевич // Вестник института экономических исследований. 2018. № 2(10). С. 38-46.
17. Шолух, Н. В. Анализ региональных условий и факторов, влияющих на формирование визуальной среды города (на примере г. Донецка) / Н. В. Шолух, А. В. Алтухова. — Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2010. — Выпуск 2010 №2(82) Проблемы градостроительства и архитектуры. — С. 42-49.
18. Rebecca Onion. — Текст: электронный // 1919 Map of New York City's Manufacturers Shows a Bygone Industrial Landscape. : официальный сайт. — 2014. — URL: [http://www.slate.com/blogs/the\\_vault/2014/01/23/new\\_york\\_city\\_manufacturing\\_map\\_of\\_past\\_industry.html](http://www.slate.com/blogs/the_vault/2014/01/23/new_york_city_manufacturing_map_of_past_industry.html) (дата обращения 25.04.2023).
19. Soho Lofts: Apartments in New York City. — Текст: электронный // Soho Lofts: Apartments in New York City: официальный сайт. — 2010. — URL: <http://www.soho-lofts.com/soho-history.html> (дата обращения 25.04.2023).
20. Yukie Ohta Living Lofts: The Evolution of the Cast Iron District. — Текст: электронный // A PUBLICATION OF THE ARCHITECTURAL LEAGUE OF NEW YORK: официальный сайт. — 2013. — URL: <http://urbanomnibus.net/2013/06/living-lofts-the-evolution-of-the-cast-iron-district/> (дата обращения 25.04.2023).
21. Jeffrey S Nesbit. Post Industrial Landscapes as Urban Interventions. Texas, Texas Tech University, College of Architecture, 2012 p. 8-9. — Текст: непосредственный.
22. Ellen Braae. Beauty redeemed. Birkhauser, Switzerland, 2015 p. 86-98. — Текст: непосредственный.

# АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ЦЕНТРОВ) В ГОРОДАХ ДОНБАССА

Е. И. Баркалова

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** В статье обосновывается необходимость изучения вопроса формирования и развития архитектуры объектов, обеспечивающих культурно-просветительскую деятельность на территории Донбасса, рассматриваются некоторые особенности, выявляющие взаимосвязь культурологических аспектов и архитектурно-градостроительного развития Донбасса. Социально-экономические, историко-культурные характеристики современной жизнедеятельности региона обуславливают необходимость изучения особенностей существующих объектов архитектуры в рамках темы исследования.

Учитывая важность вопроса сохранения и развития культуры Донбасса и общекультурных ценностей, в рамках данной статьи автор предлагает проанализировать существующий опыт возведения объектов культурно-просветительского назначения на территории населённых пунктов Донецкой Народной Республики с целью выявить характерные особенности, отличительные и общие черты, а также проанализировать уровень развития архитектуры объектов рассматриваемого типа. Исследование предполагается в дальнейшем использовать материалы в качестве первой ступени к формированию модели создания и совершенствования современных культурно-просветительских комплексов (центров) на территории Донбасса.

**Ключевые слова:** городская среда, культурологические аспекты, историческое наследие, культурно-просветительская деятельность, традиция, архитектура.



Баркалова  
Екатерина Игоревна

## ВВЕДЕНИЕ

Неоспоримым фактом является то, что культурно — и в том числе архитектурно — осваиваемое человеком пространство является не чем иным как активным элементом человеческого сознания [1]. Проектирование и строительство зданий, сооружений культурно-зрелищного типа всегда находило отклик в культурном развитии любого народа. На сегодняшний день классификация сооружений данного типа достаточно ёмко раскрывает представление о функциональном назначении объектов. В типологии выделяют сооружения кинотеатров, концертных залов, театров и музеев, выставочных комплексов, цирков и клубов. Однако архитектура, её стилевые веяния развиваются, как и наука, технологии, которые с каждым годом предлагают новые продукты, идеи и концепции. С учетом быстротечности развития строительных технологий, с учетом немаловажного влияния культурных аспектов на развитие взаимосвязи «человек — городская среда», в настоящее время крайне важно учитывать современные потребности общества как фактора влияния на архитектурно-градостроительную среду городов.

Прошедший Год культурного наследия народов России выделил необходимость непрерывного просвещения молодежи и населения в целом. Наступило более явное осознание важности сохранения и преумножения недвижимых, материальных, а также нематериальных объектов культурного достояния. И в такие яркие периоды истории России развитие должно проследиваться на всех уровнях её жизнедеятельности; а архитектура, как известно, играет в этом важную роль — ведь она является отражением сущности культуры, народа и государства, сохраняя отпечаток конкретных исторических периодов и эпох.

В контексте вышесказанного следует упомянуть деятельность Министерства культуры Российской Федерации, которое ставит в приоритет реализацию Стратегии государственной культурной политики на период до 2030 г., утверждённой Распоряжением Правительства РФ от 29 февраля 2016 г., что напрямую связано с государственной политикой. Поскольку Донецкая и Луганская Народные Республики воссоединились с исторической родиной в рамках международного правового поля не так давно, Республики нуждаются в особой поддержке государства



в области формирования и развития объектов, направленных на популяризацию культуры и истории народа, сохранение местных традиций и общекультурных ценностей.

Необходимо выявить исторические аспекты формирования и развития объектов, функциональные характеристики которых позволят отнести их к культурно-просветительским комплексам (центрам). Это предоставит возможность исследовать характерные особенности каждого выявленного типа объекта, размещенного на территории регионов Донбасса, чтобы в дальнейшем сформулировать аспекты и требования к формированию новой архитектуры культурно-просветительских центров, а также сохранить и усовершенствовать существующие.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Культурно-просветительская деятельность может быть реализована в разных формах. Рассматриваемый спектр охватывает вопросы сохранения исторического наследия, популяризацию различных видов искусства, сохранение и гуманное отношение к культурам разных народов и религиям.

Рассматривая культурно-просветительскую деятельность с точки зрения спектра выполняемых функций, следует выделить ключевые:

- **функция просвещения**, обеспечивающая активное участие каждого человека в культурной жизни общества и государства, способствующая созданию объектов культуры, материальных и нематериальных;
- **популяризация культурного наследия** — подразумевает активное участие в создании единого культурного, научного, образовательного и информационного пространства, транслирующего культурно-историческое наследие России, освещение вопросов сохранения, использования, а также охраны объектов культурного наследия;
- **воздействие на сознание**, которое предполагает адекватное содействие раскрытию духовно-творческого потенциала каждого человека в отдельности, а также развитию у молодого поколения нравственных идеалов и ценностей;
- **коммуникативная функция**, обеспечивающая постановку и решение актуальных задач российской государственной политики в области национально-культурных отношений, способствующая развитию этнокультурного образования и межкультурных коммуникаций [2].

На основании перечисленных функций, которые могут обеспечиваться в рамках функционирования конкретного объекта, культурно-просветительская деятельность позволяет человеку развиваться как личности, как гражданину и как хранителю культурного наследия народа. Это обуславливает потребность возведения новых и усовершенствования имеющихся сооружений, которые аккумулировали бы такие сферы как: образовательную, научную,

сферу культуры и искусства, а также — как симбиоз перечисленных пунктов на языке современности — сферу цифровых технологий.

На сегодняшний день стремительно набирает обороты сохранение имеющихся и строительство новых зданий: наукоградов, научно-исследовательских институтов и центров, культурных и культурно-просветительских центров. Особенно актуален вопрос проектирования и строительства объектов, которые бы являли собой объединение вышеупомянутых сфер деятельности, в Донбассе. Рассматривая объекты, которые обеспечивают местную культурную, просветительскую деятельность региона и играют роль в формировании архитектурно-градостроительного облика, целесообразно выделить несколько ярких примеров зданий, размещенных на территории Донбасса, разной типологической принадлежности.

Так, например, *концертный зал Донецкой государственной академической филармонии* носит имя одного из талантливейших композиторов XX века — Сергея Сергеевича Прокофьева. Оно является неотъемлемой частью ансамбля центральной городской застройки, проходящей вдоль улицы им. Артёма. Филармония ведёт непосредственно культурно-просветительскую деятельность, предоставляя населению возможность взаимодействия с музыкальным искусством, тесно переплетённым с историей Донбасса. Также в центре столицы республики располагается здание *Донецкой государственной музыкальной академии имени С. С. Прокофьева*, деятельность которой напрямую связана с Министерством культуры Российской Федерации. В рамки полномочий академии, помимо культурно-просветительской, добавляется также образовательная деятельность.

Ещё один крупный объект архитектурно-градостроительной инфраструктуры города тесно связан с культурной компонентой региона — это базовый *аэропорт «Донецк» им. С. Прокофьева*. В период активной деятельности объект являлся одной из современных достопримечательностей города, на данный момент, ввиду текущего состояния, требует либо масштабной реконструкции, либо демонтажа [3]. Аэропорт носил имя уже упомянутого композитора; и во всех трёх примерах мы видим одновременно влияние культуры (популяризация деятельности, творчества всемирно известного деятеля, акцент на выдающейся личности родом из Донбасса) и её популяризацию, выполнение сформулированных ранее функций культурно-просветительской деятельности. Подобные примеры отсылают непосредственно к антропологической парадигме русской культуры, характерные черты которой сформировались ещё во второй половине XIX века. Антропологическая парадигма формирует не только предметное содержание (бытие человека), но и его восприятие. К неотъемлемым её компонентам можно отнести так называемые культурные институты «посредничества» — это музейная и выставочная деятельность; церковные, учебные заведения, предоставляющие трибуну и кафедры [4]. Всё это находит отражение в работе специалистов архитектурно-градостроительной сферы деятельности — в контексте создания пространств, подходящих для обеспечения работы упомянутых культурных институтов.

Не следует забывать о таком типе архитектурных зрелищных объектов, как музеи. Они играют одну из первостепенных ролей в сохранении культурного наследия народа. Но и архитектурное сооружение может играть существенную роль в реализации образовательно-воспитательной функции музея, в основе которой лежит теория музейной коммуникации. При таком рассмотрении архитектура может трактоваться как инструмент общения с посетителями. К примеру, в структуре музейной экспозиции некоторые архитектурные элементы могут обладать значащим аспектом и даже исполнять роль экспоната, способствуя повышению уровня эффективности восприятия экспозиции [5].

Возвращаясь же к теме об известном композиторе Донбасского происхождения, стоит упомянуть здание *Музея С. Прокофьева* в его родном селе Солнцево (Донецкий регион). Музей фактически является филиалом Донецкого республиканского краеведческого музея. Здание располагается в центральной части села, на пересечении основных транспортных путей сообщения, являясь ключевым звеном градостроительной композиции населённого пункта.

Рассмотренные факты лишь подтверждают тесную взаимосвязь культурно-просветительской деятельности и развития архитектурно-градостроительного облика Донбасса. И современная архитектура музеев вносит новшества на всех уровнях архитектурно-планировочной организации. Трудность изучения современной музейной архитектуры, как и любого другого явления сегодняшней культуры, заключается в сложности создания ее типологии. Неоднозначность, плюралистичность, отсутствие канона — все это признаки современной культуры и музея как ее формы [6]. Развитие музейной архитектуры вполне можно определить как ризоматическое движение, «беспорядочное распространение множественности, не имеющее какого-либо преобладающего направления, а идущее в стороны, вверх, без регулярности, дающей возможность предсказать следующее движение» [7].

Вернемся к примерам из архитектуры городов Донбасса. Здание государственного бюджетного учреждения «*Донецкая республиканская универсальная научная библиотека имени Н.К. Крупской*» является одной из достопримечательностей столицы республики, памятником архитектурного наследия местного значения [8]. Выполненное в стиле ампира, оно отражает веяния эпохи не только во внешнем убранстве, но и в интерьерах, а уровень его интеграции с современной городской средой повышается посредством использования приёмов освещения. Как здание, так и территория библиотеки используются для проведения культурно-массовых мероприятий. Помимо просветительской, культурной, библиотека обеспечивает работу в области ещё одной важной сферы — научной, которой могут заниматься как опытные историки, теоретики-исследователи, так и поколение молодых учёных.

Анализ исторического процесса и архитектурного опыта показывает, что развитие архитектуры научно-исследовательских объектов началось еще в средние века. Затем в различные периоды активиза-

ции жизнедеятельности общества их функции и объемно-пространственная организация подвергались реформированию и модернизации, менялись требования к структуре и составу объектов, принципы разработки архитектурных решений. В ходе эволюции различных отраслей научных исследований эти объекты стали необходимыми элементами основной и смежных технологий [9].

Понятие научной деятельности более обширное. Так, современные аспекты архитектурно-градостроительной деятельности используют естественнонаучные методы познания, которые дают дополнительные основания для решения традиционных проблем архитектурной науки на новом теоретическом уровне. Это стимулирует развитие концептуального моделирования как в сфере научного мышления, так и в рамках общего архитектурно-градостроительного процесса начала XXI века [10].

Поскольку Россия — многонациональная страна, культурные ценности любого из проживающих на территории этносов сохраняются и популяризируются. Донецкий же регион известен также тем, что хранит традиции проживающих здесь представителей греческого этноса — греков Приазовья. Главным адептом греческой культуры в Донбассе является общественная организация «Региональная национально-культурная автономия греков Приазовья». Ранее именуемая «Донецким обществом греков им. Ф. Стамбулжи» организация располагает помещениями для организации своей деятельности, одно из них находится в центре города Донецка.

Приоритетом в своей деятельности, которая началась ещё в 1989 году, Донецкое общество греков сразу поделило культурно-просветительскую работу среди местного греческого населения, преподавание новогреческого языка детям и взрослым, духовное возрождение, знакомство с основами греческой культуры, истории греков Приазовья и Греции. Первое — развитие образования: преподавание греческого языка, истории и культуры Греции и греков Приазовья в школах, лицеях и гимназиях г. Донецка, а также вечерние курсы греческого языка для взрослых разных уровней обучения при обществе. Второе — проведение культурных мероприятий, развитие национальных традиций и обрядов, празднование национальных праздников Греции и православных праздников греков Приазовья. При автономии также функционирует Донецкий Союз греческой молодежи.

Явным отрицательным аспектом является отсутствие отдельно стоящего здания для организации деятельности автономии — к примеру, греческого культурного центра местного или регионального значения. Национально-культурные особенности не нашли отражения в архитектурном облике объекта — это выполнить невозможно, поскольку организация всего лишь арендует помещения в пределах одной жилой квартиры. Сотрудники работают в арендуемых помещениях, которые представляют собой переоборудованные под общественное назначение ранее жилые комнаты. Организация ведёт свою деятельность успешно, непосредственно офис располагается в относительно небольшом кабинете; занятия же



по греческому языку проводятся в отдельном классе небольших габаритов.

Одним из ярких примеров объектов культурно-просветительского назначения необходимо обозначить здание *Центра Славянской культуры*, расположенное в г. Донецке. В стенах бывшего Дома культуры им. В. И. Ленина проводилось бесчисленное количество мероприятий, способствующих развитию культурной жизни региона, здесь выступали местные и приглашённые танцевальные коллективы, проходили концерты таких известных артистов как Л. В. Лещенко, И. Д. Кобзона. На территории также построен храм Петра и княгини Февронии Муромских. Этот пример примечателен тем, что ставит в приоритет объединение усилий всех заинтересованных сторон обществ в деле духовно-нравственного воспитания различных слоев и групп населения города и региона.

Центр Славянской культуры своим примером приближает нас к понятию современного культурно-просветительского центра. По сути своей он является культурно-досуговым центром — общественным зданием, предназначенным для сосредоточения, преумножения и продвижения в жизнь общества тех или иных ценностей, традиций и достижений, лежащих в сфере культуры и искусства [11]. Особое значение в процессе формирования архитектурного пространства зданий подобного типа должно отводиться одной из важных его составляющих — общественному пространству. Это важный элемент пространственно-коммуникационной системы здания. В то же время это пространство является связующим элементом между архитектурным пространством объекта и окружающей средой, это пространство социальной активности и поле для общественной деятельности [12]. Такое пространство невозможно рассматривать исключительно как коммуникацию, оно само по себе должно обладать достаточным функциональным потенциалом, чтобы стать местом для социального взаимодействия людей, независимо от их цели пребывания в здании культурного центра [15].

Зачастую общественные пространства также несут немаловажную эстетическую функцию, создавая своего рода точку притяжения людей. В свою очередь, это даёт возможность удовлетворить социальные потребности граждан и создать комфортную искусственную среду пребывания, то есть во многом решает глобальные проблемы актуальности архитектуры [13].

Формы реализации культурно-просветительской деятельности, осуществляемые в научно-образовательных, культурных и иных учреждениях, направлены как на трансляцию информации, представленной в художественных образах, впечатлениях, исторических артефактах, так и к привлечению большего числа посетителей в учреждения культуры [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сущность культурно-просветительской деятельности заключается в трансляции и популяризации знаний в различных сферах жизнедеятельности

человека. В вопросе о рассмотрении ключевых функций культурно-просветительской деятельности, которые могут транслироваться в рамках функционирования конкретного объекта, следует выделить ряд объектов, типологические особенности которых соответствуют искомым функциям. В городах Донбасса прослеживается опыт проектирования и строительства объектов, транслирующих культурно-просветительскую деятельность, однако нет определенных требований к формированию архитектуры комплекса (центра), который объединял бы единовременно те функции, которые может в себе сочетать культурно-просветительская деятельность. Следовательно, вопрос проектирования и строительства культурно-просветительских комплексов (центров) в городах Донбасса требует подробного изучения, для того чтобы в дальнейшем сформулировать принципы сохранения и развития объектов культурно-просветительской сферы в регионе. Это перспективное и важное направление для научно-исследовательской и проектной деятельности, актуальность которого обусловлена тенденциями развития общества, а также культурной политикой государства.

## Список литературы

1. Лагодина, Е. В. *Архитектура как текст. Семиотический анализ архитектурного пространства* / Е. В. Лагодина. — Текст: непосредственный // *Северо-Кавказский психологический вестник*. — 2012. — № 10, № 2, 2012. — С. 47-49.
2. Архипенко, Я. И. *Технология культурно-просветительской деятельности* / Я. И. Архипенко. — Текст: электронный // Образовательный портал «Справочник». — URL: [https://spravochnick.ru/pedagogika/tehnologiya\\_kulturno-prosvetitel'skoy\\_deyatelnosti/](https://spravochnick.ru/pedagogika/tehnologiya_kulturno-prosvetitel'skoy_deyatelnosti/) (дата обращения: 20.07.2023).
3. Баркалова Е. И. *Социально-экономические предпосылки формирования центров малой авиации в Донецком регионе* / Е. И. Баркалова, К. А. Маренков. — Текст: электронный // *Актуальные проблемы развития городов: Электронный сборник научных трудов III международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов*. — Макеевка: ГОУ ВПО «ДОННАСА». — 2019. — С. 167-170. — URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/studconf/2019/Sbornik\\_APRG\\_2019.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/studconf/2019/Sbornik_APRG_2019.pdf) (дата обращения: 21.07.2023).
4. Скотникова, Н. С. *Антропологическая парадигма русской культуры второй половины XIX века: философия и искусство : специальность 24.00.01 : «Теория и история культуры» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата философских наук* / Скотникова Нина Станиславовна, ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева». — Саранск, 2010. — 23 с. — Текст: непосредственный.
5. Свецкий, Е. *Модернизация музейных экспозиций: методические рекомендации* / Сост. и пер. М. Б. Гнедовский. М., 1989. — С. 11-12. — Текст: непосредственный.

6. Чугунова, А. В. Музейная архитектура в контексте современной культуры / А. В. Чугунова. — Текст: электронный // Вопросы музеологии. — 2010. — № 1. — С. 34-43. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/muzeynaya-arhitektura-v-kontekste-sovremennoy-kultury/viewer> (дата обращения: 15.07.2023).
7. Быховская, И. М. Основы культурологии: учебное пособие / Отв. ред. И. М. Быховская. — М., 2005. — С. 206. — Текст: непосредственный.
8. Буценко, Н. Д. История строительства Донецкой областной универсальной научной библиотеки, 1926–1940 гг. / Н. Д. Буценко. — Текст: электронный // Летопись Донбасса. — 2006. — № 3. — С. 28-29. — URL: <http://lib-dpr.ru/index.php?text=history> (дата обращения: 19.07.2023).
9. Васильева, Т. Н. Технопарки, технополисы, наукограды. Текст. : учеб. пособие / Васильева Т. Н. — М.: РГИИС, 2005. — Текст: непосредственный.
10. Золотов, Т. В. Основные направления научной деятельности отечественных теоретиков архитектуры / Т. В. Золотов. — Текст: электронный // Вестник ТГАСУ, № 4. — 2007. — С. 59-69. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-nauchnoy-deyatelnosti-otechestvennyh-teoretikov-arhitektury> (дата обращения: 22.07.2023).
11. Галеев, С. А. Виды адаптации архитектурных систем к экстремальным условиям среды. / С. А. Галеев. — Текст: электронный // Электронный научный журнал «APRIORI. Серия: Естественный и технические науки». — № 4. — 2015. — URL: <http://www.apriori-journal.ru/index.php/journal-estesvennie-nauki/id/769> (дата обращения: 23.07.2023).
12. Сулялина, П. И. Методы формирования общественных пространств: анализ зарубежных проектов / П. И. Сулялина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 17 (203). — С. 84-88.
13. Иванов, А. А. Архитектурно-планировочные приемы проектирования общественных пространств в современных культурных центрах / А. А. Иванов, Е. Н. Кузнецова. — Текст: электронный // Системные технологии. — 2020. — № 37. — С. 83-93. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturno-planirovochnye-priemy-proektirovaniya-obschestvennyh-prostranstv-v-sovremennyh-kulturnyh-tsentrakh> (дата обращения: 23.07.2023).
14. Виситаева, И. З. Культурно-просветительская деятельность: сущность, содержание, структура / И. З. Виситаева, И. В. Мусханова. — Текст: электронный // Современное педагогическое образование, № 8. — 2021. — С. 34-37. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kulturno-prosvetitelskaya-deyatelnost-suschnost-soderzhanie-struktura/viewer> (дата обращения: 19.07.2023).
15. Cupers, Kenny. The Cultural Center: Architecture as Cultural Policy in Postwar Europe / Kenny Cupers. — Текст: электронный // Journal of the Society of Architectural Historians, Vol. 74, No. 4. — 2015. — pp. 464-484. — URL: [https://criticalurbanisms.philhist.unibas.ch/publications/architecture-as-cultural-policy/The\\_Cultural\\_Center\\_Architecture\\_as\\_Cult.pdf](https://criticalurbanisms.philhist.unibas.ch/publications/architecture-as-cultural-policy/The_Cultural_Center_Architecture_as_Cult.pdf) (дата обращения: 22.07.2023).



# КОМПОЗИЦИОННЫЕ СРЕДСТВА АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА)

М. А. Черныш, к. арх., доцент

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Статья посвящена анализу функционально-пространственного зонирования города в условиях тяготения крупных промышленных предприятий, анализу освоения свободной от застройки территории, развитию структурных элементов селитебной территории. Изучаются условия формирования облика городов с учетом региональных, типологических, композиционно-художественных факторов. Исследованы визуальные методов формирования облика городов, определены факторы, влияющие на организацию облика города, а также рассмотрены композиционные приемы и средства, помогающие достичь силуэтной выразительности городской застройки. Значительное внимание уделено вопросам восприятия городской застройки крупных промышленных городов и условий формирования данных территорий с учетом специфики градообразующих предприятий. Рассматриваются архитектурно-художественные приемы гуманизации городской среды. Проанализирован комплексный композиционный анализ сложившейся исторической застройки с учетом монументально-декоративных средств в композиции города, синтеза искусств, дизайна и архитектуры.

**Ключевые слова:** архитектурно-градостроительная организация, композиция, приемы, промышленный город, городская застройка, зонирование, факторы, восприятие, комплексный подход



*Черныш  
Марина Александровна*

## ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основы композиции, ее системы и приемы закладываются еще в построении структуры города. В процессе развития городской среды, городского пространства, композиционные приемы архитектурно-градостроительной организации проявляются в различных слоях структурного образования городского массива (функционально-пространственное зонирование территории, улично-дорожная сеть, селитебные территории, система озеленения и благоустройства, историческая застройка, промышленные и коммунально-складские территории).

Термин «композиция» применяется не только к определенным элементам архитектурной среды, но и к населенному пункту в целом, с выделением отдельных его частей в зависимости от функционального назначения территории и объекта (центр города, жилые кварталы, улицы, территории отдельных учреждений общественного назначения, парки, скверы, бульвары и т.д.).

Сложившиеся проблемы крупных промышленных городов, в которых производственный промышленный потенциал являлся градообразующим фактором развития, обуславливают дальнейший комплексный подход к усовершенствованию планировочной структуры населенных пунктов, транспортной инфраструктуры, реорганизацию промышленных и коммунально-складских территорий, в том числе, с учетом основных композиционных систем и приемов на архитектурно-градостроительном уровне. Это позволит в дальнейшем создать универсальную комплексную систему по регенерации городской среды, реконструкции объектов и территорий городской застройки.

Рассматриваемые теоретические положения на сегодняшний день носят теоретико-экспериментальный характер, но в дальнейшем могут выступать основой архитектурно-градостроительного преобразования городской застройки, участвовать в мероприятиях по улучшению благоустройства селитебной зоны города с использованием основ композиции, ее приемов и средств.

**Целью исследования** является аналитический обзор композиционных средств и приемов, применяемых в архитектурно-градостроительной организации городской среды промышленных городов.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемы художественного синтеза, синтеза искусств в архитектуре и искусстве, художественные проблемы архитектуры освещены в трудах по искусствоведению: И. А. Азизян, Б. Р. Виппер, К. С. Малевич, Г. Якулов. Исследованиями в области теории архитектуры и композиции занимались: Б. Г. Бархин, А. Э. Гнутов, В. А. Глазычев, А. В. Иконников, А. Я. Ковалев и др. Исследованию морфологии архитектурных искусств посвящены работы профессора ННГАСУ С. В. Норенкова. Достаточно широко изложена история развития архитектурной школы Донбасса в работе авторов Х. А. Бенаи, Е. А. Гайворонского, Н. В. Шолуха «История региональной архитектурной школы Донбасса».

*«Прежде чем что-либо строить —  
слушайте город, прежде чем что-либо  
сносить — слушайте сердце.*

Норман Фостер

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Функционально-пространственное зонирование города. Структурные элементы селитебной территории

Город является единой комплексной системой взаимосвязанных элементов (жилая, общественная застройка, промышленные территории, инженерная инфраструктура, элементы благоустройства, зеленые насаждения, земли сельскохозяйственного назначения и др.). Городская структура формируется в зависимости от градообразующих элементов, будь то промышленные

предприятия и сельскохозяйственные земли. Города Донбасса входят в промышленную агломерацию, таким образом, и развитие, расширение их происходит по мере развития промышленных предприятий. Соответственно, функциональное зонирование крупных промышленных городов имеет ряд особенностей, а именно: исторически сложилось, что вблизи промышленных предприятий формировались жилые поселения. Со временем жилые поселки разрастались, расширялись и промышленные предприятия оказывались в центральной части города. Примерами таких городов являются г. Донецк, г. Макеевка, г. Шахтерск, г. Харцызск и др. (рис. 1,2).

