

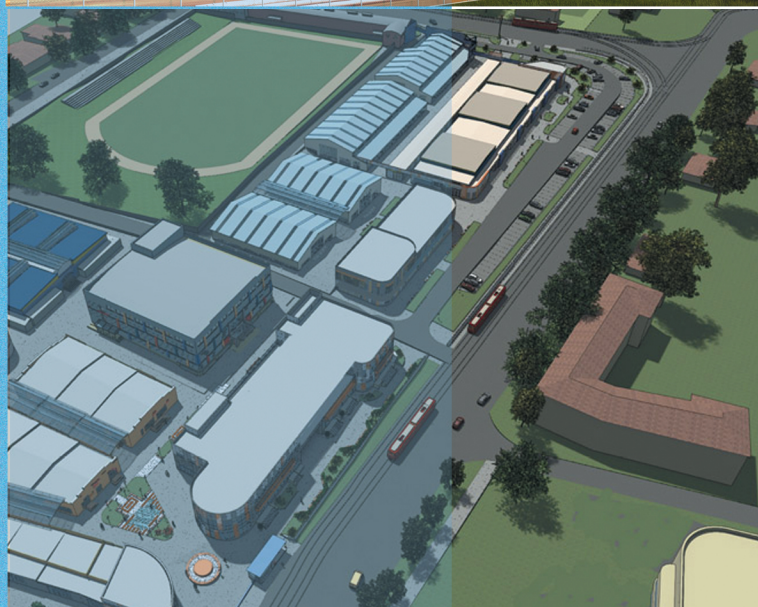


ISSN 2617-1848

# СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (15) июнь 2021



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования  
и науки ДНР



# ДЕКАН ФАКУЛЬТЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДОННАСА ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ В РОССИЙСКОЙ «НЕДЕЛЕ ДПО»

Образовательно-методическим консорциумом «Международная ассоциация профессионального дополнительного образования» (МАПДО) с 3 по 11 июня 2021 года проводилась 12-я конференция «Дополнительное профессиональное образование: от спроса до признания» в формате Недели дополнительного профессионального образования (Неделя ДПО). Мероприятия проводились на онлайн-площадках ведущих Российских Вузов.

В рамках реализации Федерального Закона «Об образовании в Российской Федерации» с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.06.2021, особое внимание будет уделяться просветительской деятельности, осуществляемой вне рамок образовательных программ, направленной на распространение знаний, опыта, формирование умений, навыков, ценностных установок, компетенций в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и профессионального развития человека. Для выполнения поставленной президентом Российской Федерации Владимиром Путиным на заседании Петербургского международного экономического форума задачи обеспечения всеобщей цифровой грамотности Россия намеренакратно увеличить выпуск специалистов в цифровой экономике, что потребует в свою очередь модернизации сферы образования.

Именно поэтому Неделя ДПО объединила более 160 образовательных и просветительских организаций, являющихся участниками консорциума МАПДО, а также организации, присоединившиеся к обсуждению в рамках пленарного заседания и секционных заседаний. Вниманию всех желающих принять участие в обсуждении вопросов ДПО в онлайн-формате были предложены площадки ведущих российских вузов для проведения секций и круглых столов: 3-4 июня – «Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения агропромышленного комплекса»; 7 июня – «Нормативно-правовое регулирование ДПО: возможности и недостатки для современных условий»; 8 июня – «Перспективная модель ДПО в региональных университетах», 9 июня – «Тенденции развития корпоративного дополнительного профессионального образования в России»; «Модели и технологии реализации программ дополнительного профессионального образования педагогов»; 10 июня – «Современные цифровые технологии в дополнительном образовании»; 11 июня – «Образованию все возрасты покорны: зачем и как обучать старшее поколение».

8 июня 2021 года в работе секции «Перспективная модель ДПО в региональных университетах», проводимой на базе Ставропольского государственного аграрного университета, приняла участие декан факультета дополнительного профессионального образования В.А. Крахина. Работа секции Форума объединила ведущие организации в сфере дополнительного профессионального образования: Российское энергетическое агентство Минэнерго России, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Смоленский государственный университет, Аналитический центр НАФИ и др.

Представленные доклады освещали современные вопросы развития и совершенствования качества дополнительного образования, его роли в развитии регионов, значение ДПО в содействии занятости. В рамках секции также были обсуждены базовые инструменты участия региональных университетов в реализации национальных проектов, существующие системы продвижения программ ДПО в региональных университетах, представ-

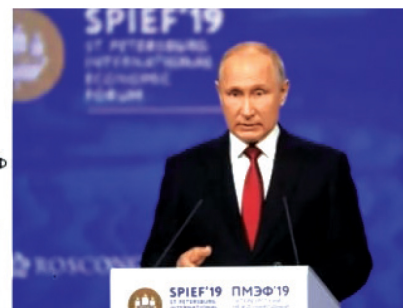
лен опыт университетов по увеличению доли доходов от ДПО в структуре бюджета университета, оценена необходимость выявления и закрепления отраслевой конкурентоспособности университета на российском рынке ДПО, обсуждены вопросы необходимости корреляции показателей стратегии развития ДПО с Программой стратегического академического лидерства ПРИОРИТЕТ 20.30.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры благодарит организационный комитет Недели ДПО за возможность участия, получения новых знаний и опыта.