С течением времени некоторые предприятия остались действующими, некоторые прекратили свою деятельность. Сейчас ведутся работы по использованию промышленных площадок под другие функции, однако данные территории, являющиеся градообразующими, оказывают большое влияние на облик города в целом. Это является особенностью, которую нельзя полностью уничтожить, а можно придать историческую, региональную ценность с помощью композиционных приемов и средств.

Город формируется в соответствии с потребностями общества, в соответствии с развитием его социальных и производственных функций и назначений. Решению проблемы взаимодействия различных функций в городской структуре, а именно — труд, быт, отдых, были посвящены труды многих социалистов-утопистов прошлого столетия [7,14].

Так, в XX в. архитекторы, организовав международную профессиональную ассоциацию (СИАМ), разрабатывали гуманистические идеалы для крупных и крупнейших городов. В 1933 г. под руководством Ле Корбюзье была провозглашена «Афинская хартия», в которой указывалось, что «целью СИАМ является создание такого физического окружения, которое удовлетворит

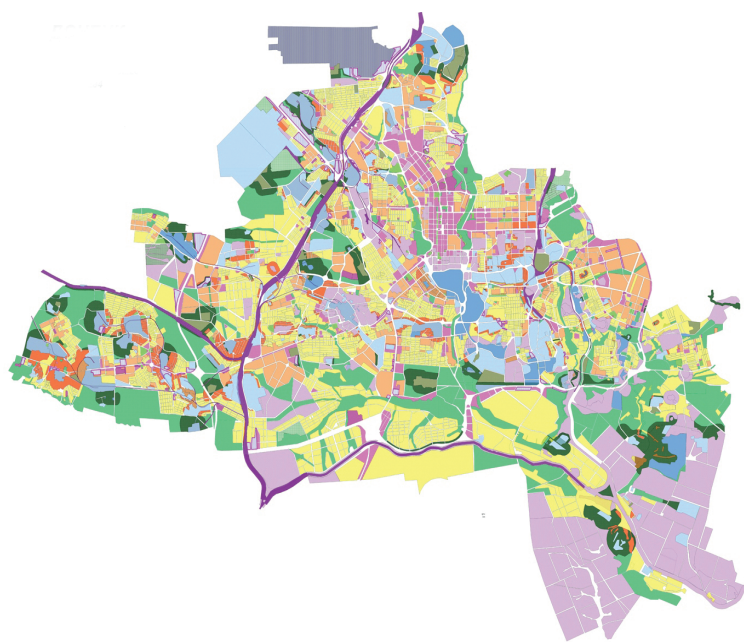


Рис. 1. Схема функционального зонирования г. Донецка с выделением промышленных предприятий и территорий

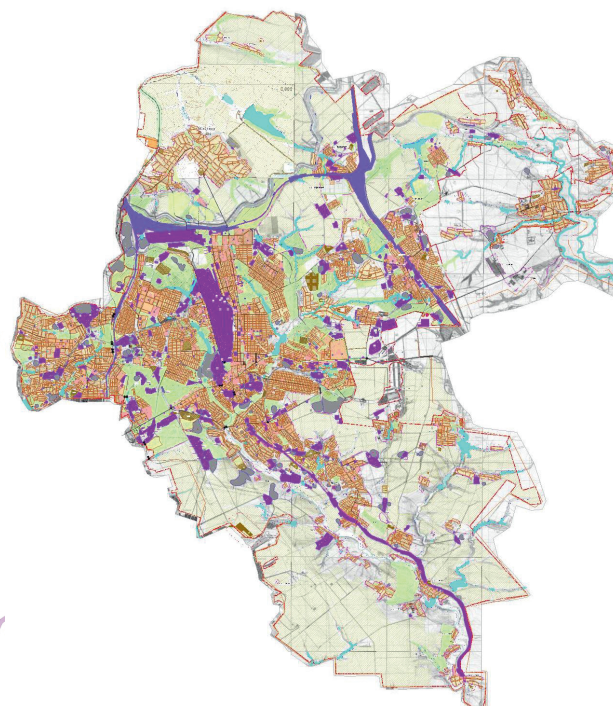


Рис. 2. Схема функционального зонирования г. Макеевки с выделением промышленных предприятий и территорий



эмоциональные и материальные потребности человека». Авторы «Афинской хартии» считали, что основой градостроительства должен быть принцип жесткого функционального зонирования городской территории и схематическая установка на «четыре функции» города — работа, жилье, отдых и движение. Однако со временем, эта система не прижилась в градостроительной практике. В 30-е годы XX в. был создан ряд моделей городской структуры, которые часто называют классическими, так как они сыграли и продолжают играть важную методологическую роль в исследовании города. Это концентрическая, секторная и многоядерная модели [14].

Концентрическая модель — это система концентрических зон (колец). В данной модели существует центральная зона (центральный деловой район), зона мало- и средне-этажной застройки, промышленная зона и периферийная зона.

Секторная модель представляет собой систему функциональных зон-секторов, которые наращиваются по мере развития города. Однако в данной модели тоже есть центр, вокруг которого распределяются сектора.

Многоядерная модель не имеет четкой структуры, представляет собой комплекс нескольких взаимосвязанных между собой городских структур. Другими словами, город в городе, что больше отражается в существующих городах [14].

Селитебную территорию города представляют социально-пространственные элементы — кварталы, микрорайоны и жилые районы. Жилые образования в данных структурах являются элементами, формирующими облик города в целом. Это зависит от этажности жилых домов, их расположения и взаимосвязи каждой структурной единицы друг с другом. Силуэт городской застройки формируется за счет композиционно правильного расположения жилых образований, с учетом высоты зданий, раскрытия дворовых пространств, сочетания зеленых насаждений и объектов, колористики городской застройки, акцентов и доминант элементов архитектурно-композиционного пространства [13].

## ***Условия формирования облика городов. Визуальные методы формирования облика городской среды***

Визуальный контакт и взаимодействие человека с окружающей его пространственной городской средой и определяет понятие облик города. Для того чтобы город был комфортным и гармоничным, с точки зрения пространственной и функциональной составляющей, необходимо учитывать социальные потребности населения, определенные условия градообразующего производственного потенциала, особенности зрительного восприятия отдельных зданий и сооружений, целых кварталов и микрорайонов, определенных территорий в городской структуре. Облик города зависит от наличия определенных факторов, которые сложились историческим путем, либо искусственно созданы в процессе развития всей территории города.

Формированию облика города способствуют определенные факторы:

- естественные водоемы (море, озеро, река, пруд);
- рельеф местности;
- наличие лесных массивов и зеленых насаждений;

— градообразующие промышленные предприятия и комплексы;

— тип планировочной структуры города (данный фактор подразумевает анализ городской структуры с точки зрения компактности, разрозненности или линейности) [12, 13].

Крупные промышленные города подвергаются особо тщательному композиционному анализу, так как промышленные предприятия, в какой бы части города они не располагались, задают определенный композиционный ритм. Дымовые трубы, подъемники, шахтные стволы на фоне городской застройки всегда видны, стремятся вверх, таким образом, композиционно подчиняют город вертикальному развитию (рис. 3).



*Рис. 3. Облик промышленного города Макеевка*

Выразительность облика любого города зависит от ряда приемов и средств пространственного упорядочения городской застройки, которыми можно решить современные архитектурно-градостроительные задачи. Такими средствами архитектурно-пространственной композиции являются: усовершенствование пространственной композиции города; использование принципов пространственного упорядочения городской застройки; метрические и ритмические построения; модульные и пропорциональные членения; симметричные и асимметричные построения; цвет, окраска зданий, фактура и текстура строительных материалов [5,12].

Ритмо-метрические построения в городской застройке определяются расположением групп зданий или сооружений в определенном порядке, упорядочением мелких элементов на фасадах (в виде окон, балконов, дверей, элементов декора), определенным порядком расположения элементов благоустройства (зеленые насаждения, малые архитектурные формы в виде уличных фонарей, урн, ограждений и т.д.). Если происходит нарушение гармонического соответствия простого или сложного ритмического ряда, это приводит к снижению, а иногда и к утрате художественных качеств.

Немаловажными композиционными средствами, определяющими выразительность облика города, являются модульные и пропорциональные членения. Они отвечают за соразмерность и масштаб городской застройки, особенно сочетание старой застройки и новой.

Средствами организации городских пространств также являются симметричные или асимметричные построения, обусловленные градостроительными требованиями и связями с окружающей средой.

Такие композиционные средства как контраст или нюанс формы могут применяться, когда необходимо выделить основную часть ансамбля городской застройки, или выразить последовательность перехода от одной группы застройки к другой.

Цвет, окраска зданий и сооружений, фактура и текстура строительных материалов – еще один немаловажный комплекс композиционных средств для гармонизации как отдельных частей городской застройки, так и целых кварталов [3]. Зрительное восприятие расстояний и пространств между зданиями, ощущение их весомости или легкости меняется в зависимости от применения холодных или теплых, слабых или контрастных оттенков.

Формирование облика города, городской застройки зависит также от пространственной ориентации. Это связано с визуальным контактом зрителя и отдельных частей городской среды, которые раскрывают индивидуальность, характер застройки, эстетику. Необходимо учитывать визуальные методы формирования облика города [13].

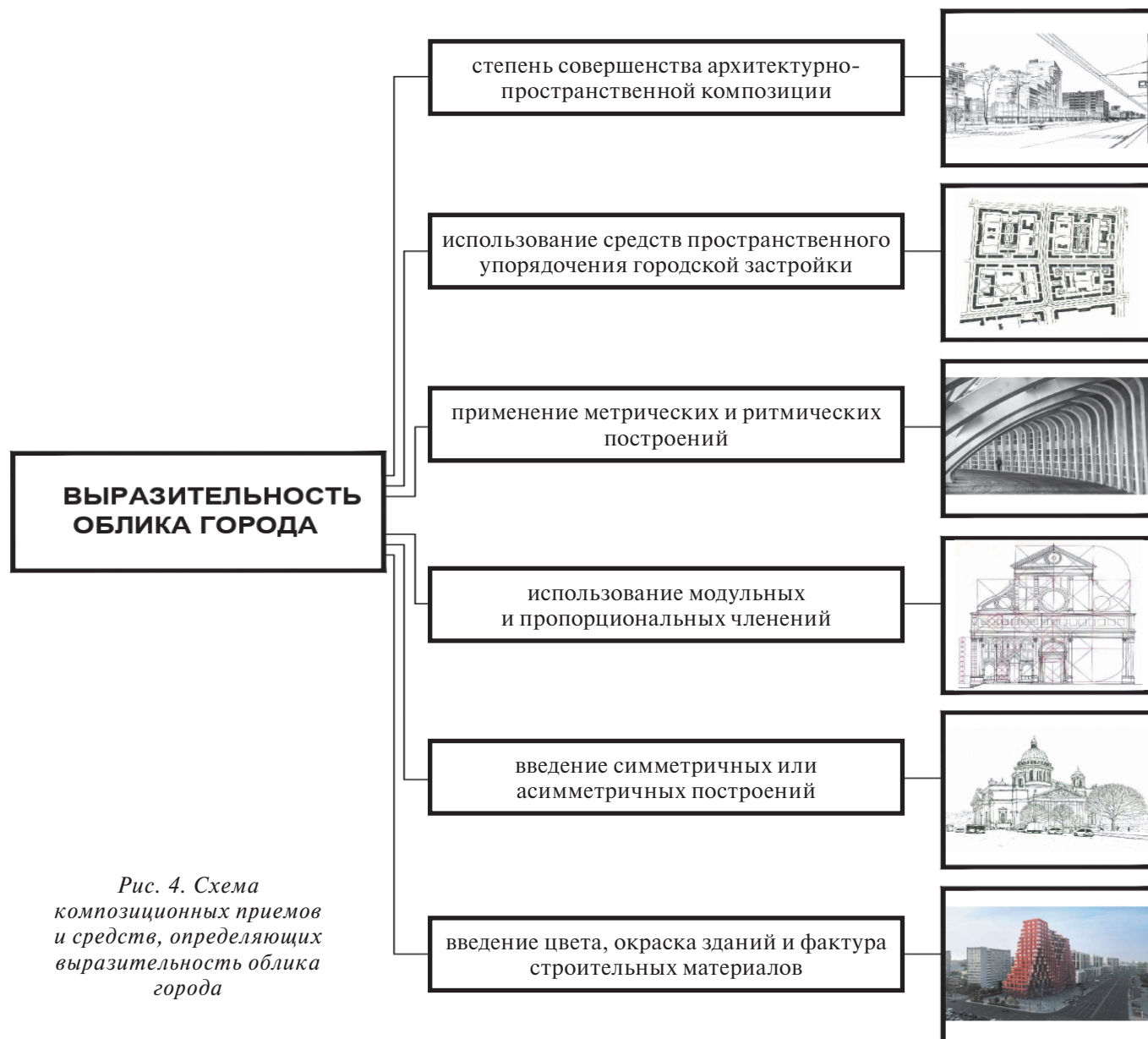


Рис. 4. Схема композиционных приемов и средств, определяющих выразительность облика города



Основными формами восприятия городского пространства являются:

- фронтальные (фасады зданий, плотные зеленые насаждения), находящиеся от зрителя на расстоянии, равном или меньшем, чем две высоты ограждения;

- объемные (здания) удалены от зрителя на расстояние, примерно втрое превышающее его линейные размеры;

- глубинные (ограждающие плоскости расположены вдоль оси зрения и уходят в глубину, образуя «пространственное тело»);

- панорамы, в данном случае границы пространства не ощущаются, в поле зрения остаются только задние планы, где расположенные на большем удалении от зрителя объемы преобразуются в плоскостные изображения. При достаточно больших расстояниях и особых условиях освещения панорама превращается в силуэт.

Границы городского пространства можно разделить на:

- реальные – здания, сооружения, зеленые насаждения, создающие непроницаемые зрительные границы пространства;

- символические – решетки, колоннады, прозрачные посадки, берег водоема и др.;

- условные – перспективы улиц, панорамы и другие дальние планы, входящие в состав пространства только зрительно [13, 14].

В композиционной структуре городского пространства существуют элементы, которые имеют разное значение для визуального эффекта: доминанты, акценты, фон [10].

Доминанты – это главенствующие компоненты городской среды или застройки, архитектурного ансамбля, которые отличаются от окружения контрастно (размерами, формой, цветом и т. д.).

Акценты – части композиции или элементы, выделяющиеся среди других деталей за счет особого решения отдельных изобразительных характеристик.

Фон – это основная масса архитектурного пространства, которая создает общее представление о его объемах, цвете, материалах. Элементы фона составляют городскую среду.

Если отдельные части города и группы зданий могут иметь законченное композиционное построение, а при обозрении отдельного здания мы пользуемся преимущественно зафиксированными видовыми точками и совершаем обход здания в поисках наиболее благоприятных точек, то город в целом представляет собою сложное образование, которое непрерывно развивается, изменяется и обновляется.

Городскую застройку невозможно охватить одним взглядом. Она воспринимается во времени и в определенной последовательности. Очередность, быстрота или замедленность восприятия имеют немаловажное значение для составления представления о городе или его отдельных частях [4]. Чем более разобщены отдельные части города, чем дальше простирается его застройка, тем сложнее задачи организации пространственного и архитектурного единства города. В этом заключается особенность композиционного построения и художе-

ственной оценки города по сравнению с отдельными зданиями или их группами [14].

### ***Архитектурно-художественные приемы гуманизации городской среды***

К архитектурно-художественным приемам гуманизации городской среды относятся элементы благоустройства, зеленые насаждения, малые архитектурные формы, объекты городского дизайна, система городских пешеходных связей.

При организации городской среды необходимо учитывать определенные архитектурно-художественные и архитектурно-градостроительные принципы [1, 6], а именно:

- 1) Учет транспортного и пешеходного движений в городе: степень доступности любой части города; организация системы велосипедных и пешеходных дорожек; устройство пешеходных проходов, совмещенных с обслуживанием (пассажи); устройство крытых пешеходных галерей в домах (аркада); использование рекреационных и накопительных пространств и площадок; организация скверов, совмещенных с системой пешеходных связей.

- 2) Учет возрастной и физической дифференциации жителей города в открытых пространствах: замощение улиц, ступеней, пандусов, пригодных для людей с разными физическими возможностями; использование фонтанов, ветровых устройств, световых и тепловых скульптур, колоколов и музыки, усиливающих эмоциональное восприятие.

- 3) Создание интерьеров на улицах и площадях: наличие мест для прогулок и отдыха; организация открытых общественных пространств; определение границ социальной территории, переход между общественной средой и групповой территорией; организация площадок вблизи существующих водоемов, зеленых насаждений; организация крытых и полукрытых павильонов; разработка систем уличного освещения;

- 4) Оптимизация информационной доступности к объектам городской среды: облегчение доступа к общезначимой информации; организация информационных, рекламных вывесок; свобода перемещений через открытые пространства.

Рассмотренные принципы организации городской среды образуют сенсорное качество городской среды, что является частью дизайна городского пространства [3]. Данные методы применимы при реконструкции существующих территорий городской застройки, а также при организации новых жилых образований.

### ***Комплексный анализ исторической застройки***

Комплексные историко-градостроительные исследования проводятся для определения исторической, культурной, научной ценности исторических объектов в структуре города, для выявления архитектурных параметров, инженерных и технологических характеристик исторического объекта в системе окружающих территорий.

Историко-градостроительные исследования делаются на некоторые виды [8, 14], в зависимости от планировочной структуры города, наличия исторического аспекта, масштаба городской застройки:

1. Историко-градостроительный анализ ситуации города. Предусматривает определение градостроительной степени ценности застройки и отдельных объектов архитектуры, культуры, искусства. Визуальные, композиционные, функциональные характеристики объектов исследования обуславливают формирующее значение исторической городской застройки в процессе ее сохранения, восстановления, восприятия с наиболее оптимальных визуальных точек, исторических маршрутов города.

2. Историко-культурный анализ. Предусматривает определение исторической степени ценности территорий, ландшафтов и объектов городской застройки, памятников архитектуры, культуры и искусства. Данный способ выявляет историко-культурный потенциал территорий и застройки с точки зрения социальных, структурно-функциональных, композиционных аспектов. Данный анализ способствует решению задач по выявлению историко-культурного потенциала исторической городской застройки (фиксация памятников истории и культуры, ценной и малоценной застройки), дифференциации объектов и территорий по степени исторической, архитектурной, градостроительной ценности, определения системы значимости этих элементов. Подобный историко-культурный анализ можно наблюдать на рис. 5, где проанализированы и выявлены культурно-исторические территории г. Енакиево.

3. Функциональный анализ. Предусматривает определение функциональной ценности объектов и территории городской среды, определение структуры,

объемно-планировочных решений. Этот тип анализа проводится для получения сведений об исторических особенностях использования объектов исследования, иерархии взаимосвязей между основными составляющими функциональными процессами.

5. Композиционный анализ. Предусматривает определение структуры пространств, объемов, зданий и сооружений с учетом особенностей восприятия и визуальной характеристики. Композиционный анализ — это выявление закономерностей значимых объектов в городе или фрагмента городской среды средствами объемно-пространственной композиции.

6. **Образный анализ.** Предусматривает изучение и выявление ассоциаций, образов и эмоциональных состояний, возникающих у человека в исследуемой среде. Данный анализ выявляет семантику пространств, ландшафтов, застройки с помощью композиционных приемов и средств.

### *Монументально-декоративные средства в композиции городской среды*

Городское пространство трудно представить без монументальных и декоративных элементов, формирующих эмоциональное и культурно-информационное содержание эстетически полноценной городской среды [11].

Принципы размещения и объемно-пространственное решение элементов монументально-декоративного искусства задает основу композиционного

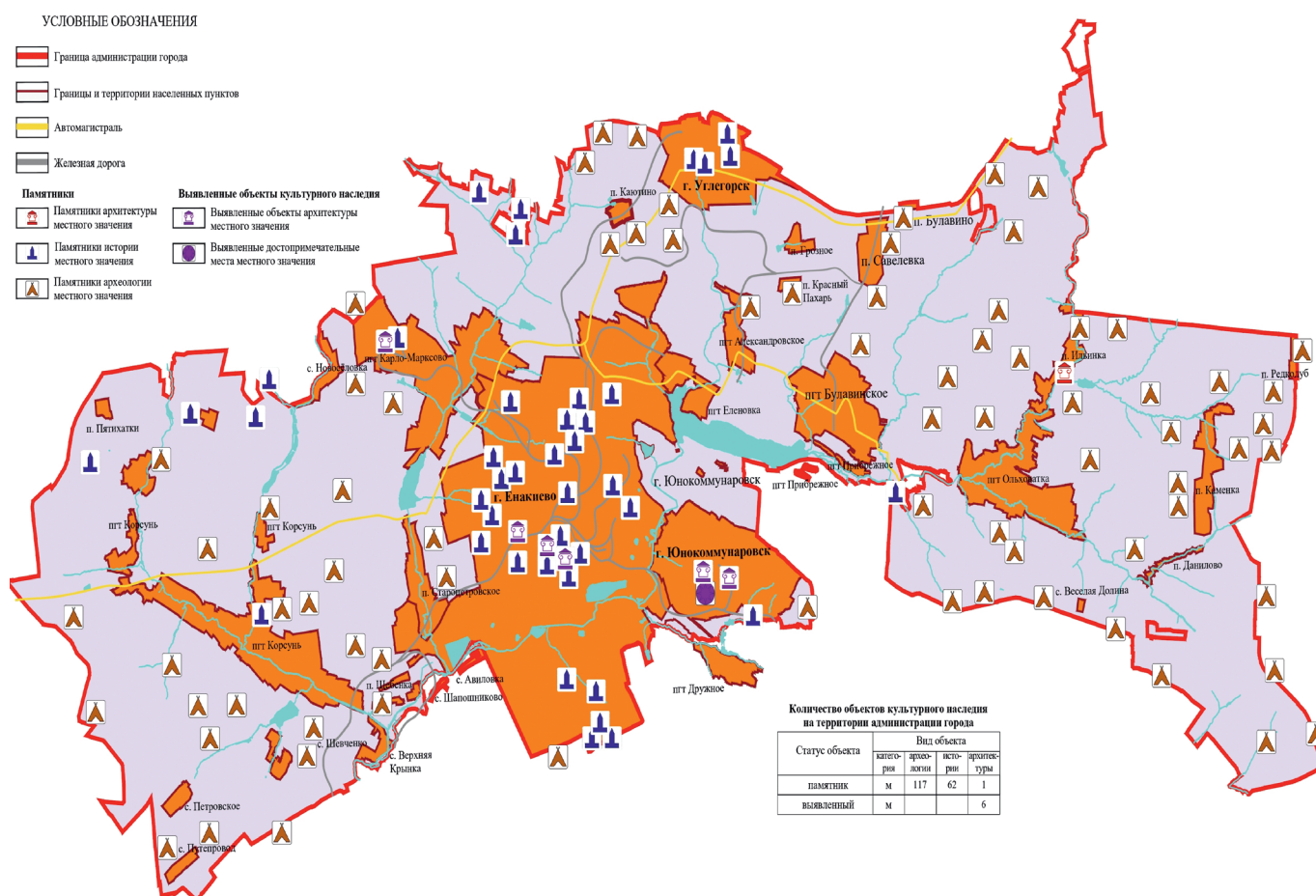


Рис. 5. Схема территории и объектов историко-культурного значения г. Енакиево



построения городского пространства с определенным наполнением подобными формами. К одной группе относятся объемные пластические элементы (трехмерные), воспринимаемые одинаково со всех сторон [2]. Подобные элементы могут быть архитектурные и скульптурные. Принципы зрительного восприятия, архитектурно-планировочные решения окружающего пространства, городской застройки, транспортной инфраструктуры являются архитектурно-градостроительными условиями размещения тех или иных элементов на определенной территории. Другая группа — это плоскостные элементы, к ним относятся архитектурные монументы (obelisks, колонны, стелы, триумфальные арки и др.). Принципы зрительного восприятия таких элементов сосредоточены на охвате больших территорий городской среды.

Пространственные формы для монументально-декоративного и художественного решения облика города условно делятся на четыре группы [9,11]:

1) Произведения монументально-декоративного искусства (мемориальные комплексы и сооружения, монументы, памятные знаки, монументально-декоративные живописные панно и рельефы, отдельно стоящие декоративные пластичные элементы, малые формы, памятные доски, мемориальные надписи);

2) Устройства наглядной агитации и пропаганды (стационарные и капитальные трибуны и эстрады, капитальные и стационарные рекламные установки, эмблемы, газосветные лозунги, установки со сменным оформлением, флагштоки, витрины, стенды, плакаты, флаги, лозунги);

3) Бытовая деловая информация (газосветные установки и эмблемы, электротабло, рекламы и витрины магазинов, информационные устройства для пешеходов, фотовитрины, стенды, информационные устройства для автотранспорта);

4) Общее и специальное благоустройство (газоны, цветники, специальные зеленые насаждения, живые изгороди, бассейны, фонтаны, декоративные водоемы, декоративное мощение, лестницы, пандусы, подпорные стенки, балюстрады, решетки, ограды, киоски, павильоны, навесы, перголы, остановки транспорта).

Элементы монументально-декоративного искусства могут оформляться разными способами [9], а именно:

— «монументализация» пространства — фиксация его геометрии, определение зоны влияния доминанты, выявление и закрепление архитектурно-художественной темы ансамбля (памятники, скульптурные и живописные композиции);

— декоративная организация пространства — городской дизайн (элементы рекламы, информационные и бытовые устройства).

Можно сказать, что композиционные принципы, приемы и средства организации городской застройки крупных промышленных городов являются неотъемлемой частью архитектурно-градостроительных преобразований, которые в той или иной степени уже коснулись, а в будущем еще коснутся многих городов в условиях развития.

## ВЫВОДЫ

Обобщены и исследованы вопросы функционально-пространственного зонирования промышленного города, структурные элементы селитебной территории, что позволяет на фундаментальном уровне обозначать будущие научные и практические приоритеты, которые в последствии могут стать алгоритмами решения вопросов организации существующего городского пространства и вновь проектируемых городских участков и зон.

С научно-практической точки зрения обоснованы подходы оптимизации решений в области архитектурно-градостроительного преобразования городских территорий с точки зрения условий формирования облика городов. Проанализированные визуальные методы формирования облика городской среды рассматриваются как средство динамического изменения архитектурно-градостроительных объектов городской застройки, формы, пространства и архитектурной среды города в целом.

Рассмотрены и проанализированы вопросы комплексного анализа исторической застройки городской среды промышленных городов, монументально-декоративные средства в композиции городской среды, а также вопросы применения архитектурно-художественных приемов гуманизации городской среды в условиях сохранения, восстановления культурной, исторической преемственности города в целом.

Определено, что композиционные приемы и средства архитектурно-градостроительной организации городской среды должны применяться при разработке проектных решений в области архитектуры, градостроительства, дизайна архитектурной среды.

## Список литературы

1. Дуцев, М. В. Современный город как пространство диалога / М. В. Дуцев; Современная архитектура мира, — 2012. Вып. 2. — С.221-244. — Текст : непосредственный.
2. Дуцев, М. В. Концепция художественной интеграции в новейшей архитектуре: монография / М. В. Дуцев; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. — 233 с. ISBN 9785879418910. — Текст : непосредственный.
3. Добрицына, И. А. Глобальное и региональное в системе стратегии современной архитектуры. Утверждение новой эры урбанизма / И. А. Добрицына // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ: материалы международной научно-практической конференции: сб. статей / редкол. Д. О. Швидковский, Г. В. Есаулов и др. — М., 2012. — С.14—19. — Текст : непосредственный.
4. Есаулов, Г. В. Устойчивая архитектура — от принципов к стратегии развития / Г. В. Есаулов // Вестник ТГАСУ «Архитектура и градостроительство». — Томск : ТГАСУ, 2014. — Вып 2014, № 6. — С. 9-24. — Текст : непосредственный.
5. Раппопорт, А. Г. К пониманию архитектурной формы : автореферат дис. ... доктора искусствоведения :

- 18.00.01 / Рос. акад. архитектуры и строит. наук. — Москва, 2002. — 38 с. — Текст : непосредственный.
6. Холодова, Л. П. Концепты современной теории архитектуры : [Электронный ресурс] / Л. П. Холодова // Архитектон: известия вузов. — 2010. — №3(31). — Режим доступа: URL: [http://archvuz.ru/2010\\_3/1/](http://archvuz.ru/2010_3/1/);
7. Дженкс, Ч. Новая парадигма в архитектуре / Ч. Дженкс // Проект International. — 2003. — № 5. — С. 98–112.
8. Бабич, В. Н. Геометрическое моделирование архитектурных форм и градостроительных структур [Электронный ресурс] / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлёв // Архитектон: известия вузов. — 2015. — №2(50). — Режим доступа: <http://old.archvuz.ru/PDF/%23%2050%20PDF/ArchPHE%2350pp20-30Babitch&Kremlev.pdf>;
9. Ревзин, А. Г. Синтез искусств в архитектуре и градостроительстве / А. Г. Резин; Теория и история архитектуры и градостроительства // ЦНИИТ ИА, 1990. № 1. — 59 с. — Текст : непосредственный.
10. Хофман, В. Основы современного искусства. Введение в его символические формы / пер. с нем. А. Белобратова; ред. И. Чечот и А. Лепорк. — Санкт-Петербург.: Академический проект, 2004. — 532 с. — Текст : непосредственный.
11. Беляева, С. Е. Основы изобразительного искусства и художественного проектирования / С. Е. Беляева; 7-е изд. Учебник. — М.: Академия, 2013. — 208 с. — Текст : непосредственный.
12. Гайворонский, Е. А. Методика композиционно художественного моделирования образа архитектурных объектов / Е. А. Гайворонский. — Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2008. — Выпуск 2008 6(74) Проблемы архитектуры и градостроительства. — С. 17–20.
13. Малков, И. Г. Формирование силуэта крупного города : учеб.-метод. пособие / И. Г. Малков, И. В. Михальцова; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. — Гомель: БелГУТ, 2014. — 30 с. — Текст : непосредственный.
14. Михалчева, С. Г. Градостроительный и ландшафтно-визуальный анализ: учеб. пособие по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство». — Пенза: ПГУАС, 2016. — 120 с. — Текст : непосредственный.



# ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, РАЗРУШЕННЫХ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ ХЛОРА

**В. В. Молодин, д.т.н., профессор; Д. С. Новиков**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

**Аннотация.** Для железобетонных конструкций, эксплуатировавшихся долгое время в агрессивной среде, характерна низкая прочность сцепления с вновь уложенным бетоном при восстановлении таких конструкций. Причиной этому служит разрушение, под действием агрессивных агентов, кристаллических сшивающих сростков, отвечающих за сцепление. А традиционные методы восстановления разрушенных железобетонных конструкций, подвергшихся коррозии, не могут обеспечить качественного сцепления «старого» и «нового» бетонов. Установлено, что форсированный разогрев «ремонтной» бетонной смеси при укладке на поверхность бетона, подвергшегося хлоридной коррозии, формирует поток влаги с продуктами растворения цемента из «нового» бетона в «старый», которая продавливается через поврежденный коррозией слой. После отверждения восстанавливается кристаллическая структура, соединяются уложенный и неповрежденный слои ионами хлора. Так обеспечивается прочное сцепление.

**Ключевые слова.** Сцепление, коррозия, ионы хлора, температурный градиент.



**Молодин  
Владимир Викторович**



**Новиков  
Денис Сергеевич**

## ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К самым распространенным агрессивным факторам, ускоряющим разрушение материала железобетонных конструкций, можно отнести воздействие углекислого газа  $\text{CO}_2$  и ионов  $\text{Cl}^-$ , т.е. процесс карбонизации и хлоридную агрессию [1–2].

Агрессивное воздействие сказывается на кристаллической решетке бетона. В работах Молодина В. В., Ануфриевой А.Е., Леонович С. Н., Навоян А. Х. [3, 4] было установлено, что структура цементного камня серьезно ухудшается, сшивающие игольчатые гидросиликаты кальция исчезают, из-за этого снижается прочность.

Хлорид-ионы, проникая в тело бетона, со временем достигают плоскости арматуры. Сначала они разрушают пассивирующую пленку на поверхности арматурных стержней. Далее ионы хлора начинают контактировать с самой арматурой. В результате этого взаимодействия появляются продукты коррозии (ржавчина), которые будут занимать объем в 2–2,5 раза больший, чем арматура, по причине чего возникнет давление на защитный бетонный слой изнутри конструкции. Сначала образуются трещины, а потом произойдет разрушение защитного слоя бетона [5].

Снижение фактического срока службы ж/б конструкций характерно для: цехов по производству хлора и каустика, хлорной извести, хлорированных органических продуктов; отделений хлорирования химико-металлургических заводов, водопроводных станций, портовых сооружений [6–8].

Проблема заключается в том, что при восстановлении железобетонных конструкций, эксплуатировавшихся в агрессивной среде, традиционными методами [9] не обеспечивается прочное сцепление «ремонтируемого» и «восстанавливаемого» бетонов.

Через некоторое время происходит повторное разрушение в зоне контакта «старого» и «нового» бетонов (рис. 1).

Поэтому целью работы является разработка технологии восстановления железобетонных конструкций, при которой будет обеспечиваться надежное сцепление «ремонтного» и «восстанавливаемого» бетонов.

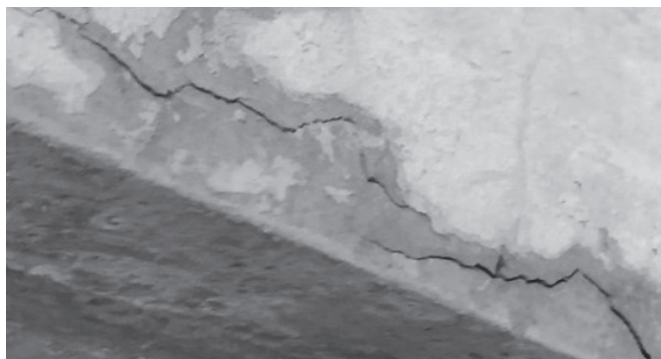


Рис. 1. Отслоение вновь уложенного бетона

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В работе исследовались характер и глубина разрушения структуры бетона под действием хлоридной агрессии на бетон, согласно ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Первым делом были изготовлены образцы из пескобетона в форме куба с размерами 20×20×20 мм, сериями по 15 штук с водоцементным отношением: 0,65; 0,55; 0,45. Образцы выдерживались 28 суток при температуре +20 °С и относительной влажности 75 %. После выдерживания была определена их пористость: 28 %, 25 %, 21 %, соответственно.

Далее образцы помещались в эксикатор, в котором была хлоридсодержащая среда (рис. 2).

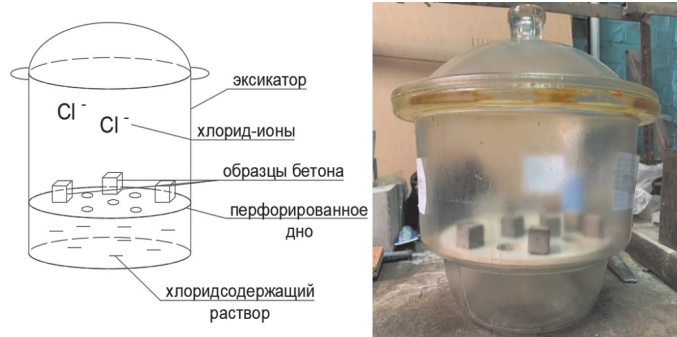


Рис. 2. Экспериментальная установка

Для ускорения эксперимента концентрация хлора была принята 16 г/л. Каждую неделю, на протяжении пяти недель, образцы с разным водоцементным соотношением извлекались из эксикатора, затем скалывались, на поверхность скола наносился раствор йода и крахмала в соотношении 1/2. Раствор изначально имеет темно-синий оттенок. При наличии хлоридов на сколе образца нанесенный раствор осветляется (рис 3).

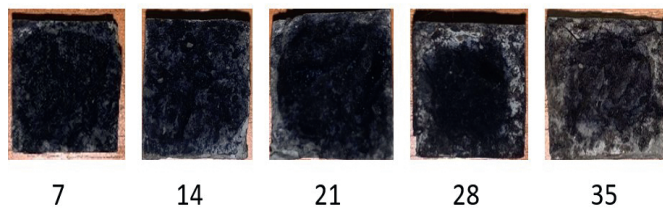


Рис. 3. Следы проникновения ионов хлора вглубь бетона с течением времени

В результате эксперимента был построен график определения глубины проникновения ионов хлора в бетон (рис. 4).

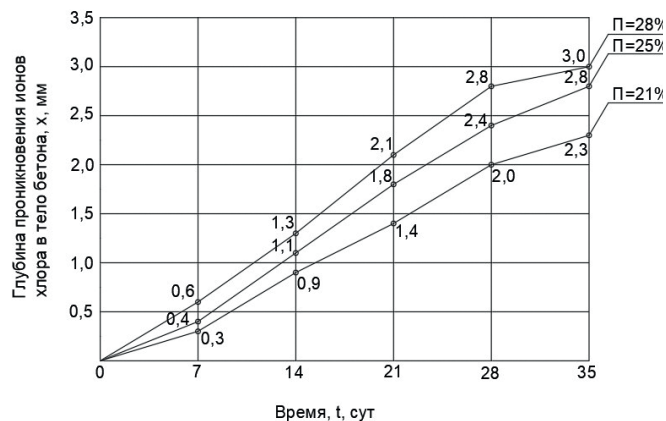


Рис. 4. График глубины проникновения ионов хлора в бетон при разной пористости материала

В Институте химии твёрдого тела и механохимии (ИХТТМ) СО РАН с помощью электронного сканирующего микроскопа ТМ-1000 с увеличением в 5 000 раз были исследованы зоны образцов, поврежденные и не тронутые хлоридами (рис. 5, 6).

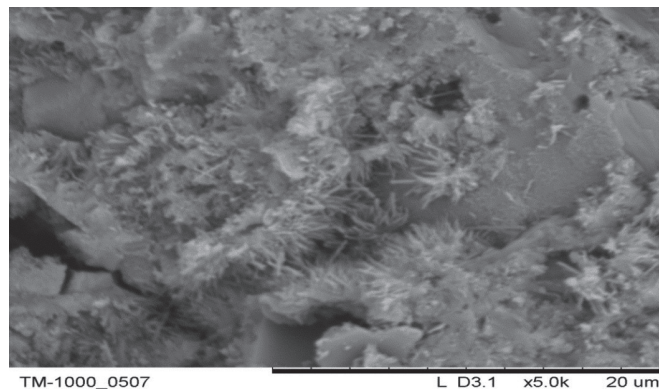


Рис. 5. Микрофотография зоны образца, не тронутой коррозией, при увеличении в 5000 раз

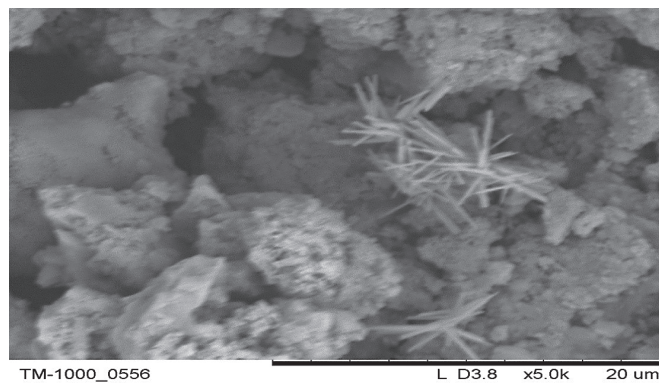


Рис. 6. Микрофотография зоны образца, поврежденной коррозией, при увеличении в 5000 раз

На фотографии здоровой структуры цементного камня наблюдается большое количество волокнистых субмикрорекристаллов гидросиликата кальция, которые прочно сшивают комковатые образования, благодаря этому цементный камень прочный.



На рисунке 6 – разрушенная зона образца хлором. Кристаллической структуры здесь не наблюдается, структура цементного камня утратила свою монолитность. Ионы хлора изменили когезионную прочность материала. Аналогичные результаты были получены при исследовании карбонизации [10, 11].

Чтобы восстановить разрушенные железобетонные конструкции, была предложена гипотеза: применение форсированного разогрева ремонтной бетонной смеси в технологии восстановления железобетонной конструкции, подвергшейся хлоридной агрессии, вызовет появление температурного градиента между укладываемой смесью и восстанавливаемой конструкцией, что в силу возникающей разницы парциального давления формирует поток влаги с продуктами растворения цемента из ремонтной бетонной смеси через систему капилляров поврежденного бетона вглубь восстанавливаемой конструкции. Продукты растворения цемента сформируют новую кристаллическую структуру в зоне коррозионного разрушения и достигнут зоны бетона, неповрежденного коррозией, что в свою очередь обеспечит качественное сцепление ремонтного слоя и восстанавливаемой конструкции.

Чтобы проверить данную гипотезу был проведен эксперимент по определению прочности сцепления «восстанавливаемого» и «ремонтного» бетонов.

Испытания проводились в трех случаях:

1. К бетону, выдержанному в нормальных условиях, укладывалась разогретая смесь.
2. К бетону, выдержанному в агрессивной среде хлора, укладывалась разогретая бетонная смесь.
3. К бетону, выдержанному в агрессивной среде хлора, укладывалась не разогретая бетонная смесь.

В каждом случае испытывались три образца, изготовленные из бетона В20 в форме куба с размерами  $100 \times 100 \times 100$  мм. Образцы имели металлические, строго отцентрированные анкерные болты М8 с крестовой анкерровкой на конце из стальной проволоки диаметром 6 мм. Анкерровка нужна для лучшей совместной работы анкерного болта с бетоном при испытании на осевое растяжение. Анкерный болт выступал за грань образца, для крепления в захваты разрывной машины.

Изготовленные образцы выдерживались в нормальных условиях 28 сут. После приобретения проектной прочности три образца хранились изолированно от воздействия окружающего воздуха. Шесть других на 28 сут. выдерживались в агрессивной среде хлора с концентрацией хлоридсодержащего раствора 20 г/л.

Спустя 28 сут. выдерживания, образцы помещались в форму, с одной стороны базовый образец с температурой  $20^\circ\text{C}$ , а с другой стороны формы находится анкер (рис. 7).

Далее в 3 формы с образцами, выдержанными в нормальных условиях, укладывалась бетонная смесь, предварительно разогретая до  $95^\circ\text{C}$  (рис. 8-9), чтобы создать температурный градиент  $75^\circ\text{C}$ , который формирует разницу парциального давления и переносит влагу с продуктами растворения цемента из зоны высоких температур (разогретая бетонная смесь) в зону низких температур (базовый образец);



Рис. 7. Подготовка к укладке бетонной смеси

В 3 формы с образцами, выдержанными в агрессивных условиях, укладывалась бетонная смесь, предварительно разогретая до  $95^\circ\text{C}$ ;

И в 3 формы с образцами, выдержанными в агрессивных условиях, укладывалась не разогретая бетонная смесь.

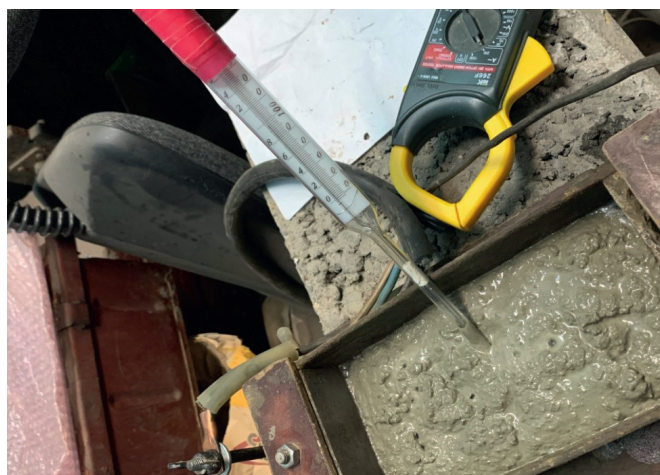


Рис. 8. Предварительный разогрев бетонной смеси



Рис. 9. Форма после укладки бетонной смеси

После 28 сут. выдерживания, образцы, согласно ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам» испытывались на осевое



растяжение. Анкерные болты образцов закреплялись в захваты разрывной машины МИ40КУ и нагружались до полного разрушения при постоянной нагрузке 0,05 МПа/с (рис. 10).



Рис. 10. Испытание образцов на осевое растяжение

Результаты испытания образцов на осевое растяжение представлены в виде таблицы 1. Результаты отображались на персональном компьютере в программном обеспечении К40, в котором строился график зависимости линейных деформаций от усилия растяжения (рис. 11).

Таблица 1.  
Результаты испытания образцов на осевое растяжение

№ образца	Максимальное усилие, кН	Линейная деформация, мм
1	Образцы, выдержанные в нормальных условиях, с укладкой разогретого бетона	
1.1	5,72	2,66
1.2	4,52	2,45
1.3	3,31	2,12
Средний показатель	4,52	2,41
2	Образцы, выдержанные в агрессивной среде хлора, с укладкой разогретого бетона	
2.1	3,84	2,25
2.2	3,04	1,97
2.3	1,7	1,42
Средний показатель	2,86	1,88
3	Образцы, выдержанные в агрессивной среде хлора, с укладкой не разогретого бетона	
3.1	2,40	1,87
3.2	2,17	1,76
3.3	2,15	1,72
Средний показатель	2,24	1,78

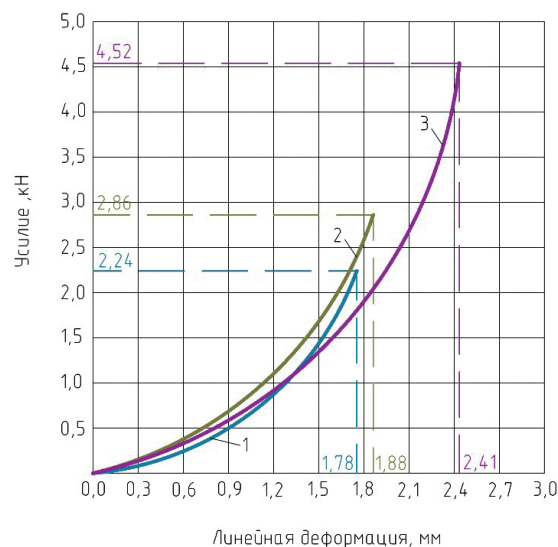


Рис. 11. График зависимости линейных деформаций от усилия растяжения: 1 — образцы, подвергшиеся воздействию агрессивной среды хлора; 2 — образцы, подвергшиеся воздействию агрессивной среды хлора и термообработке; 3 — образцы, подвергшиеся термообработке и твердевшие в нормальных условиях



Рис. 12. Внешний вид поверхности образцов, выдержанных в нормальных условиях и с термообработкой при укладке



Рис. 13. Внешний вид поверхности образцов, выдержанных в агрессивных условиях и с термообработкой при укладке



Рис. 14. Внешний вид поверхности образцов, выдержанных в агрессивных условиях и без термообработки при укладке



Если посмотреть на плоскости образцов после разрыва (рис. 12), выдержанных в нормальных условиях, к которым укладывалась разогретая бетонная смесь, то можно увидеть, что на плоскости «нового» бетона видны наросты, вырванные из «старого» бетона. Следовательно, влага с продуктами растворения цемента проникла в тело «старого» бетона, что после ее отверждения дало прочное соединение.

На плоскости «старого» бетона, выдержанного в хлоре (рис. 13), после разрыва осталась небольшая каверна площадью  $1 \text{ см}^2 - 1,5 \text{ см}^2$ , а на бетоне, который был разогрет, виден нарост.

Плоскости образцов бетона, выдержанного в хлоре, и уложенной бетонной смеси без термообработки (рис. 14) абсолютно плоские. Сцепления не было. Разрыв произошел по плоскости контакта «старого» и «нового» бетонов.

### ВЫВОДЫ:

1. Установлено, что эксплуатация железобетонных конструкций в хлорной среде ведёт к разрушению кристаллической структуры цементного камня в зоне контакта с агрессивной средой и снижению его когезионной прочности.

2. Определено, что при концентрации хлора  $16 \text{ г/л}$  в первый месяц увеличение пораженных зон идёт по нарастающей и достигает  $2,3-3 \text{ мм}$  в зависимости от пористости материала.

3. Показано, что форсированный разогрев бетонной смеси при укладке ее на бетонное основание при температурном градиенте  $75^\circ\text{C}$  и разницы парциального давления, вызывает мощный поток влаги вглубь бетона. После отверждения продуктов растворения, в разрушенной хлором зоне бетона формируется новая кристаллическая решетка, обеспечивающая сцепление на  $27\%$  прочнее, чем при твердении в нормальных условиях.

### Список литературы

1. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеева; Стройиздат. — 1980. — С. 536. — Текст : непосредственный
2. Backus, J., Exposure of mortars to cyclic chloride ingress and carbonation / Backus J., Mcpolin D., Basheer M.; Advances in Cement Research. — 2013. — Текст : непосредственный
3. Молодин, В. В. Влияние карбонизации бетонных поверхностей на их сцепление со свежесуложенным бетоном / Молодин В. В., Ануфриева А. Е., Леонович С. Н. // Наука и техника. 2021. №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-karbonizatsii-betonnyh-poverhnostey-na-ih-stseplenie-so-svezheulozhennym-betonom> (дата обращения: 17.04.2023).

4. Молодин, В.В. Форсированный разогрев смеси, как фактор увеличения сцепления бетонов, подвергшихся коррозии / В. В. Молодин, А. Е. Ануфриева, А. Х. Навоян // Известия вузов. — 2020. — № 2. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47082844> (дата обращения: 17.04.2023).
5. Аль Каради Али, Основные физикомеханические свойства железобетона / Аль Каради Али // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2013. — № 5. — С. 39-42. — URL: <http://dspace.bstu.ru/bitstream/123456789/1018/1/9.%20Али.pdf>.
6. Шалый, Е. Е. Хлоридная коррозия морского бетона / Шалый Е. Е., Ким Л. В. // Вестник ИШ ДВФУ. 2018. №2 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hloridnaya-korroziya-morskogo-betona> (дата обращения: 17.04.2023).
7. Овчинников, И. И. Применение нелинейной деформационной модели для анализа поведения армированных пластин на упругом основании, взаимодействующих с хлоридосодержащей средой. Основные соотношения / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников // Magazine of Civil Engineering. 2013. №1 (36). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-nelineynoy-deformatsionnoy-modeli-dlya-analiza-povedeniya-armirovannyh-plastin-na-uprugom-osnovanii-vzaimodeystviyushchih-s> (дата обращения: 17.04.2023).
8. Шалый, Е. Е. Железобетон при воздействии карбонизации и хлоридной агрессии: вероятностная модель расчёта-прогноза срока службы / Шалый Е. Е., Ким Л. В., Леонович С. Н. // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2018. №6. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhelezobeton-pri-vozdeystviy-karbonizatsii-i-hloridnoy-agressii-veroyatnostnaya-model-raschyota-prognoza-sroka-sluzhby> (дата обращения: 17.04.2023).
9. Philip H. Perkins concrete structures: repair, waterproofing and protection // Applied science publishers LTD, London, 1976. 256 p.- URL: <https://www.uceb.eu/DATA/CivBook/42.%20Repair,%20Protection%20and%20Waterproofing%20of%20Concrete%20Structures,%20P.H.Perkins.pdf>.
10. Бердов, Г. И. Взаимодействие клинкерных минералов с водными растворами хлоридов / Бердов Г. И., Мадзаева О. С., Бурученко А. Е., Линник С. И. // Известия вузов. Строительство и архитектура. — 1987. — № 10. — С. 59–63. — URL: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-B%2048-962661>
11. Белов, Н. В. Кристаллическая структура силикатов / Н. В. Белов // Химическая наука и промышленность. — 1958. — №1, т. 3. — С. 46-50. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17056986>.

# О ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ ОТВАЛЬНОГО МАРТЕНОВСКОГО ШЛАКА

В. И. Братчун, д.т.н., профессор; В. Л. Беспалов, д.т.н., доцент; В. В. Жеванов, к.т.н., доцент; Е. А. Ромасюк, к.т.н., доцент; А. И. Сердюк, д.х.н., профессор

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка



*Братчун  
Валерий Иванович*



*Беспалов  
Виталий Леонидович*



*Жеванов  
Вячеслав Владимирович*



*Ромасюк  
Евгений Александрович*



*Сердюк  
Александр Иванович*

**Аннотация.** Установлено, что отсев дробления отвальных мартеновских шлаков характеризуется замедленной скоростью гидратации. При этом формируется гелевая структура новообразований, о чем свидетельствует неизменность рентгеновских дифрактограмм твердеющего шлакового камня в возрасте одних суток и в возрасте двух лет; наличие на поверхностях шлаковых частиц гелеобразных новообразований, отличающихся как по химическим элементам, так и по их количественному соотношению; возникновение характерных для геля сетей трещин синерезиса, их залечивание и образование новых, часто пересекающихся существующие трещины. Показано, что эффективным способом активизации гидравлической активности отсева дробления отвального мартеновского шлака является введение в водошлаковую смесь щелочных добавок — негашеной молотой извести и пыли уноса цементных печей, которые интенсифицируют поверхностное растворение шлаковых частиц и синтез гелевых новообразований, преимущественно Al — Si — Ca состава, которые формируют конденсационную структуру шлакового камня.

**Ключевые слова:** отсев дробления отвального мартеновского шлака, гидравлические свойства отвального мартеновского шлака, способы интенсификации гидравлической активности отсева дробления отвального мартеновского шлака.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Работа тяжелой промышленности неизбежно влечет за собой образование большого объема побочных продуктов промышленности, минеральных отходов, которые накапливаются в отвалах, занимая огромные территории плодородных земель и вызывая загрязнение окружающей среды, а также нарушая экологическое равновесие. В частности, в Российской Федерации ежегодно образуется 7 млрд. т промышленных отходов, при этом используется лишь 2 млрд. т или 28 %. Только на территории России в отвалах и хранилищах накоплено 100 млрд. т твердых промышленных отходов [1].

В общую долю таких отходов значительный вклад вносит черная металлургия. Так, на 1 млн. т выплавляемой стали приходится около 120 тыс. т шлаковых отходов. Металлургические шлаки представляют собой побочные продукты высокотемпературных процессов взаимодействия исходных



природных и технических сырьевых материалов как между собой, так и с газовой средой с последующим охлаждением образующегося расплава. Химико-минералогический и фракционный составы, а также реакционная способность твердых шлаков определяются особенностями процессов, происходящих при выплавке того или иного вида металла, и условиями их охлаждения. Все это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на формирование конечной структуры твердых шлаков и их реакционную способность [2].

Известно, что химический состав сталеплавильных шлаков, в частности мартеновских, в основном представлен оксидами, образующимися при окислении железа и различных примесей стали – кремния, марганца, фосфора, хрома и других; оксидами кальция, железа, кремния и алюминия, поступающими в плавильную печь с известью или известняком, флюсами, железной рудой, агломератом и бокситом; оксидами магния и хрома, попадающими в шлак в результате разрушения огнеупорной футеровки печей сталеплавильного процесса, и кремнеземом из футеровки печей кислого процесса [3].

На многих предприятиях Донецкой Народной Республики и Российской Федерации ведется интенсивная разработка сталеплавильных шлаковых отвалов с фракционированием шлака и магнитным обогащением отдельных фракций. В результате выделяются несколько обогащенных железом продуктов, отличающихся крупностью и химическим составом, которые используются в сталеплавильном и доменном процессах или же при агломерации руд. В то же время оставшаяся после такого рода переработки шлаковая часть характеризуется значительным содержанием железа как в виде оксидов, так и металлического скрапа, что обуславливает необходимость поиска путей дальнейшего ее использования в различных технологиях.

Мартеновские шлаки первичные и конечные образуются в результате взаимодействия примесей жидкого чугуна и лома (Si, Mn, P, S) с флюсами (известняк, кварцит, плавиковый шпат и др.). В составе мартеновских шлаков содержится до 30 элементов. Сумма оксидов CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO в мартеновском шлаке до 98 %. Существенное влияние на свойства шлаков оказывают примеси MnO, S, FeO и микропримеси Ti, V, Cr, Ni, Si и др. По мнению В. С. Горшкова, даже содержание их в тысячных долях процентов существенно влияет на вязущие свойства шлака [3]. Мартеновские шлаки преимущественно CaO + MgO являются основными ( $M_0 = 1,0 - 3,5$ ). Характерно, что лишь 1 % мартеновских шлаков металлургических заводов Донецкой Народной Республики являются кислыми, они содержат до 42-55 % SiO<sub>2</sub>.

Минералогический состав мартеновских шлаков характеризуется содержанием следующих минералов, % мас.: C<sub>3</sub>S = 10-12, C<sub>2</sub>S = 15-17, C<sub>3</sub>A = 0,5-1,0, C<sub>4</sub>AF = 3-4, C<sub>2</sub>F = 5-7, MgO = 4-5, CaS = 0,5-1,0, C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub> = 5-6, C<sub>2</sub>(AM)S<sub>3</sub> = 5-7, C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub> = 10-12, CMS = 10-12, C<sub>2</sub>AS = 15-17, Fe<sub>3</sub>C<sub>4</sub> = 3-5, стекло переменного состава до 5. Невысокое содержание в составе мартеновского

шлака минералов портландцементного клинкера и их кристалличность свидетельствует о замедленном характере проявления гидравлической активности шлака.

Отмечается [3], что в отвальных мартеновских шлаках потери при прокаливании составляют 11-13 %, что свидетельствует о многолетнем пребывании шлака в отвалах и далеко зашедших процессах шлаковых распадов, а также о процессах увлажнения и карбонизации материала. При сливе в отвалы мартеновские шлаки медленно остывают, практически полностью кристаллизуются и, как правило, не содержат стекла. Отвальные мартеновские шлаки бывают плотными, пористыми и ноздреватыми с кристаллической и стекловидной структурой, засоренные примесью шамотного кирпича, с включением оксидов железа и металлических включений – королек и скрапа до 15-20 %. При переработке отвального мартеновского шлака на щебень его сортируют, глыбы раскалывают, дробят, пропускают через электромагнитный сепаратор.

Отвальные мартеновские шлаки неравномерно взаимодействуют с влагой и газами атмосферы, что приводит к силикатному (переход C<sub>2</sub>S в α, β и γ – модификации, сопровождаемый увеличением объема материала на 10-12 %), известковому и магнезиальному распаду (замедленная гидратация CaO и MgO, находящихся в пережженном состоянии), марганцевому и железистому распаду, вызванному увеличением объема шлака при гидролизе и гидратации сульфатов марганца и железа на 24 % и 38 % соответственно [2].

Сталеплавильные шлаки, используемые в строительстве за рубежом (металлургические компании «Usinor Sacilor», «Cashmetal Dunkerque» (Франция); английский металлургический монополист – компания «British Steel Corporation»), рекомендуется выдерживать четыре года в естественных условиях или три месяца при периодическом увлажнении водой (для полного распада свободной CaO).

Для переработки на щебень и искусственный песок рекомендуется применять шлак кристаллической структуры. При этом при степени известкового распада 3-4 % шлак может использоваться для устройства оснований дорожных одежд, а при степени известкового распада менее 1-2 % – для производства цементобетонных, асфальтобетонных смесей, и в измельченном виде (частицы менее  $(60-70) \cdot 10^{-6}$  м) в качестве минерального порошка и наполнителей для производства растворных и бетонных смесей.

Следовательно, мартеновский шлак может использоваться в виде:

– рядового щебня, размером частиц  $(5-120) \cdot 10^{-3}$  м, при устройстве нижних и подстилающих слоев оснований дорожных одежд автомобильных дорог I-III технических категорий;

– фракционированного щебня фракций  $(5-10) \cdot 10^{-3}$  м,  $(10-20) \cdot 10^{-3}$  м,  $(20-40) \cdot 10^{-3}$  м для устройства оснований, покрытий, слоев износа автомобильных дорог I-III технических категорий.

Ежегодно на щебень для строительства конструктивных слоев автомобильных дорог перераба-

тывается в США около 10 млн. т сталеплавильных шлаков, в Польше — 943 тыс. т, в Англии — 354 тыс. т, в Германии — 1,26 млн. т [2]. Щебень из сталеплавильных шлаков используется в качестве железнодорожного балласта, в основаниях дорог, а также для устройства обочин и тротуаров.

Существующий опыт эксплуатации дорожных покрытий, построенных из асфальтошлаковых смесей, свидетельствует о высокой сдвигоустойчивости покрытий и шероховатости дорожных одежд. Коэффициент сцепления колеса автомобиля с мокрой поверхностью покрытия при длине тормозного пути легкового автомобиля весом до 1,5 тонн равен 0,6.

Характерно, что асфальтошлакобетоны характеризуются значительной прочностью ( $R_{20} = 9-10$  МПа,  $R_{50} = 4,8-5,1$  МПа) и коэффициентом водостойкости при длительном водонасыщении ( $K_{вд} = 0,86-0,95$ ), низкой температурной чувствительностью механических свойств, а также стабильностью свойств в условиях эксплуатации. В ходе наблюдений установлено, что после пяти лет эксплуатации асфальтошлакобетонное покрытие имеет температурных трещин в два раза меньше, ширина раскрытия их также в 2-3 раза меньше, чем на участках такой же длины дорожного покрытия, построенного из традиционных асфальтобетонных смесей с использованием щебня и песка из природных горных пород.

Обследование дорожных одежд, построенных с применением мартеновских шлаков, показало, что модуль деформации их равен 45 МПа. При этом, во времени наблюдается снижение упругих прогибов дорожных одежд, что свидетельствует об увеличении несущей способности асфальтошлакобетонных дорожных одежд.

Процесс производства асфальтобетонных смесей энергоемок и сопровождается значительными выбросами вредных веществ [4, 5]. Все это обуславливает необходимость модифицировать нефтяные дорожные битумы и асфальтобетон.

Одним из перспективных способов снижения энергоемкости производства асфальтобетонных смесей, улучшения условий труда при производстве, укладке и уплотнении смесей является производство и применение влажных органоминеральных смесей [6, 7].

С целью повышения коррозионной стойкости и сдвигоустойчивости покрытий автомобильных дорог они структурированы минеральными вяжущими веществами [8, 9]. В работах, которые выполнены на кафедре «Автомобильные дороги и аэродромы» в качестве минеральных материалов использован отсев дробления мартеновского шлака, который характеризуется скрытногидравлической активностью и поэтому целесообразно активировать его гидравлическую активность, например, щелочными добавками. В связи с этим можно предположить следующие явления [10, 11]. Раствор гидроксида кальция создаст во влажном асфальтошлакобетоне щелочную среду с достаточно высоким pH. Частицы отвалного мартеновского шлака будут диспергироваться в результате разрыва ковалентных связей  $Si-O-Si$  и  $Al-O-Si$ . Катионы  $Ca^{2+}$  разрушат оболочку из  $Al(OH)_3$  и

$Si(OH)_4$  на гидратированных зернах шлака. Будут образовываться низкоосновные гидросиликаты и гидроалюминаты кальция. Это приведет к выкристаллизовыванию новообразований с формированием во времени кристаллизационной микроструктуры асфальтошлакобетона. Адсорбционно-сольватные слои нефтяного дорожного битума будут структурироваться продуктами гидратации шлака. На поверхности раздела фаз будут образовываться органоминеральные новообразования, например, типа гидрофенолятов кальция.

Для выполнения экспериментальных исследований принят отсев дробления отвалного мартеновского шлака Макеевского карьероуправления с модулем основности 1,9, активностью 1,0 МПа.

Асфальтовые бетоны приняты мелкозернистые (тип В) и песчаный (тип Г).

Вода затворения соответствовала требованиям ГОСТ 23732-70. Активаторы вяжущих свойств шлака цементная пыль-уноса электрофильтров Амвросиевского цементного комбината, известь негашеная молотая (ГОСТ 9179-77). Поверхностно-активные вещества — сульфитно-дрожжевая бражка (ОСТ 81-79-74) и технический лигносульфонат.

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что вяжущие свойства отвалного мартеновского шлака проявляются замедленно. Рентгенограммы исходной пробы (одни сутки твердения) и конечной (два года твердения) шлакового камня показывают, что принципиальных изменений в положениях рефлексов по  $d/n$  и интенсивности нет (рис. 1). Исключение составляют карбонаты — кальцит и марганцовистый кальций. Двухлетние образцы в основном отличаются повышенным уровнем рентгеновского фона, что свидетельствует о росте рентгеноаморфной фазы новообразований.

Рост карбонатности при гидратации шлака доказывается также увеличением интенсивности эндотермических эффектов с экстремумами при 810-850 °С (рис. 2). Постепенное смещение экстремума в область более высоких температур свидетельствует об уплотнении карбонатов, совершенствовании их кристаллической структуры. При 100 °С зарегистрирован эндоэффект, характеризующий удаление физически связанной воды при нагревании. Широкий экзотермический эффект при температурах 100-750 °С показывает переход шлака из гелевого в кристаллическое состояние: число экстремумов соответствует количеству уровней плотности и температур перехода геля. Отрицательные же прогибы между ними можно интерпретировать как эндотермические эффекты в результате дегидратации в различной степени связанной воды.

Экстремумы экзоэффектов геля также имеют тенденцию к смещению по шкале температур вправо до 40 °С, что свидетельствует о его уплотнении. Вероятно, именно уплотнение геля и обуславливает медленный рост прочности шлакового камня во времени.

Методами рентгеновской и лазерной микроанализа спектроскопии установлена гетерогенность химического состава гелевых новообразований на микроуровне (рис. 3).

Таблица 1.

Вязущие свойства отсева дробления отвального мартеновского шлака

Состав в массовых частях			Прочность шлакового камня, МПа, в процессе гидратации						
Шлак	Вода затворения	Активатор	Сутки					Годы	
			1	28	60	90	180	1	2
Несепарированный, 100	15	—	0,2	1,0	1,64	1,82	5,73	13,68	14,21
Несепарированный, 100	15	Известь, 2	0,5	2,9	4,18	5,70	5,49	15,19	14,60
Несепарированный, 100	15	Цементная пыль, 2	0,4	2,7	3,64	5,17	5,0	14,29	13,72
Фракция отсева дробления шлака более 5·10 <sup>-3</sup> м, 100	15	—	0	0,56	1,94	2,94	6,35	12,11	13,08
Молотый шлак, 100	15	Известь, 2	1,14	4,31	6,92	6,78	6,29	14,27	14,61
Молотый шлак, 100	15	Цементная пыль, 2	0,81	2,19	4,18	,54	3,2	13,9	14,19
Фракция отсева дробления шлака более 5·10 <sup>-3</sup> м, 100	15	—	0,13	0,94	2,08	3,07	4,7	11,29	11,80
Фракция отсева дробления шлака более 5·10	15	Известь, 2	0,33	1,64	3,87	5,18	6,18	10,83	11,27
Фракция отсева дробления шлака более 5·10	15	Цементная пыль, 2	0,29	1,25	3,11	4,92	5,97	10,66	9,68

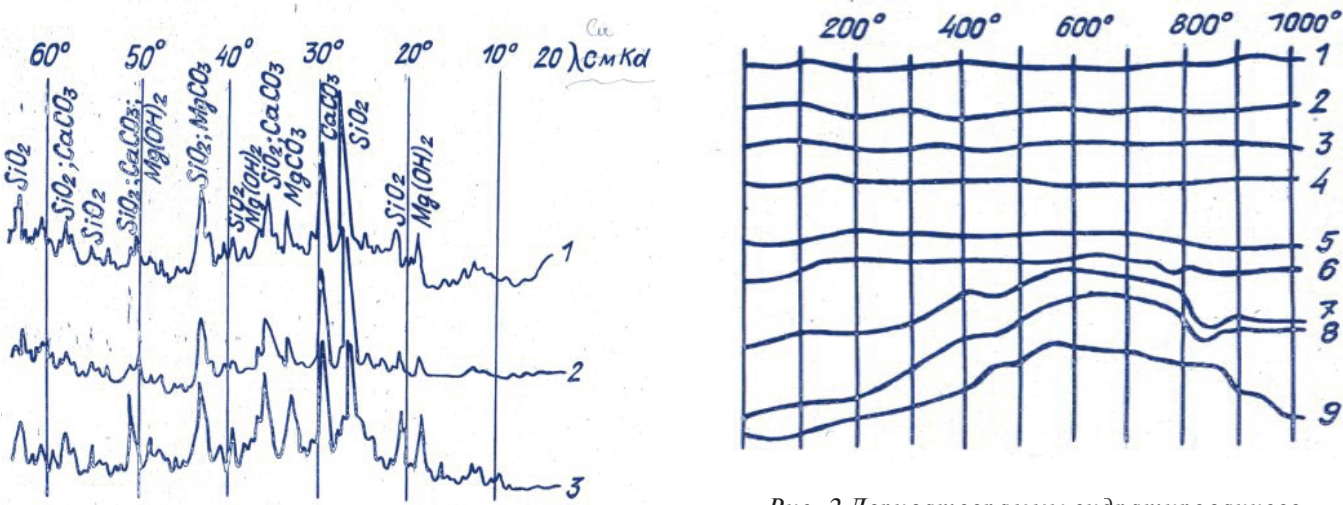


Рис. 1 Рентгенограммы гидратированного отсева дробления отвального мартеновского шлака в возрасте: 1 – 1 сут.; 2 – 1 год; 3 – 2 года

Рис. 2 Дериватогаммы гидратированного отсева дробления отвального мартеновского шлака в возрасте: 1 – 1 сут.; 2 – 3 сут.; 3 – 7 сут.; 4 – 14 сут.; 5 – 1 мес.; 6 – 3 мес.; 7 – 6 мес.; 8 – 1 год; 9 – 2 года

Таблица 2.

Физико-механические свойства шлакового камня

№ п/п	Показатели	Время твердения							
		Сутки						Годы	
		0	1	28	60	90	180	1	2
1.	Прочность при одноосном сжатии, МПа	—	0,2	1,0	1,64	1,82	5,73	13,68	14,21
2.	Коэффициент линейной деформации, %	—	0,35	1,44	1,53	1,49	1,48	1,48	1,63
3.	Общая потеря массы по ТГ, %	4,62	5,12	6,85	7,65	6,34	8,19	8,62	11,81
4.	Содержание связанной воды, %	2,57	2,95	4,55	4,91	3,47	4,78	3,91	4,64
5.	Содержание CO <sub>2</sub> , %	2,05	2,17	2,30	2,74	2,87	3,40	4,71	6,17
6.	Водородный показатель pH	10,13	10,35	9,28	9,31	9,38	9,35	9,41	8,90



Ближайшие соседние точки гелевых новообразований значительно отличаются друг от друга по химическим элементам и их количеству, например, Na, Mg, Ca и др. (рис. 3).

Первый период синерезиса геля – 60-90 суток: уменьшаются все показатели системы шлак-вода, кроме pH (табл. 2); понижается коэффициент линейной деформации (на 0,04 %) и содержание связанной воды (с 4,91 % до 3,47 %), которое можно объяснить её отжатием по системе капилляров в процессе старения геля. При этом происходит усадка геля и общее сжатие образца. Часть отжатой воды вместе с влагой атмосферы по образовавшимся трещинам синерезиса поступает к негидратированным обнаженным поверхностям шлаковых частиц, растворяет их и увеличивает pH системы.

Коэффициент линейной деформации образцов до двухлетнего возраста растет до 1,63 %, уменьшаясь только в периоды 60-90 суток и 180 суток – 1 год (табл. 2). Содержание связанной воды за исключением периодов 60-90 суток и 180 суток – 1 год растет за счет увеличения количества геля, и, соответственно, воды различной степени связанности.

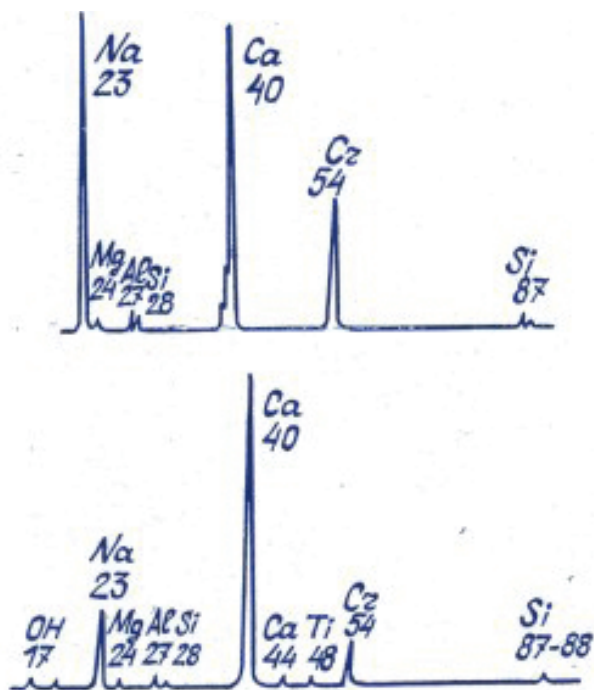


Рис. 3. Лазерные микромасс-спектрограммы гелевых новообразований гидратированного отвального мартеновского шлака в возрасте 28 суток

Упрочнение материала в период 60-90 суток происходит заметно медленнее, что объясняется появлением и развитием систем трещин синерезиса.

Второй период синерезиса геля – между 180 сутками и одним годом (табл. 2). Основное его отличие заключается в гораздо меньшем изменении всех показателей, что свидетельствует о значительном уплотнении геля и в связи с этим замедлении процесса синерезиса.

Таким образом, упрочнение при гидратации мартеновского шлака можно условно разделить на шесть этапов, из которых три (60-90 суток, 180 суток –

1 год, 2 года и более) можно считать этапами синерезиса, а три предшествующие им – как этапы гидролиза и гидратации шлака.

Гидратация шлаковых минералов приводит к образованию пересыщенного раствора, выделению новой коллоидно-дисперсной фазы, включающей гидраты минерала шлака. Вместе с частицами исходного шлака гидраты образуют коагуляционную структуру. Насыщение раствора поддерживается постоянным растворением новых шлаковых частиц. Поэтому коагуляционная структура формируется и развивается в условиях пересыщения раствора. Увеличение коагуляционных контактов в поровом пространстве негидратированных шлаковых частиц приводит к их уплотнению.

Синерезис и контракция уплотняют гелевый слой новообразований, сближают частицы твердой фазы шлака. Оба явления приводят к образованию микротрещин геля. По этим трещинам к внутренней поверхности проникает щелочной раствор, растворяющий открывшуюся поверхность шлаковых частиц. Образующийся при этом гель новой генерации «залечивает» трещины и упрочняет образец. В то же время в других точках формируются новые системы трещин. Прочность материала повышается, в основном благодаря общему уплотнению геля, но это увеличение носит не общий, а объемно-статистический характер.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, формирование гелевой структуры новообразований при гидратации отвального мартеновского шлака доказывает следующее:

1. Неизменность рентгенограмм, за исключением рефлексов карбонатов (кальцитов, магнезитов и др.).
2. Регистрация на кривых ДТА в течение всего срока твердения экзотермических эффектов при температурах 100-700 °С, характеризующих кристаллизацию геля при нагревании. С течением времени экстремум экзoeffекта смещается в область более высоких температур вследствие уплотнения геля.
3. Наличие на поверхности шлаковых частиц исключительно гелеподобных натечных новообразований и крайне редких кристаллоподобных тел.
4. Гетерогенность на микроуровне гелевых новообразований как по составу химических элементов, так и по их количественному соотношению, что однозначно доказывается лазерным микромассанализом и рентгеновским микроанализом.
5. Образование характерных для геля трещин синерезиса, их «залечивание» и появление новых, часто пересекающих существующие.

## Список литературы

1. Физико-механические свойства цементов, модифицированных отходами производства минеральной ваты. [Текст] / [Ерофеев В. Т. и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. – № 10. – С. 10-15.
2. Изучение гранулометрического и химического составов шлаков. [Текст] / [А. В. Зайчук, Я. И. Белый, Н. А. Мина-

- кова, Е. В. Шовкопляс и др.] // *Металл и литье Украины*. – К, 2011. – № 7 (218) – С. 34-38.
3. Братчун, В. И. Потребительские свойства строительных материалов с использованием отсева дробления отвальных мартеновских шлаков. [Текст] / В. И. Братчун, Н. И. Нагорная. – Макеевка: ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2018. – 97 с.
4. Котлярский, Б. С. Долговечность асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации [Текст] / Б. С. Котлярский, О. А. Военко. – М.: Технополиграфцентр, 2007. – 136 с.
5. Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности : монография [Текст] / В. И. Братчун [и др.]. – Донецк : Цифровая типография, 2020. – 275 с.
6. Пименов, А. Т. Концептуальные подходы к применению металлургических шлаков при производстве строительных материалов различного назначения / А. Т. Пименов, Л. В. Ильина, О. Е. Смирнова // *Ресурсоэнерго-эффективные технологии в строительном комплексе региона* – 2018. Т1 №1 (9). С. 179-182.
7. Братчун, В. И. Отходы промышленности Донбасса – эффективные компоненты дорожных дегтебетонных и асфальтобетонных смесей / В. И. Братчун, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов, В. В. Жеванов, А. И. Сазанов // *Строитель Донбасса*, № 3. – 2022, С. 45-50.
8. Огородникова, Е. Н. Вторичные ресурсы для дорожной индустрии – золы теплоэлектростанций и шлаки горной металлургии [Текст] / Е. Н. Огородникова, Т. А. Барановкина, В. А. Мысмин. – М. : РУДН, 2013 – 243 с.
9. Попов, В. В. Эффективность использования текущих и сталеплавильных шлаков Краматорского металлургического завода для дорожного строительства [Текст] / В. В. Попов, В. П. Давиденко // *Современные проблемы строительства*. – Донецк : Донецкий ПромстройНИИ-проект, 2002. – Т1. – С. 188-193.
10. Братчун, В. И. Вяжущие свойства отсева дробления отвальных мартеновских шлаков и их активация химическими добавками / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, В. В. Жеванов, О. Н. Наризная и др. // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – Макеевка, 2018. №1 (129). – С. 5-10.
11. Братчун, В. И. О закономерностях формирования структуры и свойств асфальтошлакобетонов, приготовленных на жидких битумах, модифицированных латексом BUTONAL NS 198 / В. И. Братчун, В. В. Жеванов, Е. А. Ромасюк // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – Макеевка, 2020 г. – №1(141). – С. 53-59.

# МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

В. Н. Левченко, к.т.н., профессор; С. Н. Машталер, к.т.н., доцент; А. С. Волков, к.т.н., доцент; А. В. Недорезов, к.т.н., доцент; Е. А. Дмитренко, к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка



*Левченко  
Виктор Николаевич*



*Машталер  
Сергей Николаевич*



*Волков  
Андрей Сергеевич*



*Недорезов  
Андрей Владимирович*



*Дмитренко  
Евгений Анатольевич*

**Аннотация.** Одним из важнейших направлений технического прогресса в строительстве является применение эффективных конструкций, изделий и материалов, обеспечивающее уменьшение народнохозяйственных затрат за счет снижения материалоемкости, трудоемкости, сокращения продолжительности строительства, уменьшения стоимости строительно-монтажных работ и улучшения эксплуатационных качеств вводимых в действие зданий и сооружений. При этом существенно повышается эффективность капитальных вложений в развитие производства строительных конструкций и материалов.

В целях ускорения научно-технического прогресса и наиболее эффективного использования материальных и трудовых ресурсов техническая политика в строительстве должна базироваться на научных рекомендациях, устанавливающих области и формы эффективного применения конструкций из различных материалов.

В статье рассмотрены актуальные вопросы анализа применения эффективных строительных конструкций из различных материалов для применения в строительстве зданий и сооружений.

Исследованы вопросы влияния различных факторов на снижение материалоемкости строительства и пути решения задач на экономию материальных ресурсов в строительстве.

**Ключевые слова:** материалоемкость, эффективность, прогнозирование, себестоимость, взаимозаменяемость.

В строительной науке нет единого мнения по вопросу определения понятия материалоемкости строительства, что затрудняет выработку единой технической и экономической политики по проблеме снижения материалоемкости строительства.

В «Методических указаниях по разработке государственных планов экономического и социального развития бывшего СССР» материалоемкость определяется как отношение всей совокупности текущих материальных затрат в стоимостном выражении (без амортизации) к объему совокупного общественного продукта.

В данной связи нельзя согласиться с точкой зрения ряда экономистов, которые предлагают судить о материалоемкости строительства, как о показателе



доли материальных затрат в стоимости продукции строительства.

Все многообразие тенденций материалоемкости строительства не может быть охвачено только одним измерением — стоимостным, натуральным или смешанным. Поэтому изменение только одного показателя — стоимостного или натурального, взятого изолированно, вне общей системы показателей использования материальных ресурсов строительства, еще не характеризует всей совокупности процессов формирования материалоемкости строительства.

Кроме того, сами тенденции материалоемкости при измерении их с помощью натуральных или стоимостных показателей в целом ряде случаев оказываются различными. Натуральные показатели отражают расход материалов в натуре на производство единицы продукции строительства или в расчете на единицу ее технической характеристики. Натурально-стоимостные показатели отражают расход материалов в натуре на единицу продукции строительства в ценностном измерении. Стоимостные показатели отражают долю материальных затрат в сметной стоимости строительно-монтажных работ.

Натуральные показатели материалоемкости в условиях интенсификации строительства испытывают, как правило, тенденцию к снижению. Более сложные тенденции изменения натурально-стоимостных и стоимостных показателей, в частности, структурного — доли производственных материальных затрат в стоимости продукции строительства.

Природа этого показателя такова, что его динамика зависит от специфики протекания процессов научно-технических достижений на конкретном этапе, уровня интенсификации использования материальных ресурсов.

Тенденция доли материальных затрат в сметной стоимости строительно-монтажных работ в решающей мере определяется соотношением темпов экономии затрат прошлого и живого труда или темпов экономии материальных ресурсов и роста производительности труда в отраслях, производящих материалы и конструкции для строительства, и общего темпа ее повышения в строительстве. Таким образом, на каждом этапе развития экономики тенденция доли материальных затрат определяется сложным взаимодействием разнообразных факторов, влияющих зачастую в противоположных направлениях.

Внедрение целого ряда прогрессивных материалов и конструкций, дающих существенный народнохозяйственный эффект, может повысить материалоемкость строительной продукции в стоимостном выражении, а в некоторых случаях привести и к увеличению сметной стоимости объекта. Это особенно характерно для тех случаев, когда эффект зависит от сокращения эксплуатационных издержек.

Снижение натуральных показателей материалоемкости является отражением того объективного фактора, что независимо от направления движения доли материальных затрат в стоимости продукции строительства оно определяет неуклонное снижение натуральных удельных расходов материалов на производство единицы продукции строительства.

Это и дает необходимые основания употреблять термин «снижение материалоемкости» как наиболее полно отражающий задачи в области использования материальных ресурсов строительства.

В этих условиях большое значение для планирования развития строительства и его материалоемкости имеет разработка системы важнейших натуральных, натурально-стоимостных и стоимостных показателей материалоемкости строительства, которая строится в разрезе использования основных материальных ресурсов строительства.

Сложность проблемы снижения материалоемкости подтверждается также и взаимосвязью ее с вопросом об изменении соотношения между овеществленным и живым трудом в связи с ростом производительности труда. Применительно к строительству конечной продукцией являются здания и сооружения производственно и непроизводственного назначения, подготовленные к вводу в эксплуатацию.

Исходя из того, что главным в развитии экономики является удовлетворение той или иной общественной потребности, в частности, потребности в продукции строительства, особое значение имеет правильное понимание задач снижения материалоемкости продукции строительства. Предложенное толкование понятия материалоемкости строительства четко определяет также перспективное направление эффективного развития строительства, связанное со снижением трудоемкости и материалоемкости строительства, в частности, за счет внедрения научно-технического прогресса. Экономия затрат на создание продукции строительства складывается из экономии живого труда (трудозатрат в сфере строительного производства) и овеществленного (прошлого) труда (материалов, топлива, энергии, амортизации машин и механизмов).

Повышение производительности труда должно быть достигнуто, в частности, за счет дальнейшей индустриализации строительства, массового применения эффективных материалов и конструкций, прогрессивных проектных решений.

Важнейшим направлением повышения эффективности капитальных вложений и снижения материалоемкости строительства является совершенствование планирования.

За последние годы в научно-исследовательских институтах России выполнены значительные исследования, направленные на разработку технико-экономических принципов снижения материалоемкости строительства как одного из основных критериев повышения экономической эффективности применения строительных материалов и конструкций. Создание этих принципов основывалось на решении ряда частных взаимосвязанных задач.

Главными из них являются [1, 2]:

- выявление роли и места фактора снижения материалоемкости строительной продукции в общей проблеме повышения экономической эффективности строительства и капитальных вложений в целом;
- определение методического подхода к измерению показателя материалоемкости, характеризующего в конечном счете суммарные затраты

овещественного труда на создание сопоставимой по потребительским качествам строительной продукции;

- экономическое обоснование важнейших направлений научно-технического прогресса в части совершенствования проектных решений зданий и сооружений, расширения применения прогрессивных материалов и конструкций, эффективного использования отходов промышленности и сельского хозяйства, повышения качества и долговечности строительной продукции как основы снижения материалоемкости в строительстве;

- определение потребности строительства в основных видах материальных ресурсов, разработка балансовых методов выявления рациональных структур их применения и определения экономически целесообразных вариантов использования взаимозаменяемых материалов и конструкций. Все это является основой научного прогнозирования материалоемкости продукции строительства на отдаленную перспективу, развития материально-технической базы строительства и создания прогрессивных нормативов расхода материальных ресурсов.

Как видно даже из очень краткого перечня вопросов, проведен большой объем работ по технико-экономическому обоснованию важного направления технического развития строительства. В связи с этим целесообразно сформулировать результаты выявления показателей материалоемкости строительства и методические принципы технико-экономических обоснований принимаемых решений.

Как было показано ранее, необходимо строго разграничивать стоимостные, натуральные и натурально-стоимостные показатели материалоемкости строительства.

Углубление научно-технического прогресса ведет к усилению динамической взаимозависимости между изменением материалоемкости строительства и изменением свойств продукции строительства [4, 9].

С одной стороны, появление новых типов продукции строительства вызывает потребность в качественно новых и модифицированных материалах и конструкциях. С другой стороны, создание новых и модифицированных материалов и конструкций с более высокими механическими, физико-химическими и эстетическими характеристиками требует усовершенствования или создания качественно новых видов производства, их технологического оборудования и новых технологических режимов для производства и обработки этих материалов и конструкций. В этих условиях комплексный подход к решению проблемы снижения материалоемкости должен осуществляться с народнохозяйственных позиций, когда строительство, промышленность строительных материалов и строительная индустрия выступают как звенья неразрывной цепи создания продукции строительства. В этом случае сокращение доли материальных затрат в структуре затрат на строительномонтажные работы противоречит научно-техническому прогрессу, а главное, по существу не отражает эффективности использования ресур-

сов. Стоимостные показатели материалоемкости включают в себя затраты овещественного труда на придание дополнительных качественных признаков материалу или конструкции, которые могут быть не связаны с повышением материалоемкости их производства.

Индустриализация производства как одна из основных форм экономии затрат труда по созданию продукции за счет использования достижений научно-технического прогресса является, в частности, основным фактором снижения материалоемкости на этапе ее широкого внедрения. Однако на этапе освоения индустриализация в большинстве случаев будет вызывать рост доли затрат на материальные ресурсы, имеющие более высокую степень готовности и лучшие потребительские качества в себестоимости строительномонтажных работ.

Новая техника, особенно в период освоения, требует дополнительных капитальных затрат и издержек в производстве. Это приводит к временному повышению цен на новую продукцию и с точки зрения снижения сметной стоимости строительства делает ее неконкурентоспособной по отношению к традиционной продукции. В исследованиях экономической эффективности эти особенности новой техники учитываются благодаря использованию в расчетах перспективных технико-экономических показателей производства и применяются для сравнительных вариантов.

Но при оценке на ближайшую перспективу противоречия между повышенными затратами на новую технику и ее эффективностью зачастую весьма существенны. Более высокие затраты на новую технику, обладающую, как правило, повышенной степенью заводской готовности и лучшими эксплуатационными показателями, создают кажущееся увеличение материалоемкости строительства, исчисляемое в стоимостном выражении. Однако повышение доли затрат на материальные ресурсы не противоречит снижению их натуральных показателей. Например, применение 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций с предварительным напряжением арматуры, который стоит дороже, чем 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций с обычным армированием, дает возможность сократить удельный расход материалов на единицу сопоставимой конструкции.

Эффективность использования материальных ресурсов в строительстве и оценка уровня его материалоемкости не исчерпываются долей материальных затрат в сметной стоимости.

Основным критерием более эффективного использования материальных ресурсов является сокращение их расхода на равноценную единицу продукции. В качестве обобщающих измерителей снижения материалоемкости могут использоваться [6]:

- снижение суммарной стоимости расходуемых в строительстве первичных материалов;

- сокращение массы ресурсов, расходуемых на 1 млн. руб. строительномонтажных работ (с учетом выхода физических объемов строительной продукции на единицу сметной стоимости).

Снижение материалоемкости строительства в значительной мере находит свое отражение в умень-

шении массы строительных конструкций. Этот фактор непосредственно влияет на снижение затрат при транспортировании строительных грузов, возможность увеличения монтажных размеров конструкций и связанное с этим сокращение трудоемкости строительно-монтажных работ.

В условиях научно-технического прогресса важное значение имеет ускорение использования материалов, что требует учета фактора времени не только применительно к капитальным вложениям, но и по отношению к материальным ресурсам, составляющим основную часть текущих производственных затрат.

Все составляющие показателей материалоемкости строительства должны быть оценены с точки зрения экономической эффективности применения взаимозаменяемых материалов и конструкций. Опыт экономических исследований и обоснований показывает, что для решения этих задач наиболее рационально провести расчеты сравнительной экономической эффективности и обоснование на их основе решений, обеспечивающих достижение поставленных целей при наименьших затратах. При этом следует подчеркнуть, что строительство является одним из важнейших звеньев в общей системе общественного производства, а его эффективность должна оцениваться с народнохозяйственных позиций.

Народнохозяйственный эффект от внедрения научно-технических достижений в строительстве выражается в совокупной экономии живого труда (непосредственно в сфере строительного производства) и средств производства (сырья, материалов, конструкций, машинной техники, инвентаря и оснастки).

Следует подчеркнуть, что строительное производство является одной из стадий общественного производства, и поэтому понятие его эффективности не может рассматриваться в отрыве от народнохозяйственной эффективности строительной продукции (здания, сооружения) в целом.

При расчетах сравнительной экономической эффективности учитываются все затраты, которые несет общество на создание и последующую эксплуатацию продукции строительства. Суммы затрат на всех стадиях общественного производства и эксплуатации определяются по формуле приведенных затрат.

Приведенные затраты  $C_n$  представляют собой сумму текущих издержек и приведенных к одному году капитальных вложений, которые требуются для создания единицы продукции:

$$C_n = C + E_H K, \quad (1)$$

где  $C$  — себестоимость единицы продукции в сфере применения (текущие затраты), руб.;  $K$  — удельные капитальные вложения в производственные фонды (единовременные затраты), руб./год;  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15.

Себестоимость единицы продукции (материалов, конструкций, изделий, оснастки, машин, элементов зданий и сооружений) складывается из затрат в трех сферах:

$$C = C_{\text{пр}} + C_T + C_M, \quad (2)$$

где  $C_{\text{пр}}$  — себестоимость производства единицы продукции, руб.;  $C_T$  — стоимость транспортирования единицы продукции от завода-изготовителя до строительной площадки, включая расходы на заготовку, тару и хранение продукции, руб.;  $C_M$  — себестоимость монтажа единицы продукции, руб.

Удельные капитальные вложения представляют собой сумму затрат на создание производственных фондов для изготовления единицы продукции  $K_{\text{пр}}$  и приобретение строительных машин и механизмов для ее монтажа  $K_M$ :

$$K = K_{\text{пр}} + K_M, \quad (3)$$

При расчетах экономической эффективности технико-экономические показатели производства и применения продукции (себестоимость и капитальные вложения) принимаются с учетом их возможных изменений в ближайшей перспективе (5-10 лет) за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, лучшей организации производства, повышения производительности труда и т.п. Источником информации о перспективных технико-экономических показателях могут быть прогрессивные проектно-конструкторские решения по строящимся и проектируемым предприятиям, данные о намеченном изменении цен на сырье, полуфабрикаты и оборудование в смежных отраслях народного хозяйства, а также прогнозные оценки, базирующиеся на тщательном анализе отечественных и зарубежных научно-технических достижений в исследуемой области.

При сравнении экономической эффективности взаимозаменяемой традиционной и новой техники нельзя ограничиваться учетом лишь текущих и единовременных затрат на ее создание [3]. Большое значение имеют также эксплуатационные затраты, связанные с применением данного вида материалов или конструкций. Например, для наружных ограждающих конструкций в состав эксплуатационных затрат включаются, как правило, потери тепла при фактическом термическом сопротивлении конструкции и расходы на текущие ремонты по отделке и герметизации стыков; в кровельных покрытиях — расходы на ремонт гидроизоляционного ковра; в покрытиях полов — расходы на их затирку мастикой, нанесение лака и повторное окрашивание и т.д.

Эксплуатационные затраты за весь срок работы материала, изделия или конструкции определяются по формуле:

$$\Theta = \frac{C_2}{E}, \quad (4)$$

где  $C_2$  — среднегодовые эксплуатационные затраты (без отчислений на реновацию), связанные с применением данного вида материалов или конструкций, руб./год;  $E$  — норматив проведения разновременных затрат, равный 0,1.

Развернутая формула затрат на создание эксплуатации единицы продукции имеет следующий вид:

$$C_n = (C_{\text{пр}} + C_M) + E_H (K_{\text{пр}} + K_M) + \frac{C_2}{E}, \quad (5)$$

С точки зрения народнохозяйственных интересов наиболее эффективным из различных вариантов



будет тот, с помощью которого представляется возможным осуществить требуемую техническую задачу при наименьшей величине приведенных затрат ( $C_n \rightarrow \min$ ). Большая эффективность новых технических решений по сравнению с традиционными предопределяет наличие неравенства:

$$C_{nn} < C_{TP}, \quad (6)$$

где  $C_{nn}$  — приведенные затраты на осуществление нового технического решения;  $C_{TP}$  — приведенные затраты на осуществление традиционного технического решения.

При проведении расчетов сравнительной экономической эффективности приходится рассматривать варианты взаимозаменяемых технических решений (продукции) с использованием материалов различной долговечности (отделочных материалов, конструкций кровельных покрытий, материалов для покрытий полов, трубопроводных систем из различных материалов и т.д.). Для учета этого важного фактора различные варианты следует приводить к эталону, в качестве которого принимается вариант с долговечностью (сроком службы до полной замены) более 50 лет. Для вариантов с меньшим сроком службы сумму текущих и единовременных затрат в формуле приведенных затрат следует умножать на коэффициент срока службы ( $\mu$ ):

$$C_n = (C + E_H K) \mu + \frac{C_o}{E}, \quad (7)$$

в которой

$$\mu = 1 + \frac{1}{(1+E)^t} + \frac{1}{(1+E)^{2t}} + \frac{1}{(1+E)^{3t}} + \dots + \frac{1}{(1+E)^n(t-1)}, \quad (8)$$

где  $t$  — срок службы рассматриваемого варианта, количество лет;  $n$  — количество полных замен (восстановлений) рассматриваемого варианта в течение срока службы эталонного варианта.

Величина коэффициента срока службы ( $\mu$ ) составляет (при  $E = 0,1$ ): срок службы 5 лет — 2,57; 10 лет — 1,59; 15 лет — 1,31; 20 лет — 1,17; 25 лет — 1,092; 30 лет — 1,057; 40 лет — 1,022; 50 лет — 1.

Правильный подход к оценке экономической эффективности в значительной мере зависит от выбора условий сопоставимости сравнительных вариантов.

Следует подчеркнуть, что понятие взаимозаменяемости материалов не ограничивается лишь решением технической стороны поставленной задачи. Оно должно включать в себя достижение если не равного, то по крайней мере близкого социального эффекта (санитарно-гигиенических условий, архитектурных достоинств, эстетики, комфортности и др.). Это надо иметь в виду при исследованиях экономической эффективности применения отделочных материалов, материалов для покрытий полов, звукопоглощающих материалов и некоторых других.

Взаимозаменяемость материалов, изделий и конструкций, как правило, связана с теми или иными конструктивными особенностями в смежных элементах, а иногда вызывает изменения проектных решений зданий и сооружений в целом. Например, при сравнении дощатого пола с полом, покрытым поливинилхлоридным линолеумом на тепловозуизо-

ляционной основе, следует принимать во внимание различие в устройстве их оснований. Использование жестких утеплителей в покрытиях дает возможность отказаться от цементной стяжки, которая необходима для полужестких, мягких или мелкозернистых теплоизоляционных материалов. Использование легких покрытий из профилированного металлического настила с эффективными утеплителями взамен железобетонных покрытий позволяет снизить материалоемкость несущего каркаса и т.п. Эти особенности нужно учитывать в расчетах экономической эффективности путем сравнения технико-экономических показателей взаимозаменяемых решений в завершеном виде вместе с изменяемыми частями сопряженных конструктивных элементов зданий и сооружений [9].

Повышение эффективности строительства за счет внедрения научно-технических достижений может быть достигнуто не только непосредственно на стройке, но и при производстве строительных материалов и конструкций, на предприятиях металлургической, химической, лесной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности за счет разработки прогрессивных материалов, изделий и конструкций, поставляемых строительству [5].

Повышению эффективности производства и применения в строительстве основных видов материалов посвящены «Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов», которые устанавливают требования по экономному расходованию металла, лесоматериалов, цемента, каменных стеновых материалов, стекла, асбестоцементных изделий, теплоизоляционных и других материалов.

В них сказано, что здания и сооружения должны проектироваться с учетом необходимости:

- снижения материалоемкости, трудоемкости, сметной стоимости строительства, эксплуатационных расходов, а также экономии энергетических ресурсов;
- применения эффективных строительных материалов и конструкций;
- снижения массы несущих и ограждающих конструкций;
- наиболее полного использования физико-механических свойств материалов, а также прочностных и деформационных характеристик грунтов основания. Марки конструкций и изделий по несущей способности, морозостойкости и другим показателям должны назначаться проектной организацией в строгом соответствии с конкретными эксплуатационными условиями проектируемого объекта и природно-климатическими условиями района строительства;
- применения местных строительных материалов — преимущественно в виде изготавливаемых на них промышленных конструкций, что особенно приемлемо для Донбасса.

При расчете конструкций необходимо учитывать коэффициент надежности по назначению, принимаемый в соответствии с «Правилами учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций». При проектировании сбор-

ных бетонных, железобетонных и других несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений следует предусматривать, а при изготовлении и поставке этих конструкций обеспечивать их заводскую готовность, исключающую необходимость производства штукатурных работ в построечных условиях.

Технические правила содержат: требования по экономному расходованию металла, лесоматериалов, цемента, каменных стеновых материалов, стекла, асбестоцементных изделий, теплоизоляционных, облицовочных, отделочных и огнеупорных материалов и битума.

## ВЫВОДЫ

Народнохозяйственная значимость прогнозирования снижения материалоемкости строительства определяется основными направлениями экономического развития государства.

В статье отражен опыт прогнозирования с выделением закономерностей изменения материалоемкости строительства, а также приведены предложения по экономии материальных ресурсов с оценкой их эффективности.

## Список литературы

1. Иващенко, Л. М. Методические вопросы прогнозирования и выполнения резервов снижения материалоемкости строительства // Методические вопросы прогнозирования развития и размещения строительного комплекса. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1984. — С. 28-39.
2. Иващенко, Л. М. Направления снижения материалоемкости строительства // Развитие экономических методов управления научно-техническим прогрессом в области строительства. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1985. — С. 16-27.
3. Методика определения эффективности капитальных вложений. Москва: Научный Совет по экономической эффективности капитальных вложений основных средств и новой техники. АН России, 1988. — 67 с.
4. Методические материалы к разработке Комплексной программы научно-технического прогресса в части строительства и строительных материалов. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1982. — 152 с.
5. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений. — Москва: НИИЭС Госстроя СССР, 1985. — 62 с.
6. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса в строительстве. — Москва: ЦНИИЭУС, 1990. — 32 с.
7. Руководство по оценке эффективности и качества проектов промышленных объектов / ЦНИИПромзданий. — Москва: Стройиздат, 1991. — 56 с.
8. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СП 63.13330.2012. Министрство регионального развития Российской Федерации. Актуализированная редакция. СНиП 52-01-2003. Москва: — 152 с.
9. Beeby, M.W. Desing for life. Proceeding of the International Congress. Concrete root. Econo



# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

А. В. Писаренко, к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема повышения безопасности труда на строительном производстве. Автором проведен анализ зарубежного и отечественного опыта, представлены некоторые направления, мероприятия и методы, соответствующие современным требованиям обеспечения безопасности труда.

Обоснование актуальности проблемы повышения уровня безопасности труда в строительстве следует из рассмотрения статистических данных из официальных российских источников. Ясно видно существование проблем в области обеспечения безопасности труда.

В статье обосновывается необходимость соблюдения технологического процесса закрепления просадочных грунтов химическими растворами; необходимость руководствоваться нормативными актами по организации и выполнению работы в области охраны труда при осуществлении строительных работ.

**Ключевые слова:** строительное производство, земляные работы, охрана труда рабочих; совершенствование безопасности труда.



Писаренко  
Анастасия Валериевна

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обеспечение безопасности производственного процесса и охраны труда работников строительной сферы является одной из наиболее сложных социально-экономических и моральных проблем производственной промышленности нашей страны.

Безопасность труда основывается на формировании эффективного управления охраной труда в строительных организациях, а также на оценке существующих профессиональных рисков. Стоит отметить, что по действующему Типовому положению о системе управления охраной труда [1] работодатель обязан, исходя из специфики своей деятельности, устанавливать (определять) порядок реализации следующих мероприятий по управлению профессиональными рисками: выявление опасностей; оценка уровней профессиональных рисков; снижение уровней профессиональных рисков. Строительная индустрия, как одна из наиболее сложных в части обеспечения безопасных условий труда отраслей материального производства, характеризуется наличием широкого спектра профессиональных рисков, воздействующих на работников в процессе трудовой деятельности. Сам риск несчастного случая на производстве может зависеть от следующих причин: наличие опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) в рабочей зоне, нахождение в опасной зоне, продолжительность работы в опасной зоне, состояние средств защиты, площадь поражающей поверхности травмирующего фактора [2]. Специфичность ОВПФ в строительном производстве отражена в [3].

Риск несчастных случаев в строительстве зависит от целого ряда достаточно специфических конкретных факторов: глубина земляных работ; этажность возводимых зданий и сооружений; состояние средств подмачивания, используемой грузоподъемной и землеройной техники, оборудования; правильность применения съёмных грузозахватных приспособлений с учётом характера перемещаемых грузов; используемые технологии процесса производства работ; качество организационно-технологических документов (проект организации строительства, проект производства работ, технологические карты); соблюдение графиков совмещаемых работ и т.д. Одним из наиболее небезопасных видов работ на строительной площадке являются земляные работы. Строительство на просадочных грунтах, в большинстве случаев, подразумевает предварительное закрепление такового для обеспечения необходимых нормативных жесткостных характеристик

основания. Соответственно, для обеспечения безопасности процесса закрепления необходимо обеспечение технологического процесса.

**Цель работы** – исследование теоретических и практических методов обеспечения безопасного трудового процесса при закреплении оснований зданий и сооружений химическим раствором.

**Методы исследования** основываются на использовании современных методов и принципов выявления и оценки степени значимости факторов, влияющих на безопасность труда на строительной площадке; сборе, анализе и обобщении литературных данных по опыту управления охраной труда в строительном производстве; системном анализе выявления основных причин травмирования рабочих, а также на классических методах теории надежности строительных конструкций.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В Российской Федерации с истоком из советских времен сохраняется высокий уровень численности работников, занятых во вредных и опасных условиях труда. Наиболее проблемными являются такие отрасли как, промышленность в целом, строительство, транспорт и связь. По итогам 2018 года самой травмоопасной сферой деятельности в России стало строительство (данные Роструда). По информации ведомства, на стройках умерли 21 % от общего числа погибших на работе. Строительное производство является одной из наиболее травмоопасных отраслей промышленности, что связывается с большим количеством действующих производственных факторов, которые носят постоянный характер или присутствуют потенциально, чем усугубляют высокий уровень профессиональных рисков.

Наибольшее количество погибших на производстве по видам экономической деятельности приходится на такие отрасли экономики, как строительство (20 % от общего количества погибших),

обрабатывающие производства (16 %) и транспортировка и хранение (13 %) (рис. 1).

Методическим основанием эффективного функционирования комплексной системы обеспечения охраны труда, промышленной и экологической безопасности являются отечественные и международные стандарты – ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Общие требования к системе управления охраной труда в организации», международный стандарт OHSAS 18001 «Система управления профессиональной безопасностью и здоровьем», Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.0.007-2009 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию». В указанных документах система управления охраной труда, промышленной и экологической безопасностью представляется как система действий, регламентированных в форме локальных документов: должностные инструкции, инструкции по охране труда и т.п. Ключевыми условиями эффективного функционирования системы являются компетентность, профессиональная грамотность работников, взаимодействие и партнерство руководства предприятия с общественными организациями, государственными органами надзора и контроля, муниципальными органами по труду.

В литературе, посвященной вопросам охраны труда и обеспечению безопасности проведения нулевого цикла работ рассматриваются основные принципы и методы преобразования региональной системы управления безопасностью и отводится огромное внимание реализации технологических процессов [4,5], анализируется значимость системно-корпоративного подхода к управлению охраной труда на строительных предприятиях. В работе Е. В. Стасевой подробно рассматриваются методы прогнозирования социально-экономических последствий производственного травматизма и профессиональных заболеваний [6]. Исследователями

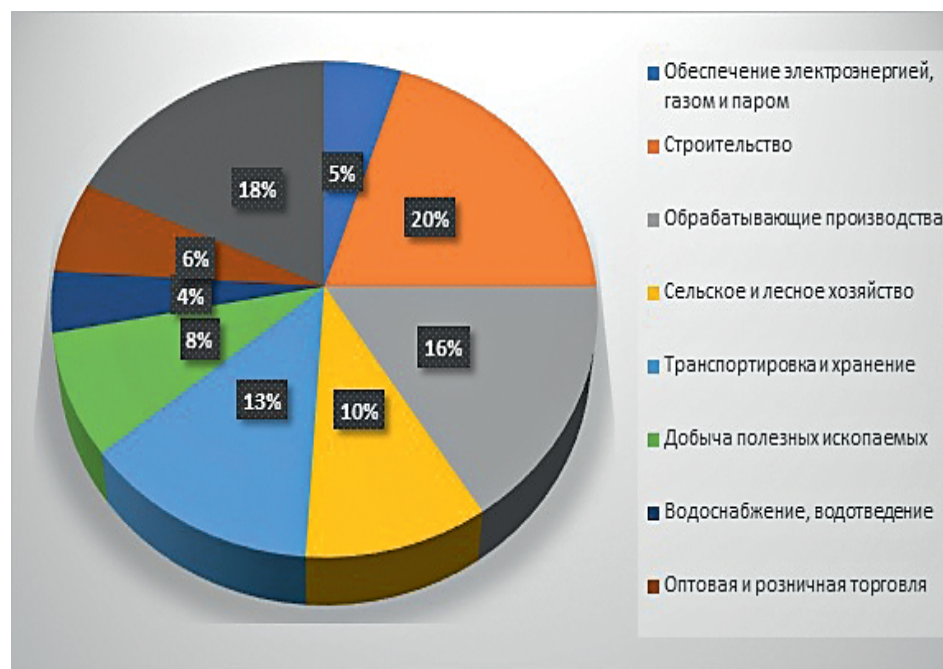


Рис. 1. Количество погибших на производстве за 2022 год в разрезе видов экономической деятельности, в % (отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2022 год)



З. Н. Монаховой и Г. О. Барбаковым и др. предпринята попытка описания оценки производственных рисков на основе распространённых «риск»-ориентированных методов, которые базируются на анализе видов и последствий отказов, которые в свою очередь опираются на совокупность статистических и экспертных методов оценки вероятности возникновения и масштабы последствий аварии на объекте [7].

Для обеспечения проектного качества работ при производстве земляных работ, а также закреплении оснований зданий и сооружений должна быть разработана проектная документация с учетом особенностей производства работ на площадках со слабыми грунтами в соответствии с действующими нормами и правилами [8].

Перед началом проектных работ необходимо выполнение:

- инженерно-геологических изысканий площадки с определением таких характеристик, как плотность, гранулометрический состав, пористость, коэффициент фильтрации, степень трещиноватости, проницаемость, гидростатическое давление и химический состав грунтовых вод [9];

- лабораторного исследования по закреплению грунта (приложение 10 [8]) и опытного закрепления в натурных условиях, что позволяет уточнить объем и радиус закрепления раствора, физико-механические свойства закрепленного грунта, технологические параметры инъекции.

Проект на закрепление основания разрабатывается в составе строительной и технологической частей. В соответствии с решаемой задачей выбирают тот или иной тип или вид заглубленных устройств для закрепления грунтов, назначают конструктивную схему закрепления, расчетом определяют местоположение и размеры создаваемых закрепленных массивов и устанавливают соответствующие технические требования к закрепленным грунтам.

Проектом по частичному закреплению просадочного основания предусматривается:

- удельный расход раствора, давление нагнетания, порядок приготовления инъекционного раствора;
- выбор и обоснование технологических схем частичного закрепления просадочного основания, инженерно-геологические планы и разрезы с нанесенным контуром и указанием расчетных размеров закрепленного основания;
- данные о количестве материалов и механизмов, используемых при закреплении основания;
- мероприятия по контролю качества работ, технике безопасности, охране окружающей среды.

Технологическая схема частичного закрепления основания включает в себя:

- расположение в плане участков закрепления, количество скважин на участке и их привязка в плане к конструктивным элементам здания;
- данные по частичному закреплению основания по глубине с указанием глубин скважин, их наклонов, диаметров, допускаемых отклонений, радиусов закрепления.

До начала работ по закреплению грунта выполняется ряд подготовительных мероприятий [8]: под-

воз материалов, комплектование, подключение и опробование оборудования, приготовление инъекционного раствора, разбивка сетки скважин с указанием очередности инъекций, глубины и расхода раствора, бурение отверстий в асфальтовом покрытии, пробное нагнетание в скважины с уточнением режима работы и радиуса распространения раствора, отбор проб закрепленного грунта для испытания на прочность. При этом уточняются схемы размещения оборудования в зависимости от конкретных условий строительства, наличия горнопроходческого оборудования, конструктивных параметров применяемого для упрочнения грунтов оборудования, организационно-технических условий ведения работ. Автором были разработаны основные варианты технологических схем проведения работ по частичному усилению просадочного основания (рис. 2-5):

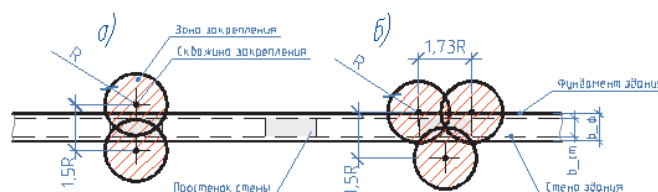


Рис. 2. Частичное усиление ленточного фундамента: а) усиление двумя скважинами; б) усиление тремя скважинами

Схема усиления предусматривает частичное закрепление основания по длине ленточного фундамента в наиболее нагруженных по расчету и конструктивной схеме участках. Является однорядной линейной схемой. Применяется для усиления оснований ленточных фундаментов бескаркасных зданий и сооружений, трубопроводов в земле.

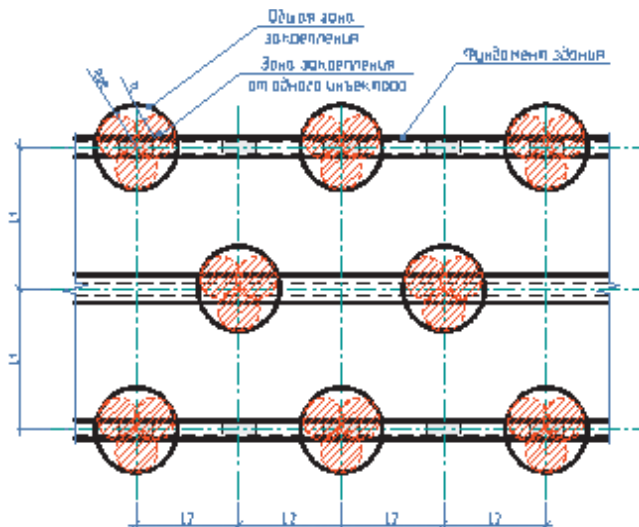


Рис. 3. Частичное усиление грунта в плане для ленточного фундамента

Схема усиления предусматривает частичное закрепление основания по всему зданию для ленточных фундаментов. Является многорядной схемой в шахматном порядке. Применяется для усиления оснований ленточных фундаментов бескаркасных зданий и сооружений.

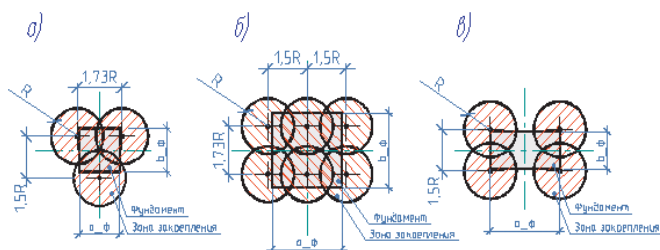


Рис. 4. Частичное усиление грунта в плане для столбчатых фундаментов: а, б – закрепление столбчатых фундаментов при равномерном нагружении при разных размерах подошвы фундамента; в – закрепление столбчатых фундаментов при неравномерном нагружении в зонах максимального давления по подошве фундамента

Схема усиления предусматривает частичное закрепление основания по подошве столбчатого фундамента как в плане, так и по высоте. Является точечной схемой закрепления. Применяется для усиления оснований столбчатых фундаментов каркасных зданий и сооружений, фундаментов технологического оборудования, фундаментов одиночных инженерных сооружений.

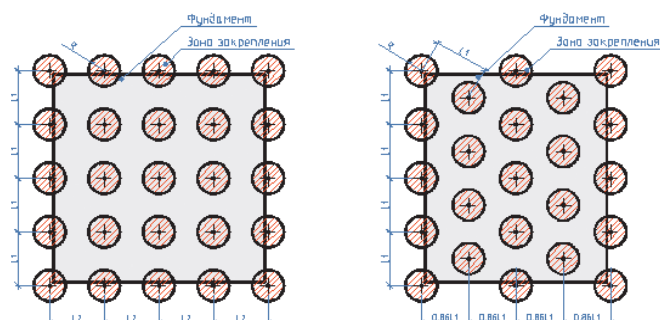


Рис. 5. Частичное усиление грунта в плане для плитных фундаментов: а – закрепление плитного фундамента по линейной схеме при  $L1 \approx L2$ ; б – закрепление плитного фундамента в шахматном порядке

Схема усиления предусматривает частичное закрепление основания по подошве плитного фундамента как в плане, так и по высоте. Применяется для усиления оснований плитных фундаментов каркасных и бескаркасных зданий и сооружений, фундаментов технологического оборудования, оснований дорожного полотна.

При производстве работ по рассмотренным схемам должен соблюдаться технологический порядок производства работ и обеспечение контроля качества.

Работы по закреплению должны выполняться строго по проекту специальной бригадой, прошедшей обучение, а также при выполнении всех необходимых подготовительных этапов. Все рабочие и служащие, занятые на инъекционных работах, должны получить на рабочем месте от мастера или производителя работ вводный инструктаж по технике безопасности.

Ввиду особой клейкости и вязкости раствора на основе полиакриламида необходимо уделить внимание чистоте рабочего места. Следует не допускать утечек раствора на землю и рабочие поверхности. В случае утечек поверхности необходимо зачистить, а участок земли присыпать слоем грунта толщиной 5-10 см. Рабочее место должно быть сухим и чистым, без посторонних предметов. При промывке шлангов остатки растворов, а также раствор, остающийся после чистки инъекторов, должны сбрасываться в специальную емкость, оборудованную крышкой и расположенную вне рабочей зоны. Из емкости отходы вывозят на утилизацию.

Ввиду особенностей закрепляющего состава активной кремниевой кислоты на основе сульфата аммония, когда некоторое время происходит выделение аммиака, необходимо контролировать его ПДК (IV класс опасности): в рабочей зоне ПДК не должна превышать  $20 \text{ мг/м}^3$ ; в атмосферном воздухе населенных мест: разовая –  $0,2 \text{ мг/м}^3$ , среднесуточная –  $0,04 \text{ мг/м}^3$  [11].

Рабочие и служащие, занятые на работах по химическому закреплению, должны быть обеспечены специальной одеждой и снабжены индивидуальными средствами защиты: непромокаемой спецодеждой и обувью (брезентовый костюм, резиновая обувь, рукавицы, каски, предохранительные пояса, защитные очки, респираторы, перчатки). Применяемые респираторы должны соответствовать [12].

Ввиду наличия мокрых процессов особое внимание следует уделять технике безопасности при работе с электрооборудованием. Электродвигатели, пусковые аппараты, рубильник должны быть защищены от попадания в них раствора. Кожухи рубильников и электромеханизмы должны быть заземлены. Работы по монтажу и ремонту электроустановок и электросетей должны выполняться ответственным лицом, имеющим допуск и индивидуальные средства защиты.

Ведение буровых и инъекционных работ вблизи существующих линий подземных и надземных сетей и коммуникаций должны производиться с учетом дополнительных требований техники безопасности.

В остальных аспектах техники безопасности при производстве работ следует руководствоваться нормативной литературой, такой как СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство» и др.

Несоблюдение технологических процессов, нарушение трудового режима (режима труда и отдыха) на сегодняшний день являются одними из насущных проблем охраны труда на строительной площадке. Стоит отметить, что даже незначительные отклонения от нормального трудового режима, который определен трудовым договором и ТК РФ [13], ведут к резкому увеличению таких негативных факторов, как:

- нехватка времени отведенного отдыха, ведущая к накоплению усталости и утомления;
- притупление внимания;
- раздражительность;

- спешка, желание закончить работу как можно скорее любой ценой;
- снижение трудоспособности;
- возрастание риска возникновения заболеваний;
- максимальная оптимизация рабочего процесса самим работником путем сокращения времени на подготовку к работе, подготовку инструмента, оценку условий работ.

Можно сделать вывод, что все вышеперечисленные факторы негативно влияют на соблюдение охраны труда, повышают уровень аварийности, производственный травматизм, заболеваемость, вызванную производственными факторами.

Таким образом, роль охраны труда на строительной площадке имеет большое значение, пренебрежение принципами и правилами которой часто приводит к печальным последствиям. На сегодняшний день вопросы безопасности и охраны труда являются важными и актуальными для любого предприятия. Охрана труда — один из основных элементов в управлении предприятием. Поэтому создание и преобразование качественной системы управления охраной труда на производстве, которая будет играть роль связующего звена между многообразием элементов системы охраны труда и её проблемами, должно являться одним из главных приоритетов социальной политики современного государства.

## ВЫВОДЫ

Проведено исследование методов обеспечения безопасного трудового процесса при закреплении оснований зданий и сооружений химическим раствором. Предложены мероприятия по обеспечению безопасных условий труда при инъектировании закрепляющим составом просадочного грунта и представлены правила охраны труда при производстве земляных работ. Практика показывает целесообразность обучения специалистов по охране труда определенным методам и приемам донесения или предоставления информации по технике безопасности как особым способам психологического воздействия на работников с целью формирования психологических установок на выполнение требований безопасности. В сочетании с мерами материального стимулирования это позволит эффективнее управлять мотивацией работников.

Решение проблемы возникновения негативных факторов, пагубно влияющих на работников, заключается в строгом соблюдении режима труда и отдыха согласно ТК РФ, исключении необходимости привлекать работников к работам, длящимся дольше установленного времени, и работам в выходные дни. Но в случае, если в виду особенностей производства все же невозможно исключить переработки, требуется максимально снизить негативные последствия воздействия вредных и опасных факторов, проводить эффективные профилактические и реабилитационные мероприятия.

В работе рассмотрены основные критерии технологического процесса и технологические схемы усиления основания для различных конструктивных

условий; освещены основные требования по технике безопасности при производстве работ.

## Список литературы

1. ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию = Occupational safety standards system. Labor protection management systems in organizations. Guidelines requirements on development, implementation, audit and improvement : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен 2010-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2009. — 34 с. — Текст : непосредственный.
2. Минько, В. М. К расчетам уровней рисков несчастных случаев, связанных с производством: тезисы докладов [Текст] / В. М. Минько, А. Бакарягина (А. Басараб) // XV Международная научная конференция «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве — 2017». Круглый стол «Прогрессивные технологии на транспорте. Часть 3». — Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. — С. 73-75.
3. Опасные и вредные факторы производственной среды : учебное пособие / Д. О. Литвинов, Е. Н. Летягина, Н. И. Смолин [и др.] ; под редакцией Д. О. Литвинов. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 90 с. — ISBN 978-5-4487-0224-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74965.html> (дата обращения: 06.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. — DOI: <https://doi.org/10.23682/74965>
4. Стандарты безопасности труда в строительстве : сборник нормативных актов и документов / составители Ю. В. Хлестун. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. — 762 с. — ISBN 978-5-905916-67-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/30280.html> (дата обращения: 12.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Справочное пособие. К СП 12-136-2002. (Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ) / — Москва : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 112 с. — ISBN 978-5-98908-129-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22745.html> (дата обращения: 12.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
6. Стасева, Е. В. Производственный травматизм и профессиональные заболевания : учебное пособие / Е. В. Стасева. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 156 с. — ISBN 978-5-9729-0728-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/114955.html> (дата обращения: 12.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.



7. Прогнозирование и оценка производственных рисков : учебник / З. Н. Монахова, М. С. Монахов, Г. О. Барбаков, Л. Н. Скипин. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2019. — 105 с. — ISBN 978-5-9961-2038-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/101448.html> (дата обращения: 12.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
8. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве [Текст]. — Введ. 2011-12-05. — М. : Изд-во БСТ, 2012. — 71 с.
9. Алексеев, С. И. Проектирование и расчет оснований и фундаментов : учебное пособие для СПО / С. И. Алексеев. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-4488-0903-3, 978-5-4497-0742-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98511.html> (дата обращения: 12.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. — DOI: <https://doi.org/10.23682/98511>
10. Mahajan, S. P. Shear Viscosity of Clays to Compute Viscous Resistance [Текст] / S. P. Mahajan, Muniram Budhu // The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG) 1–6 October, 2008. — Goa, India. — PP. 1516–1523.
11. ГОСТ 32419-2022 Межгосударственный стандарт. Классификация опасности химической продукции. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 января 2022 г. N 147-П01) / разработан Открытым акционерным обществом «Информатика, техническое регулирование, экспертиза (ООО «Интер-Эксперт»)» — Москва : Российский институт стандартизации, 2022. — 35 с. — Тест непосредственный.
12. ГОСТ EN 13819-1-2021. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Методы испытаний. Часть 1. Методы физических испытаний = Occupational safety standards system. Personal protective means of hearing body. Test methods. Part 1. Physical test methods : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен 2022-01-10 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2022. — 6 с. — Текст : непосредственный.
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (редакция от 25.02.2022) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2022). — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_law\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/) (дата обращения: 06.04.2023). — Текст : электронный.

# ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА НАПЛАВОЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ ЛЕНТ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Д. А. Зареченский, к.т.н., доцент; Н. А. Пестунова

ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

**Аннотация.** В данной статье произведен анализ вредных выделений при технологических схемах изготовления порошковых лент с механической смесью компонентов и с комплексно-легированным сплавом в составе сердечника. Показано, что при изготовлении порошковой ленты с сердечником из комплексно-легированного сплава условия труда рабочих улучшаются за счет исключения операций по подготовке компонентов сердечника, которые приводят к выделению в окружающую среду мелкодисперсных частиц. Наличие этих частиц на поверхности рабочего места может привести к возникновению у рабочих профессиональных заболеваний, характер развития и тяжесть течения которых напрямую зависит от состава, концентрации и длительности воздействия этих частиц на рабочих. Проведены исследования и количественно установлена концентрация загрязнений воздушной среды при измерении ее состава на разном расстоянии от бункера дозирующего устройства при изготовлении порошковых лент с различным составом сердечника.

**Ключевые слова:** электродуговая наплавка, порошковая лента, смесь ферросплавов, комплексно-легированный сплав, пылевидные частицы, концентрация вредных составляющих.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Наплавка находит широкое применение при восстановлении изношенных деталей или упрочнении, путем нанесения на рабочую поверхность детали специального слоя с требуемыми свойствами [1-5]. Для восстановления изношенных поверхностей или упрочнения деталей применяются различные электродные материалы, производство которых связано с выделением вредных для организма человека оксидов и их различных комплексов, присутствующих в составе шихтовых компонентов [6-8].

Вопросы безопасности рабочей зоны при осуществлении процессов сварки и наплавки остаются актуальными и исследуются в разных направлениях [5, 6, 9-11]. Введение в электродный материал компонентов различного химического состава, обусловленное необходимостью обеспечения требуемого химического состава электрода и наплавленного им металла, так же приводит к выделению в окружающее пространство пылевидных частиц различных размеров и состава [5-7]. Наличие в окружающей атмосфере вредных выделений может привести к возникновению у работников профессиональных заболеваний, характер развития и тяжесть течения которых зависит от химического состава, концентрации и длительности воздействия вредных факторов [12-17].

Для наплавки износостойких сплавов широкое применение находят порошковые ленты, которые обеспечивают высокую производительность наплавочных работ. Порошковые ленты позволяют вводить в состав сердечника разнообразные порошковые компоненты различного состава и концентрации, что требует особого внимания к безопасности воздушного пространства при их изготовлении.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является анализ технологических схем производства и исследование загрязнений окружающей среды при изготовлении порошковых электродных лент, предназначенных для наплавки высоколегированных сплавов.



**Зареченский**  
Денис Александрович



**Пестунова**  
Наталья Александровна

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведение исследований и определение санитарно-гигиенических характеристик выполняли при изготовлении порошковых лент с сердечником, состоящим из механической смеси компонентов и порошка комплексно-легированного сплава.

Были проведены сравнительные исследования по определению выделения вредных составляющих в окружающую среду порошковых лент, изготовленных по различным технологическим схемам изготовления. Состав металла при наплавке исследуемыми порошковыми лентами обеспечивал химический состав типа У30Х25С3Н2Г2.

При изготовлении порошковой ленты применялась оболочка, состоящая из 2-х полос из низкоуглеродистой стали 08кп холодной прокатки (размером 24×0,4 мм и 22×0,4 мм), двухзамковой конструкции по ГОСТ 26467. Компоненты сердечника порошковых лент составлялись из механической смеси порошков (феррохрома, марганца металлического, кремния кристаллического, никеля и алюминиево-магниевого лигатуры) и порошка комплексно-легированного сплава. В качестве комплексно-легированного сплава был применен порошок ПГЛ-101, получаемый путем сплавления в индукционных печах ферросплавов: феррохрома, марганца металлического, кремния кристаллического, никеля алюминиево-магниевого лигатуры и подвергшийся грануляции в гидрогрануляторе с получением однородных по составу гранул размером 0,08-3 мм.

Оценку негативных факторов окружающей среды выполняли по методике работы [11] при засыпке компонентов шихты, изготовленной по разным технологическим схемам, в сформированную оболочку порошкового ленточного электрода через дозирующее устройство.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Изготовление порошковых лент предусматривает выполнение ряда технологических операций. Их можно разделить на две основные: рабочие операции по подготовке оболочки и подготовка компонентов сердечника (шихты).

Оболочка для порошковой ленты поступает в электродное производство в готовом виде требуемого химического состава и необходимых размеров. Металлическая лента проходит перематку в приспособлении, на котором формируется бухта с требуемыми внутренними и внешними диаметрами. При перематке ленты происходит обезжиривание и очистка ее поверхностей от возможных загрязнений, заусенец в специальном устройстве. Подготовленная металлическая лента поступает на станок по изготовлению порошковой ленты. Путем протяжки металлической ленты через систему профилирующих роликов и дозированной засыпки компонентов в образуемый профиль проводят уплотнение сердечника в оболочке путем совместного обжатия оболочки и сердечника в двухвалковой клети (рис. 1).

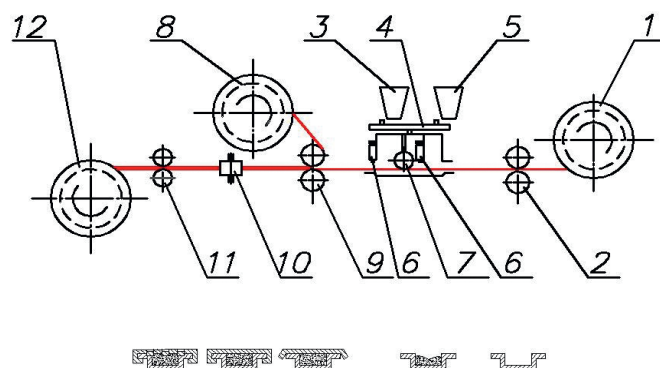


Рис. 1. Схема протяжки порошковой ленты на станке: 1 – кассета металлической ленты для нижней части оболочки; 2 – формирующие ролики; 3, 5 – бункеры для компонентов; 4 – дозирующее устройство; 6 – ограничители высоты слоя шихты; 7 – уплотняющий ролик; 8 – кассета для металлической ленты верхней части оболочки; 9 – формирующие ролики; 10 – формирующие ролики замкового соединения; 11 – двухвалковая клет; 12 – бухта порошковой ленты

При составлении сердечника порошковой ленты производится расчет состава, который определяется химическим составом изношенной детали или требуемыми свойствами в наплавленном слое. Рассчитанный состав сердечника определяет количество компонентов. Компоненты используются в виде порошкообразных частиц разных размеров и формы. Размеры частиц не должны превышать размеров профиля оболочки, получаемого в профилированных роликах стана. При такой технологической схеме изготовления порошковой ленты сердечник приготавливается в виде механической смеси компонентов (рис. 2).

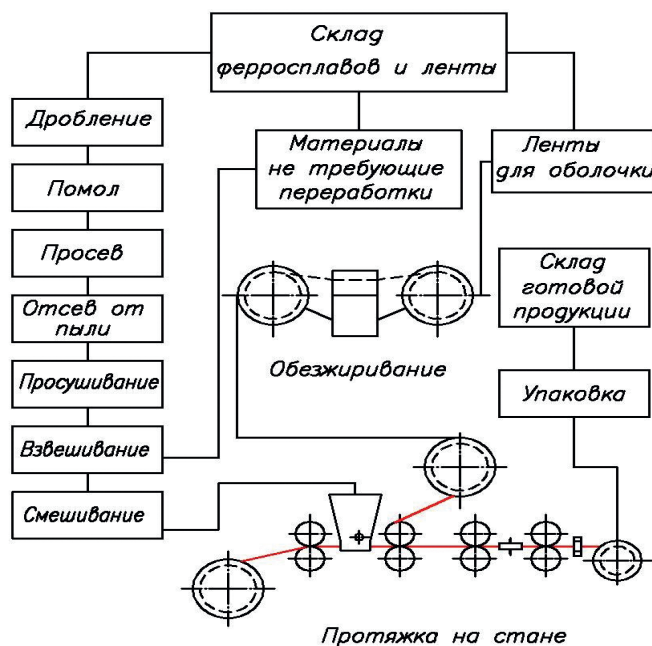


Рис. 2. Технологическая схема изготовления порошковой ленты с сердечником из механической смеси компонентов



Сердечник порошковой ленты можно использовать в виде частиц из комплексно-легированного сплава (лигатуры) [8]. Для этого предварительно выплавляется согласно расчету необходимый состав сплава, который подвергается измельчению на частицы требуемого размера. После расчета необходимого коэффициента заполнения порошковой ленты производится ее изготовление по представленной ниже технологической схеме (рис. 3).

Анализ технологической схемы изготовления порошковой ленты, где в качестве сердечника используется механическая смесь компонентов (рис. 2), показал, что вредное воздействие на окружающую среду оказывают следующие рабочие операции:

- дробление;
- помол;
- просев;
- смешивание;
- дозирование засыпаемых компонентов на стане.

При контроле запыленности воздушной среды в процессе выполнения операций просева компонентов сердечника порошковой ленты из ферросплавов установлено, что содержание пыли составляет порядка 100 мг/м³ при норме 4 мг/м³. Еще большее количество пыли выделяется при размоле компонентов. Так при размоле ферромарганца пыли образуется в 9 раз больше нормы (ПДК). При размоле марганца металлического содержание пыли в воздушной среде составляет до 2 мг/м³.

В процессе выполнения указанных рабочих операций по подготовке компонентов сердечника, происходит выделение в окружающую среду мел-

кодисперсных частиц. Такие частицы, оседая на различные поверхности, длительное время воздействуют на рабочий персонал. Для соблюдения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных пылевых выделений при изготовлении порошковых лент и минимизации поступления их в атмосферу воздуха, следует рекомендовать организовывать такие производства в отдельных, проветриваемых помещениях, оборудованных общеобменной вентиляцией и местным отсосом на указанных рабочих операциях [14, 16, 17].

При изготовлении порошковой ленты с использованием сердечника в виде частиц из комплексно-легированного сплава (рис. 3), указанные рабочие операции отсутствуют.

Для оценки количества выделяемой пыли при засыпке шихтовых материалов в бункер дозатора стана при протяжке порошковой ленты экспериментально определяли данные по запыленности воздушной среды на фиксированном расстоянии точки замера относительно бункера при изготовлении порошковой ленты.

Результаты измерений пылевых выделений в процессе изготовления порошковых лент приведены в таблице 1.

В результате анализа полученных результатов установлено, что при изготовлении порошковой ленты с сердечником из комплексно-легированного сплава намного улучшаются условия труда рабочих. Отсутствует ручной труд при изготовлении шихты, так как комплексный сплав на участок производства порошковой ленты приходит в готовом виде и не требует дополнительной переработки. Единственным местом выделения пыли при изготовлении такой ленты является засыпка сплава в бункер и протяжка ленты на стане.

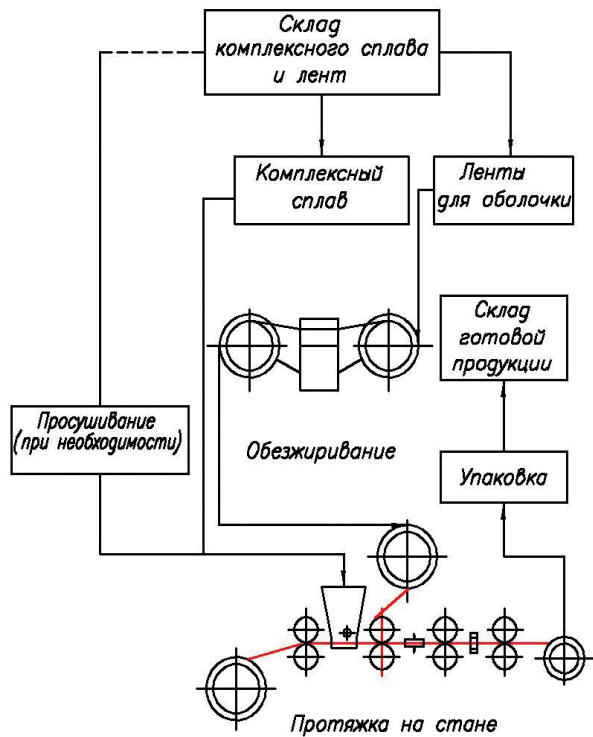


Рис. 3. Технологическая схема изготовления порошковой ленты с сердечником из комплексного сплава

Таблица 1.

Исследования воздушной среды при изготовлении порошковой ленты в зависимости от компонентного состава сердечника

Расстояние от бункера до точки замера запыленности, м	Механическая смесь компонентов		Порошок комплексно-легированного сплава	
	Содержание пыли, мг/м³	Содержание MnO₂, мг/м³	Содержание пыли, мг/м³	Содержание MnO₂, мг/м³
0	15,5	3,5	5,5	0,5
1	9,5	1,5	4,5	0
2	4,5	0,5	3,5	0

«0» — проба взята непосредственно у бункера при работе стана.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа воздушной среды при различных технологических схемах изготовления компонентов сердечника порошковых лент установлено:

1. Применение комплексно-легированных сплавов (лигатуры) устраняет рабочие операции при изготовлении порошковых лент, способствующие максимальному выделению вредных пылевидных частиц в окружающую среду.

2. Использование комплексно-легированных сплавов (лигатуры) сокращает количество рабочих операций при изготовлении порошковых лент.

3. Для соблюдения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных пылевых выделений при изготовлении порошковых лент и минимизации поступления их в атмосферу воздуха, следует рекомендовать оборудование общеобменной вентиляции и местным отсосом рабочих мест, связанных с операциями помола и просеивания компонентов шихты сердечника, а так же их дозированной засыпки в сформированный профиль оболочки ленточного электрода.

## Список литературы

1. Чигарев, В. В. Порошковые ленты для наплавки / В. В. Чигарев, А. Г. Белик // Сварочное производство. 2011. — № 8. С. 38-44.
2. Жудра, А. П. Наплавочные порошковые ленты / А. П. Жудра, А. П. Ворончук // Автоматическая сварка. 2012. № 1. С. 39-44.
3. Chigarev, V. V. Flux-cored tapes for surfacing / V. V. Chigarev, A. G. Belik // Welding International. Volume 26. 2012. P.975-979.
4. Белевитин, В. А. Упрочнение и восстановление деталей машин: /В. А. Белевитин, А. В. Суворов // справочное пособие, Челябинск: 2015 г. — 263с.
5. Логвинов, Ю. В. Экологический менеджмент и решение конкретного вопроса по локализации и нейтрализации сварочного аэрозоля при наплавке / Ю. В. Логвинов // Вестник ПГТУ. № 33. 2016. С.193-197.
6. Рябцев, И. А. Влияние подготовки шихты порошковых проволок на структуру наплавленного металла и экологическую безопасность рабочей зоны при дуговой наплавке / И. А. Рябцев, И. П. Лентюгов, О. Н. Безушко // Сварочное производство. 2022. № 8. С. 47-53.
7. Чигарев, В. В. Санитарно-гигиеническая оценка наплавочных порошковых лент /В. В. Чигарев, О. Г. Левченко // Сварочное производство. 2004. № 12. С. 35-37.
8. Чигарев, В. В. Производство и применение порошковых лент для наплавки износостойких сплавов / В. В. Чигарев // Автоматическая сварка, — 1994. — № 2. — С. 51-52.
9. Чигарев, В. В. Санитарно-гигиеническая оценка процессов сварки и наплавки /В. В. Чигарев, Т. Н. Швеиц // Вестник ПГТУ, — 1995. — № 1. С. 161-164.
10. Игнатова, А. М. Классификация микросферических частиц твердой составляющей сварочных аэрозолей, образованных при ручной электродуговой сварке покрытыми электродами / А. М. Игнатова, М. Н. Игнатов, Г. З. Файнбург. // Сварочное производство. 2022. № 7. С. 51-60.
11. Олейниченко, К. А. Оценка условий труда при наплавке порошковыми лентами / К. А. Олейниченко, В. А. Муратов, В. В. Чигарев, А. В. Зареченский, А. А. Колечко, М. П. Шулькевич // Сварочное производство. 1972. № 9. С. 51-52.
12. Трушкова, Е. А. Особенности профессиональных заболеваний электросварщиков при выполнении сварочных работ на производстве. / Е. А. Трушкова, Е. В. Ладная // Молодой ученый, 2016. №18.1(122.1). С.25-27.
13. Морозкин, И. С. О подходе к оценке профессионального риска на рабочем месте сварщика на предприятиях машиностроительного комплекса/ И. С. Морозкин, И. Г. Переверзен // Инженерный вестник Дона, 2021. № 11.
14. Горбань, Л. Н. Труд и здоровье сварщика: современные гигиенические, медико-социальные и экономические проблемы /Л. Н. Горбань, Д. П. Тимошина // Труды 1-й международной научно-практической конференции. Одесса. 2002. — С. 456-466.
15. Белов, С. В. Безопасность производственных процессов: Справочник / С. В. Белов, В. Н. Брынза, Б. С. Вешкин и др. // М.: Машиностроение, 1985. С 150-152.
16. Горбань, Л. Н. Современное состояние контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны при сварочных работах/ Л. Н. Горбань // Гигиена труда и проф. забол. — 1991, — № 2. — С.37-40.
17. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений). Санкт-Петербург, 1997. 39 с.

# ГАЗ-51 – ЗНАМЕНИТЫЙ ВЕТЕРАН ТРУДА И САМЫЙ МАССОВЫЙ ГРУЗОВИК СССР

А. Г. Яценко, к.т.н., доцент; Н. Д. Бачурин

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Статья посвящена советскому среднетоннажному грузовому автомобилю ГАЗ-51. Рассмотрена история создания автомобиля ГАЗ-51. Рассмотрено серийное производство автомобиля ГАЗ-51. Приведены серийные модификации на базе ГАЗ-51. Приведены опытные модификации на базе ГАЗ-51. Кроме того, приведены грузовики Горьковского автозавода, которые пошли в серийное производство после ГАЗ-51. Рассмотрено проектирование базового автомобиля ГАЗ-51. Приведены грузовики Горьковского автозавода: ГАЗ-51, ГАЗ-63, ГАЗ-93, ГАЗ-51Н, ГАЗ-51У, ГАЗ-51НУ, ГАЗ-51Б, ГАЗ-51Ж, ГАЗ-51ЖУ, ГАЗ-51А, ГАЗ-51Ф, ГАЗ-51АУ, ГАЗ-51Ю, ГАЗ-51С, ГАЗ-51СЭ, ГАЗ-51Р, ГАЗ-51РУ, ГАЗ-51Т, ГАЗ-51П, ГАЗ-51ПУ, ГАЗ-51ПЮ, ГАЗ-51В, ГАЗ-51Д, ГАЗ-51ДУ, ГАЗ-51ДЮ, ГАЗ-93А, ГАЗ-93АЭ, ГАЗ-93АТ, ГАЗ-41, ГЗА-651, ГЗА-653, багги на базе ГАЗ-51, ГАЗ-52-01, ГАЗ-53-12, ГАЗ-3307 и ГАЗ-3309, Валдай, ГАЗон Next. Рассмотрено польское производство грузовиков Люблин-51. Рассмотрено производство ГАЗ-51 (под наименованием «Сынри-58»).

**Ключевые слова:** история создания, грузовик, газ, автомобиль, серийное производство, испытания, серийные и опытные модификации.



Яценко  
Александр Гаврилович



Бачурин  
Никита Дмитриевич

ГАЗ-51, изображенный на рис. 1, был легендарным автомобилем, который можно было встретить, наверное, в любой части СССР [7]. Его и начали разрабатывать на Горьковском автозаводе в 1937 году. Задача была проста и понятна – стране нужен был надёжный и очень простой грузовик, созданный с применением передовых на тот момент материалов, но и с тщательно проверенными временем решениями. ГАЗ-51 применялся для послевоенного восстановления страны, особенно в сельском хозяйстве на освоении целины.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Проектирование базового автомобиля ГАЗ-51, который изначально назывался ГАЗ-51-420 по системе «номер модели шасси – номер модели кузова», скопированной у «Форда», началось в феврале 1937 года. Концепция машины формулировалась предельно чётко и ясно: простой и надёжный универсальный грузовик, скомпонованный из лучших по тому времени, хорошо отработанных и проверенных мировой практикой агрегатов.

В июне 1938 года началось изготовление узлов, в январе 1939 года – сборка, а уже в мае первый автомобиль поступил на дорожные испытания, закончившиеся в июле 1940 года. Летом 1940 г. опытный экземпляр ГАЗ-51 (с новой кабиной и облицовкой) экспонировался на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве в числе лучших образцов советского машиностроения.

Успешно прошедшие испытания позволили заводу в 1941 году начать подготовку серийного производства ГАЗ-51, но началась Великая Отечественная война. Ряд агрегатов ГАЗ-51 (двигатель, сцепление с центробежными грузиками, усиливающими прижатие нажимного диска, коробка передач, карданные шарниры на игольчатых подшипниках) были к тому времени освоены заводом и нашли широкое применение в других выпускавшихся в те годы машинах.

В 1942 году грузоподъёмность проектируемого ГАЗ-51 была поднята с 2 до 2,5 тонн путем усиления отдельных агрегатов и увеличения шин – ходит легенда, что это было сделано по личному указанию Сталина, но это не подтверждено и может являться вымыслом [1].

Работы над перспективными автомобилями возобновились в 1943 году. Быстрое развитие техники в годы войны внесло свои неизбежные коррективы в конструкцию ГАЗ-51. Ведущий конструктор А. Д. Просвирнин радикально переконструировал и доработал машину, и от довоенного ГАЗ-51, по существу, осталось лишь название. Накопленный опыт эксплуатации на боевых машинах шестицилиндровых моторов позволил значительно усовершенствовать двигатель и





Рис. 1. ГАЗ-51



Рис. 2. ГАЗ-63



Рис. 3. ГАЗ-93

обслуживающие его системы. Прототипы ГАЗ-51 использовали ту же кабину, что и списанный грузовик Studebaker US6, но последние грузовики не имели такой же кабины, хотя стиль оставался относительно таким же. Причина этого может заключаться в том, что ГАЗ хотел разработать совершенно новый автомобиль, а не напрямую копировать другой [2]. В проект заложили хорошо зарекомендовавший себя в мировой практике гидравлический тормозной привод, спроектировали более современную и удобную кабину и облицовку. Были увеличены размеры шин, возросла грузоподъёмность автомобиля — до оптимальных 2,5 т, удалось достигнуть ещё большей (до 80 %) унификации с полноприводным вариантом грузовика — ГАЗ-63, проектировавшимся параллельно на соседних компоновочных листах, а по двигателю — с четырёхцилиндровым мотором будущей «Победы» [4].

В мае и сентябре 1944 года построили два новых образца ГАЗ-51 (с различными вариантами оформления капота), а в июне 1945 года — ещё два, окончательно отработанные (предсерийные). Уверенность в высоком качестве новой конструкции грузовика позволила заводу незамедлительно начать подготовку его производства. 19 июня 1945 года ГАЗ-51 вместе с другими новыми советскими автомобилями был показан в Кремле членам правительства и получил полное одобрение.

## СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Изготовление машины завод наладил очень быстро — сказался опыт военного времени. Уже в конце 1945 года выпустили установочную партию — два десятка машин, а в 1946 году, ещё до завершения испытаний, страна получила 3 136 серийных грузовиков нового поколения.

В 1947 году создателей ГАЗ-51 вместе с главным конструктором завода А. А. Липгартом удостоили Сталинской премии.

С конца 1940-х сборка ГАЗ-51 была дополнительно организована на Иркутском (1950–1952 гг.) и Одесском (1948–1975 гг.) заводах. За короткий срок ГАЗ-51 стал самым распространённым автомобилем в стране. В 1958 году годовой выпуск ГАЗ-51 достиг апогея — свыше 173 тысяч. Грузовик производили 29 лет — достаточно редкое долголетие. Последний ГАЗ-51А сошёл с конвейера 2 апреля 1975 года и был отправлен в заводской музей. Общий тираж «газонов» составил



3 481 033 экземпляров, включая 11 418 автомобилей, произведённых на Иркутском автосборочном заводе.

Польское производство грузовиков Люблин-51 продолжалось с 1951 по 1959 год и составило 17 479 единиц.

В 1958 году производство ГАЗ-51 (под наименованием «Сынри-58») начал Токчхонский автозавод в городе Токчхон [3].

### **СЕРИЙНЫЕ И ОПЫТНЫЕ МОДИФИКАЦИИ НА БАЗЕ ГАЗ-51**

ГАЗ-63 — полноприводный двухосный (4×4) грузовик грузоподъёмностью 2 т с однокатной ошиновкой заднего моста. Опытные образцы в 1939–1946 годах. Серийный выпуск в 1948–1968 гг. Приведен на рис. 2 [2].

ГАЗ-93 — строительный самосвал грузоподъёмностью 2,25 т (кузов  $V = 1,65 \text{ м}^3$ ) на укороченном на 320 мм шасси ГАЗ-51, серийно производился Одесским автосборочным заводом (ОдАЗ) в 1948–1955 гг. Приведены на рис. 3 [7].

ГАЗ-51Н — модификация для армии с решётчатым кузовом от ГАЗ-63 с сиденьями вдоль бортов и дополнительным 105-литровым топливным баком, 1948–1975 гг.

ГАЗ-51У — экспортная модификация ГАЗ-51 для стран с умеренным климатом, серийный выпуск 1949–1955 гг.

ГАЗ-51НУ — экспортный вариант армейской модификации ГАЗ-51Н для стран с умеренным климатом, 1949–1975 гг.

ГАЗ-51Б — газобаллонная модификация на сжатом природном или коксовом газе, выпускалась малыми партиями в 1949–1960 гг. на базе ГАЗ-51 и ГАЗ-51А. Приведен на рис. 4 [8].

ГАЗ-51Ж — газобаллонная модификация на сжиженном нефтяном газе, выпускалась малыми партиями с 1954 года. В общей сложности до 1959 года выпущено 12 212 экземпляров ГАЗ-51Б и ГАЗ-51Ж.

ГАЗ-51ЖУ — экспортная газобаллонная модификация на сжиженном нефтяном газе, для стран с умеренным климатом.

ГАЗ-51А — модернизированный базовый бортовой автомобиль. Отличался от ГАЗ-51 в основном новой грузовой платформой увеличенного размера. Серийный выпуск 1955–1975 гг.

ГАЗ-51Ф — модификация с двигателем ГАЗ-51Ф, оснащённым форкамерно-факельным зажиганием, мощностью 80 л. с., выпущена малой партией в 1955 году.



Рис. 4. ГАЗ-51Б

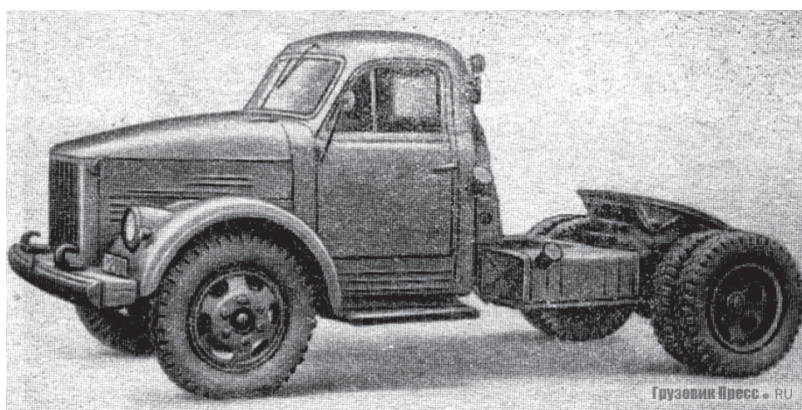


Рис. 5. ГАЗ-51П



Рис. 6. ГАЗ-52-01





Рис. 7. ГАЗ-53-12



Рис. 8. ГАЗ-3307 и ГАЗ-3309



Рис. 9. Валдай

ГАЗ-51АУ — экспортная модификация для стран с умеренным климатом, серийный выпуск 1956-1975 гг.

ГАЗ-51Ю — экспортная модификация в тропическом исполнении, 1956-1975 гг.

ГАЗ-51С — модификация с дополнительным 105-литровым топливным баком. Серийный выпуск в 1956-1975 гг.

ГАЗ-51СЭ — модификация с дополнительным 105-литровым топливным баком и экранированным электрооборудованием.

ГАЗ-51Р — грузопассажирское такси, по бортам имелись откидные скамейки, в заднем борту была предусмотрена дверь и лестница, серийный выпуск 1956-1975 гг.

ГАЗ-51РУ — экспортная модификация грузопассажирского такси для стран с умеренным климатом, 1956-1975 гг.

ГАЗ-51Т — грузовое такси, 1956-1975 гг.

ГАЗ-51П — седельный тягач, серийное производство 1956-1975 гг. Приведен на рис. 5 [7].

ГАЗ-51ПУ — экспортная модификация седельного тягача для стран с умеренным климатом, 1956-1975 гг.

ГАЗ-51ПЮ — экспортная модификация седельного тягача для стран с тропическим климатом, 1956-1975 гг.

ГАЗ-51В — экспортная модификация с повышенной до 3,5 т грузоподъемностью. Оснащалась двигателем ГАЗ-51В мощностью 78 л. с., шинами увеличенного размера 240-508 мм и задним мостом от ГАЗ-63. Серийный выпуск в 1957-1975 гг.

ГАЗ-51Д — специальное шасси с укороченной рамой для самосвалов ГАЗ-93А, ГАЗ-93Б и САЗ-2500, выпускавшихся на САЗе. Серийный выпуск 1958-1975 гг.

ГАЗ-51ДУ — экспортная модификация самосвального шасси для стран с умеренным климатом (под самосвал ГАЗ-93АЭ).

ГАЗ-51ДЮ — экспортная модификация самосвального шасси для стран с тропическим климатом (под самосвал ГАЗ-93АТ).

ГАЗ-93А — строительный самосвал на укороченном шасси ГАЗ-51А, производился ОдаЗом в 1955-1958 гг., в дальнейшем производство было передано на Саранский завод автосамосвалов (САЗ), где продолжалось на шасси ГАЗ-51Д в 1958-1976 гг.

ГАЗ-93АЭ — экспортный вариант для стран с умеренным климатом строительного самосвала на шасси ГАЗ-51ДУ, производился САЗом в 1958-1966 гг.

ГАЗ-93АТ — экспортный вариант в тропическом исполнении строительного самосвала на шасси ГАЗ-51ДЮ, производился САЗом в 1958-1966 гг.



ГАЗ-41 — полугусеничная модификация, опытный экземпляр был построен в 1950 г.

ГЗА-651, ПАЗ-651, ПАЗ-651А, КАВЗ-651А, КАВЗ-651Б — капотный автобус малого класса с трёхдверным дерево-металлическим кузовом на 19 сидячих мест (со стоячими 23 места) на шасси ГАЗ-51 (51А), выпускался на Горьковском автобусном заводе (ГЗА) в 1949 г., на Павловском автобусном заводе (ПАЗ) в 1950-1958 гг, на Курганском автобусном заводе КАВЗ в 1958-1973 гг. У ПАЗ-651А и КАВЗ-651А кузова были уже цельнометаллическими. Автобусы на шасси ГАЗ-51 (типа ПАЗ-651) выпускались на авторемонтных заводах в Борисове, Тарту, Тосно, Киеве, Каунасе и др. городах. В Сочи, начиная с 1955 года, на шасси ГАЗ-51А было построено около сотни экскурсионных автобусов с открытым кузовом. В Борисове (БАРЗ) и Риге (РАФ) на удлиненном шасси ГАЗ-51 были освоены первые отечественные автобусы малого класса вагонной компоновки. Автобусы БАРЗ выпускали в 1953-1957 гг., а РАФ-251 на 22 сидячих места (общая вместимость 29 чел.) в 1955-1960 гг.

ГЗА-653, ПАЗ-653 — санитарный автомобиль для перевозки в специальном кузове 4-х больных на носилках или 13 сидячих (плюс санитар в кабине), выпускался на Горьковском автобусном заводе (ГЗА) и Павловском автобусном заводе (ПАЗ). На шасси ГАЗ-51 также выпускался санитарный автомобиль АС-3, перевозивший 7 носилок и 2 сидячих больных или четырёх лежачих и 6 сидячих или 14 только сидячих больных.

Багги на базе ГАЗ-51 — конструкция разработана в 1983 году, первая машина была построена в начале 1984 года, после прохождения сертификации было построено свыше 50 машин. Первый кроссовый багги 12-го класса, созданный в СССР [6].

Целый ряд средних и малых предприятий большинства союзных республик производил на шасси ГАЗ-51 и ГАЗ-63 множество машин специализированного и специального назначения: автобусы, автоцистерны, фургоны (мебельные, изотермические, хлебозовы и т. д.), пожарные, автовышки, коммунальные и прочие.

ГАЗ-52-01 — советский и российский среднетоннажный грузовой автомобиль грузоподъёмностью 2,5 т. Приведен на рис. 6 [7].

ГАЗ-53-12 — советский и российский среднетоннажный грузовой автомобиль, серийно выпускавшийся Горьковским автомобильным заводом с 1961 по 1993 год. Приведен на рис. 7 [7].

ГАЗ-3307 и ГАЗ-3309 — советские и российские среднетоннажные грузовые автомобили в семействе четвёртого поколения грузовиков производства Горьковского автозавода. Приведен на рис. 8 [7].



Рис. 10. ГАЗон Next

Валдай — российский среднетоннажный низкорамный грузовой автомобиль класса N2. Приведен на рис. 9 [7].

ГАЗон Next — российский среднетоннажный грузовой автомобиль в семействе пятого (Next) поколения среднетоннажников производства Горьковского автозавода. Приведен на рис. 10 [7].

## Список литературы

1. Дашко, Д. «Пятьдесят первому» — 65 лет [Электронный ресурс] / Д. Дашко// Грузовик пресс. — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <http://www.gruzovikpress.ru/article/13551-istoriya-sozdaniya-gaz-51-pyatdesyat-pervomu-65-let/>.
2. Как создавался полноприводный грузовик ГАЗ-63. [Электронный ресурс] // Off Road Drive. — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа [http://www.off-road-drive.ru/archive/53/Dvadcat\\_let\\_bez\\_voyny](http://www.off-road-drive.ru/archive/53/Dvadcat_let_bez_voyny)
3. КНДР строит автомобили [Электронный ресурс] // журнал «За рулем», № 12. — 1974. — стр.36 Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <https://www.zr.ru/archive/zr/1974/12/v-mirie-motorov>
4. Алексеенко, А. Двигатель. «Победа» [Электронный ресурс] / А. Алексеенко// «Победа». — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа [http://www.gaz20.spb.ru/tech\\_devices\\_engine.htm](http://www.gaz20.spb.ru/tech_devices_engine.htm)
5. Кириндас, А. Шаг вперед и два шага назад: отдельные эпизоды из истории создания шестицилиндровых автомобильных двигателей ГАЗ первого поколения [Электронный ресурс] / А. Кириндас// Двигатель. — 2005. — № 4 (40). — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <http://engine.aviaport.ru/issues/40/page52.html>
6. Егоров, В. Бездорожье — его стихия [Электронный ресурс] / В. Егоров// Техника молодёжи», № 11, 1984. Стр. 20-21. — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <http://zhurnalko.net/=nauka-i-tehnika/tehnika-molodezhi/1984-11--num22>
7. ГАЗ машина грузовая фото. [Электронный ресурс] // КАТАЛОГ ФОТО. — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <https://catalog-photo.ru/gaz-машина-грузовая-фото/>
8. ГАЗ-51Б. [Электронный ресурс] // ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ АВТОПРОМ. — Электрон. дан. — 2023. — Режим доступа <https://nashi-avto.ru/ru/gaz/s/gaz-51b.html>

# ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ РЯДНОСМЕЩЕННОЙ СХЕМЫ

С. А. Горожанкин, д.т.н., профессор; А. Е. Ленивов, Б. Д. Минин

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Рассматриваются перспективы и возможности создания дизельных автомобильных двигателей рядносмещенной схемы для грузовых автомобилей. Представлены основные достоинства и особенности таких ДВС. Проведены тепловой, кинематический и динамический расчеты 12-цилиндрового двигателя мощностью 326 кВт. Показано, что такой двигатель не требует установки системы наддува, в отличие от принятого для сравнения серийного двигателя КамАЗ 740.75-440 такой же мощности, который оснащается турбокомпрессорами. Исследовано влияние положительных и отрицательных смещений кривошипно-шатунного механизма на действующие в нем силы. Установлено, что боковые силы, действующие на поршень, и определяющие износ цилиндро-поршневой группы, не являются лимитирующими на режимах полной мощности. Определены крутящие моменты на коренных и шатунных шейках коленчатого вала, установлены наиболее опасные его сечения.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, дизель, рядносмещенный двигатель, кривошипно-шатунный механизм, неравномерность вращения, силы инерции, внутреннее уравнивание, смещенный механизм, коленчатый вал, опасные сечения.



Горожанкин  
Сергей Андреевич



Ленивов  
Александр Евгениевич



Минин  
Богдан Дмитриевич

Многоцилиндровые дизельные двигатели применяются преимущественно в составе силовых установок тяжелых грузовых автомобилей и автобусов. Их недостатком, в сравнении с бензиновыми аналогами, являются значительно большая удельная масса и габариты, а также высокая стоимость, возрастающая при использовании агрегатов турбонаддува со сложными системами их регулирования.

Успехи, достигнутые в процессе конструирования рядносмещенных [1,2] бензиновых ДВС, дают основания применить их схемы для создания идентичных дизельных вариантов. При этом становится возможным использовать опыт, накопленный при создании шестицилиндровых двигателей схемы VR6 [3], для построения дизельных двигателей для легковых автомобилей и малотоннажных грузовиков. Создание рядносмещенных дизельных двигателей с числом цилиндров 12 и 16 представляется целесообразным для использования их в составе силовых установок грузовых автомобилей категории N<sub>3</sub> и автобусов. Применение хорошо зарекомендовавшей себя схемы таких двигателей с практически любым углом развала между блоками цилиндров (см. рис. 1) позволит снизить габариты дизельных двигателей за счет сокращения длины коленчатого вала. Помимо этого становится возможным установка единой для всего блока головки цилиндров, что в значительной мере упростит конструкцию двигателя.

Для всех конструкций бензиновых рядносмещенных двигателей последних моделей практикуется установка 4-х клапанов на цилиндр, топливная аппаратура для непосредственного впрыска топлива с расположением форсунок в головке цилиндров, а также система изменения фаз открытия и закрытия,



как впускных, так и выпускных клапанов. Идентичную конструкцию головок цилиндров с верхним расположением распределительных валов предлагается применить и для дизельного варианта ряднорасположенного двигателя. Поскольку в современных дизельных двигателях все шире практикуется установка 4-х клапанов на цилиндр, то проблемы с расположением форсунок при отсутствии свечи зажигания возникнуть не должно.

Важнейшей проблемой любых дизельных двигателей были и остаются вопросы прочности деталей и узлов. В этом плане опыт, полученный при конструировании бензиновых ряднорасположенных ДВС, дает обнадеживающие предпосылки. Так, для указанных конструкций их номинальные частоты вращения значительны и достигают  $6\,250\text{ мин}^{-1}$  при степени сжатия до 12, что является практически предельной величиной для бензиновых ДВС. Очевидно, что для современных дизелей со значительно меньшей частотой вращения, хотя и с более высокой степенью сжатия (до 17 для неразделенных камер сгорания), требования обеспечения необходимых запасов прочности могут быть обеспечены.

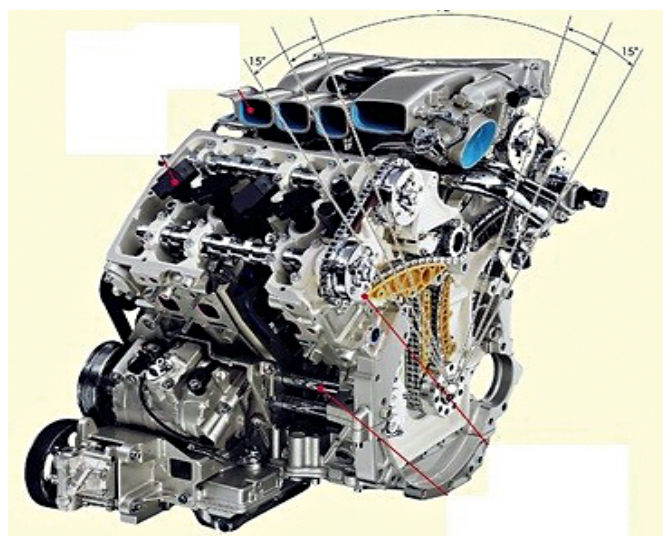


Рис. 1. Ряднорасположенный бензиновый двигатель концерна Volkswagen с двумя блоками цилиндров

Представляются следующие преимущества дизельных двигателей идентичной конструктивной схемы:

- высокая компактность за счет существенного уменьшения массы и размеров, в первую очередь длины двигателя;
- благоприятная работа системы жидкостного охлаждения, поскольку дизельные ДВС, в сравнении с бензиновыми, отдают в системы охлаждения на 25-30 % меньше теплоты;
- упрощение системы впуска, т.к. нет необходимости установки устройств, обеспечивающих работу двигателя с рециркуляцией отработанных газов;
- возможность отказа от системы турбонаддува, т.к. последняя не только усложняет конструкцию силовой установки, но и требует дополнительных устройств для регулирования режимов ее работы в соответствии с нагрузкой двигателя.

В то же время не следует полностью исключать возможность применения турбокомпрессоров, либо высокоэффективных объемных нагнетателей типа «Лисхольм».

Для оценки параметров дизельных двигателей ряднорасположенной схемы авторами выполнены ориентировочные расчеты параметров и характеристик двигателя, прототипом которого (по параметрам кривошипно-шатунного механизма) являются V-образные 8-цилиндровые дизельные двигатели КамАЗ-740 [4]. Их номинальная мощность достигает 323 кВт (440 л. с.), причем большинство последних моделей оснащены системами наддува. Максимальные частоты вращения, в зависимости от модели и модификации, составляют  $1\,900...2\,600\text{ мин}^{-1}$ .

Выполненный тепловой расчет параметров дизельного двигателя схемы WR12 показал, что при сохранении диаметра цилиндров 120 мм и ходе поршня 130 мм может быть получена эффективная номинальная мощность двигателя 323 кВт (440 л. с.) при частоте вращения  $2\,600\text{ мин}^{-1}$ .

Тепловой расчет исследуемого дизельного двигателя проведен по традиционной методике [5, 6]. Вычисления осуществлялись с помощью табличного процессора Excel, при этом неоднократно проводились итерации с целью согласования исходных параметров и конечных результатов.

В процессе итераций корректировались следующие параметры двигателя:

- коэффициент избытка воздуха;
- температура остаточных газов;
- степень предварительного расширения в цикле;
- средняя скорость поршня при номинальной частоте вращения ( $2\,600\text{ мин}^{-1}$ ).
- значения диаметра цилиндра и хода поршня ( $120\times 130\text{ мм}$ ) в соответствии с параметрами серийных двигателей КамАЗ.

В расчетах коэффициент избытка воздуха на номинальном режиме принят равным 1.45 с целью обеспечения минимального содержания вредных выбросов в отработавших газах, в первую очередь сажи. Предполагается установка четырех клапанов для каждого цилиндра, как это все шире применяется в современных дизелях средней мощности (пример — двигатели Cummins). При этих условиях величина коэффициента наполнения составляет не менее 0.88.

Принятая расчетная степень повышения давления в процессе сгорания — 2.25, соответственно степень предварительного расширения составила 1.19. Величина полученной в результате расчетов эффективной мощности дизельного двигателя на номинальном режиме составила 326 кВт, что практически не отличается от номинальной мощности 323 кВт, заявленной ПАО КАМАЗ для двигателя КамАЗ 740.75-440 [4]. Следует отметить, что этот серийный двигатель оснащен двумя агрегатами турбонаддува.

Результаты теплового расчета позволили определить основные размеры кривошипно-шатунного механизма (диаметр цилиндра и ход поршня) которые соответствуют параметрам выпускаемых серийных 8-цилиндровых ДВС ЯМЗ-238 и КамАЗ-740. В соответствии с рекомендованными значениями [5, 6] удельных масс деталей кривошипно-шатунных



механизмов дизельных двигателей были вычислены массы поршней и шатунов. Полученные расчетные значения масс этих деталей предлагаемого двигателя хорошо согласуются с параметрами деталей серийных дизельных ДВС. В дальнейшем это позволило провести динамический расчет двигателя и рассмотреть вопросы его уравнивания.

Для всех двигателей рядномещенных схем характерны две проблемы, обусловленные принципиальными схемами построения их кривошипно-шатунных механизмов. Первая из них состоит во внутренней неуравновешенности по суммарным силам и моментам сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс, а также центробежным силам и их моментам. Даже при шести цилиндрах в одном ряду со смещением, в результате этого смещения добиться полной уравновешенности удастся лишь с помощью дополнительных уравнивающих валов, устанавливаемых в соответствии с элементами механизма Ланчестера [7]. Для двигателей схем WR12 и WR16 [8] характерно незначительное продольное смещение блоков цилиндров друг относительно друга, что обуславливает неполное уравнивание и по суммарному моменту центробежных сил без установки дополнительных противовесов, хотя, как известно двигатели схем V12 и V16 являются полностью уравновешенными. Для снижения вибраций двигателей, передаваемых на опоры их подвески, применяют гидравлические опоры со специальной системой их управления.

Проведенные исследования и динамические расчеты рядномещенных двигателей показывают, что величины неуравновешенных сил инерции и их моментов возрастают пропорционально углу развала в рядах цилиндров. Этим и обусловлен переход в конструкциях двигателей концерна Volkswagen от угла 150 для развала цилиндров в блоках, как это показано на рис. 1, к углу 10.60 в последних моделях таких ДВС, что позволило в ~1.5 раза снизить неуравновешенные инерционные силы и их моменты.

В предлагаемом варианте рядномещенного дизельного ДВС целесообразно принять угол между осями цилиндров одного блока ~100, как у двигателей VW 3.2 и 3.6 FSI [9]. Диаметр цилиндров последнего составляет 89 мм, что примерно соответствует диаметрам цилиндров автомобильных дизелей.

Второй проблемой для механизмов рядномещенных двигателей являются деаксиалы их кривошипно-шатунных механизмов. Расположение цилиндров под углом 15° и менее, а также малая длина блока цилиндров при сохранении обычной конструкции приводит к пересечению поверхностей цилиндров в их нижней части. Поэтому в двигателях применяют дезаксиальное расположение цилиндров. На практике это приводит к тому, что оси цилиндров не пересекают ось коленчатого вала, как обычно, а проходят на некотором расстоянии справа или слева от нее (см. рис. 2). Уже для первых конструкций таких двигателей смещение (дезаксиал) составляло 12.5 мм при диаметрах цилиндров 80–84 мм, что весьма значительно.

Дезаксиальное расположение цилиндров влечет за собой не только смещение в конструкции шатун-

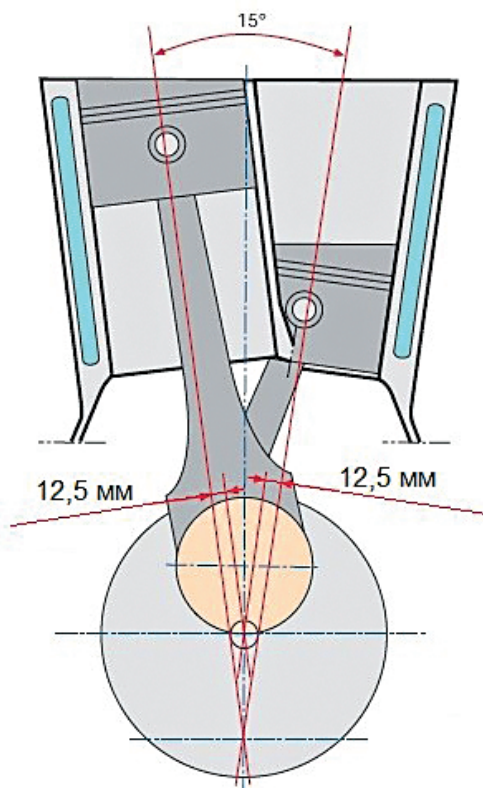


Рис. 2. Схема смещений осей цилиндров в рядномещенных двигателях

но-кривошипного механизма, но и увеличение хода поршня, а также изменения значений углов открытия и закрытия клапанов (фаз газораспределения).

С уменьшением угла развала в блоке цилиндров требуется увеличение значения дезаксиала. Так, например, у вышеуказанных двигателей VW 3.2 и 3.6 FSI его значение составляет уже 22 мм. Количественно значение дезаксиала в двигателях обычно оценивают его относительной величиной  $k$  — отношением абсолютного значения дезаксиала к радиусу поршня.

Разность между ходами поршня дезаксиального и центрального кривошипно-шатунных механизмов для большинства автомобильных и тракторных двигателей незначительна. Так, при  $k = 0,2$  эта разность составляет менее 1 %. В литературных источниках указывают, что при значениях  $k$  в пределах 0.01...0.2 отличиями в кинематических параметрах смещенного и центрального кривошипно-шатунных механизмов можно пренебречь.

В большинстве серийных автомобильных двигателей имеет место небольшой эксцентриситет кривошипно-шатунного механизма, обеспечивающийся незначительным смещением оси (на 1...2 мм) поршневого пальца в поршне.

Осевое смещение поршневого пальца применяется именно в двигателях внутреннего сгорания, чтобы уменьшить износ и шум при нахождении поршня в зоне верхней мертвой точки. Отверстие под поршневой палец в поршне смещают в сторону, противоположную направлению вращения коленчатого вала двигателя. Это позволяет обеспечить перемещение кромки юбки поршня к стенке цилиндра, противоположной направлению вращения коленчатого вала. При этом обеспечивается качествен-

ная смазка сопрягаемых поверхностей при такте рабочего хода, когда прижимающая сила (N) принимает наибольшее значение.

Так, например, в двигателях легковых автомобилей ВАЗ это смещение составляет всего 1 мм, как это показано в табл. 1. В то же время для ряднорасположенных двигателей концерна Volkswagen, например, эта величина лежит в пределах 0.3...0.5, а в последних моделях даже несколько превышает 0.5, как это следует из данных, представленных в табл. 1.

Для предлагаемого дизельного двигателя с радиусом цилиндра 60 мм значение дезаксиала составляет 30 мм. Его уточненная величина, видимо, определится в результате детальной проработки кривошипно-шатунного механизма.

Однако, для ряднорасположенных двигателей положение оси коленчатого вала вне точки пересечения осей цилиндров приводит к неоднозначным результатам. Так, если для левого цилиндра (см. рис. 2) при вращении коленчатого вала по часовой стрелке смещение является положительным и способствует благоприятной «перекладке» поршня, то для правого цилиндра смещение, по установившемуся определению, становится отрицательным и может увеличить нагрузки и стуки при прохождении поршнем верхней мертвой точки. Этот вопрос потребовал проведения дополнительных исследований и расчетов, как для бензиновых, так и для дизельных двигателей.

Результаты показали, что для обоих типов ДВС при переходе от положительных дезаксиалов кривошипно-шатунного механизма к отрицательным значение боковой силы, действующей на стенки цилиндра, изменяет знак, как это известно из теории ДВС. В то же время при «перекладке» поршня в двигателях с отрицательным дезаксиалом амплитуда изменений этой боковой силы меньше, чем в двигателях с положительным дезаксиалом. Результаты расчетов для дизельного двигателя с величинами дезаксиалов  $K = \pm 12.5$  мм,  $K = \pm 22$  мм (численные значения для бензиновых двигателей Volkswagen), а также при величинах  $K = \pm 30$  мм приведены на графиках, представленных на рис. 3.

Характерно, что при отрицательных значениях дезаксиалов максимальное значение боковой силы, действующей на поршень, снижается с ростом абсолютного значения этого дезаксиала. Все же эта сила значительна в любых двигателях, но в бензиновых ее действие проявляется значительно сильнее, чем в дизельных, поскольку силы инерции пропорциональны квадрату частоты вращения вала. Вследствие этого для них боковая сила, действующая на поршень, при высоких частотах вращения и углах поворота коленчатого вала  $\sim 1200$  и  $\sim 4800$  превышает значение этой же силы вблизи верхней мертвой точки. Поскольку указанная сила в значительной мере определяет износ цилиндра и поршня, в двигателях Volkswagen, например, организована подача масла на стенки цилиндров с помощью специальных форсунок.

Проведенные расчеты позволяют провести сравнение предельных расчетных нагрузок на детали бензинового двигателя W12 концерна Volkswagen и предлагаемого варианта дизельного двигателя ряднорасположенной схемы. Результаты этих расчетов представлены для сравнения в табл. 2.

Результаты, представленные в табл. 2, наглядно демонстрируют, что основные нагрузки в предлагаемом дизельном двигателе не намного выше, чем в его

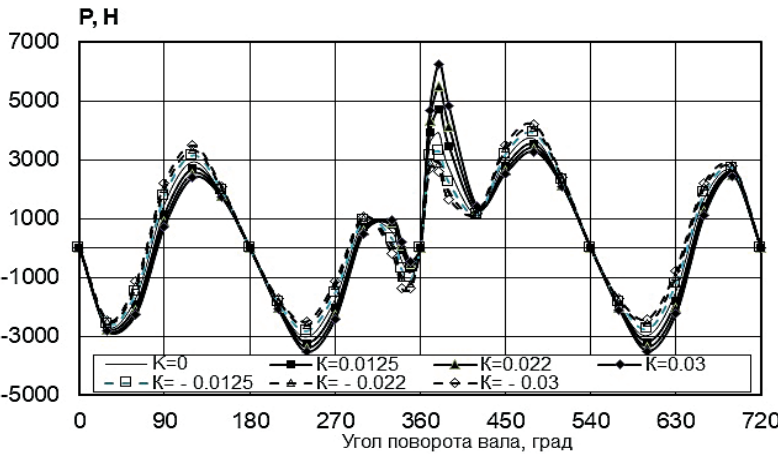


Рис. 3. Зависимость боковой силы, действующей на поршень, от угла поворота коленчатого вала для различных величин смещений в КШМ

Таблица 1.

Значения дезаксиалов для некоторых моделей двигателей

Модель двигателя	Диаметр поршня, мм	Дезаксиал K, мм	Относительный дезаксиал k
ВАЗ	76-82	1.0	0.026-0.024
ЗМЗ, УМЗ	92-100	1.5	0.032-0.03
ЗИЛ	100	1.6	0.032
КамАЗ	120	1.5	0.025
2.8 VR6	81	12.5	0.309
3.2 VR6	86	22.0	0.511
3.6 VR6 FSI	89	22.0	0.494
4.0 W8	84	12.5	0.298
6.0 W12	84	12.5	0.298
8.0 W16 4T	84	12.5	0.298

Таблица 2.

Сравнение характеристик бензинового и дизельного рядномещенных двигателей схемы W12

Расчетные параметры двигателей	Бензиновый двигатель W12 концерна Volkswagen	Дизельный двигатель (расчетные данные)
Эффективная мощность, кВт (л.с.)	308 (420)	326 (443)
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	6000	2600
Диаметр цилиндра, мм	80	120
Ход поршня, мм	90.3	130
Число клапанов на цилиндр	4	4
Степень сжатия	10.75	17
Система наддува	нет	нет
Максимальная продольная сила в шатуне, Н	20137/-25720	22723/-32489
Максимальная боковая сила, действующая на поршень, Н	2930/-2339	6255/-3535

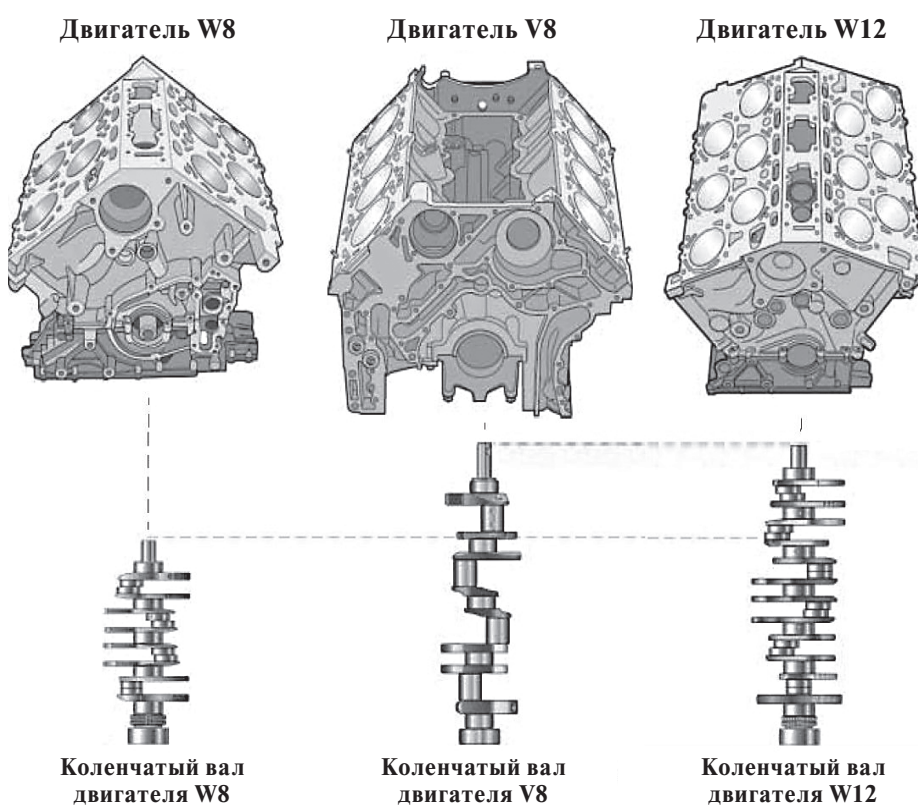


Рис. 4. Сравнительные размеры блоков цилиндров и коленчатых валов V-образного и рядномещенных двигателей

#### Список литературы

1. The W Engine Concept. Self-Study Program. Volkswagen of America, Inc. 3800 Hamlin Road. – February, 2002. – 64 p.
2. The W Engine Concept. Design and Function. Technical specifications subject to change without notice. – January, 2008. – 64 p.
3. Двигатель VR-6. Устройство и принцип действия. Volkswagen AG, Wolfsburg. Ред.3 от 2016-08-07.
4. Грузовые автомобили и автобусы КамАЗ. ПАО КАМАЗ, 2016. – 114 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей / Д. Н. Вырубов, С. И. Ефимов, В. И. Ивин и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
6. Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мяков; под. ред. Н. Д. Чайнова. М.: Машиностроение, 2008. 496 с., ил.
7. Гусаров, В. В. Уравновешивание поршневых двигателей: учебное пособие. – М.: МГИУ – 2010. – 134с
8. 6.0L W12 Engine in the Audi A8L. Audi of America, Inc. Service Training. – November, 2004. – 80 p.
9. VW 3.2 and 3.6 liter FSI Engine. Service Training. - Volkswagen of America, Inc. 3800 Hamlin Road Auburn Hill, MI 48326, October 2006. – 68 p.

бензиновом аналоге. Следует отметить, что в расчетах приняты значения масс деталей кривошипно-шатунного механизма, соответствующие именно конструкциям дизелей, поэтому с учетом больших размеров деталей дизелей напряжения в них не должны превысить допустимые. Это подтверждает возможность построения 12-цилиндрового дизельного двигателя рядномещенной схемы практически с такими же габаритами, как и 8-цилиндрового V-образного дизеля равной мощности, но уже без системы наддува. Рис. 4, представленный концерном Volkswagen, наглядно демонстрирует сравнительные размеры блоков цилиндров и коленчатых валов таких двигателей, поскольку именно длина коленчатого вала в основном определяет длину двигателя.



## **УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

**Планируемый к изданию 25-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 надежности систем городского хозяйства;
- развитие транспортных систем населенных пунктов;
- комплексная реконструкция территорий промышленных предприятий региона
- электротехника и автоматизация в строительстве.

### **АРХИТЕКТУРА**

- исследование проблем архитектуры, ее стилиобразования, 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 10 ноября 2023 г. по адресу:  
286123, РФ Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, дом. 2,  
ФГБОУ ВО «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**

## РЕШАТЬ ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ: в СПКБ ДонНАСА к работе привлекают школьников и студентов-первокурсников



Руководитель научно-исследовательской части академии, доцент Виталина Борисовна Мартынова в информационном видеосюжете рассказала о том, что сейчас идет успешное завершение одной из более значимых и длительных работ СНЛ «СПКБ» ФГБОУ ВО «ДОННАСА» — неразрушающего метода контроля моста из железобетонных конструкций по адресу: г. Мариуполь, ул. Тополиная. Договор подписан сторонами 21 августа 2022 года и потребовал большой слаженной работы.

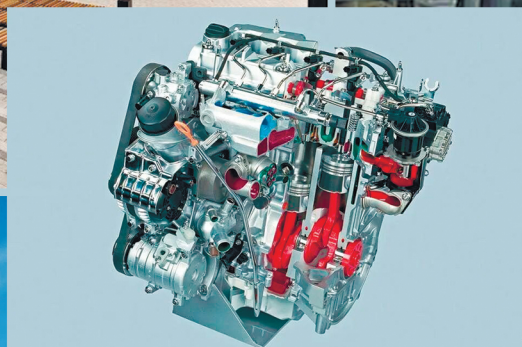
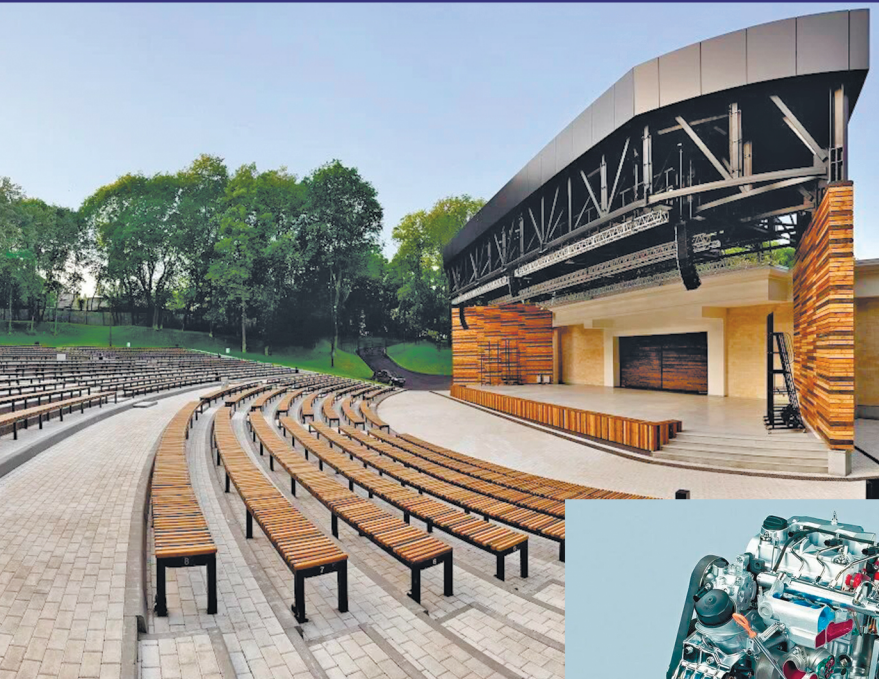
Следует отметить, что в коллективе большое внимание уделяют и привлечению к работе не только студентов-первокурсников, но и лицеистов, и школьников. Так на познавательных экскурсиях на строительных площадках Мариуполя, отметила В. Б. Мартынова, в рамках взаимодействия и развития инженерно-научного образования к этой ответственной работе были привлечены и побывали на объекте студенты академии различных программ подготовки. Особо следует подчеркнуть, что проявили свою инициативу и студенты первого курса строительного факультета Камила Кожара (группа ОЗПСМиК-1, а), Максим Мандрыка (группа ПСМиК-55а), ребята уже активно принимают участие в работе СНЛ «СПКБ». Кроме того, учащийся 11-А класса Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната

ДонНАСА Владимир Сельский и учащийся 8-Б класса МОБШ № 18 г. Макеевки Михаил Карагезов также побывали на строительстве, где познакомились с проблематикой и осваивали методы контроля железобетонных конструкций.

— Перед ребятами были поставлены инженерные задачи разного уровня, с которыми они все успешно справились. Долгосрочная совместная работа приносит созидательные результаты, что вносит свой вклад в восстановление народного хозяйства Донецкой Народной Республики. А мы им в этом поможем, — продолжила свой рассказ Виталина Борисовна.

Руководитель НИЧ ДонНАСА подчеркнула, что актуальность этой работы подтверждают и подписанные 20 сентября на базе лицея «Престиж» ректором академии Николаем Михайловичем Зайченко договоры о взаимном сотрудничестве по формированию классов инженерной направленности с директорами образовательных бюджетных учреждений города Макеевки: лицея «Престиж», средних школ № 15, № 11, № 103, а также средней школы № 108 имени Первой Гвардейской Армии. Мероприятие осуществлено в рамках проекта «Инженерный полигон», инициированного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и Министерством образования и науки Донецкой Народной Республики.





ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»



РФ ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 43-70-33



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