*«Нам предстоит решить более широкую задачу, задачу национального уровня - добиться всеобщей цифровой грамотности»*

В.В. Путин, Выступление на ПМЭФ

До 34% ожидаемого роста ВВП к 2025 году будет обеспечено именно за счет цифровизации.





**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

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

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА**

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

**АДРЕС РЕДАКЦИИ**

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

Печатается по решению Ученого Совета  
ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»  
Протокол № 9 от 31.05.2021

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 28.06.2021. Формат 60 × 90<sup>1/8</sup>.  
Бум. мелов. Усл. печ. л. 8,77. Тираж 300 экз. Заказ № 30.

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Агеев В.Г. – НИИГД «Респиратор», ДНР  
Бенаи Х.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Большаков А.Г. – ИрННТУ, РФ  
Братчун В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Брюханов А.М. – ГУ МакНИИ, ДНР  
Бумага А.Д. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Высоцкий С.П. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Гайворонский Е.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Горожанкин С.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Горохов Е.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Дорофиев В.В. – ГОУ ВПО «ДонаУиГС при Главе ДНР»  
Долженков А.Ф. – ГУ МакНИИ, ДНР  
Дрозд Г.Я. – ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. Даля»  
Ефремов А.Н. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Зайченко Н.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Иванов М.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Куликов Н.И. – ЮРГПУ (НПИ), РФ  
Левин В.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Левченко В.Н. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Лобов И.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Лобов М.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Лукьянов А.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Мамаев В.В. – НИИГД «Респиратор», ДНР  
Муксинов Р.М. – КРСУ, Кыргызстан  
Мушанов В.Ф. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Нагаева З.С. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ  
Назим Я.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Найманов А.Я. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Насонкина Н.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Наумец С.С. – МИНСТРОЙ ДНР  
Нездойминов В.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Нечепав В.Г. – ГОУ ВПО «ДонНТУ», ДНР  
Олексюк А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Пенчук В.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Петраков А.А. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Пономоренко Е.В. – СамГТУ, РФ  
Радионов Т.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Севка В.Г. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Семченков Л.В. – МИНСТРОЙ ДНР  
Сердюк А.И. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Тищенко В.П. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Шаленный В.Т. – ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», РФ  
Шолух Н.В. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР  
Югов А.М. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», ДНР



## СОДЕРЖАНИЕ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАУЧНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ГРАЖДАНСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ***И. А. Кузик, С. А. Борознов*

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ТОРГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ..... 4

*В. В. Яркин, Е. О. Брызгатая, А. В. Кухарь, Н. С. Масло*  
ВЛИЯНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ЭТАПОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НА НДС КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ .....9**НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ***О. Э. Брызгатый, Э. П. Брызгатый*  
ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ УЗЛОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ СБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА РАБОТУ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ.....15**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД***В. И. Нездойминов, А. В. Жибоедов., А. В. Мозукало*  
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ .....20**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ***С. П. Высоцкий, Д. В. Мачикина*  
ПРОБЛЕМЫ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....25*А. А. Олексюк, А. В. Плужник, Б. В. Кляус*  
ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МНОГОКОНТУРНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ОТ АИТ.....30**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА***Б. Р. Романенко, С. М. Орлов, А. Я. Орлова*  
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ .....36**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ***П. Б. Комов, А. Б. Комов, А. В. Борман, А. Г. Яценко*  
СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ «ПОБЕДЫ».....41*А. К. Пильненко, В. М. Даценко, А. Г. Водолажченко*  
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНОЙ САМОХОДНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ ПО МОНОРЕЛЬСАМ БЕЗ ПЕРЕГРУЗОК.....48

## SUMMARY

*I.A. Kuzik, S.A. Boroznov*  
**OUR EXPERIENCE IN RECONSTRUCTION OF THE TRADING AREAS**

This article discusses the principles and techniques of reconstruction, design and construction of trading areas. We are taking into account the possibility of its application in the Donetsk region. Our attention is concentrated on the specifics of the retail areas' placement in the already established architectural environment and on the compositional-artistic and volume-planning conditions of these places. The main architectural and planning techniques for the formation of a modern trading environment in the structure of the district are noticed here. An architectural and urban planning analysis of foreign experience in the reconstruction and construction of trading areas has been carried out in our research, with further identification of patterns in solving these problems. The buildings and structures of this typological group's construction or reconstruction principles and methods of are revealed. The main areas and directions that need a comprehensive reconstruction, including a rethinking of transport and pedestrian connections, reconstruction of a volume-planning solution and an expansion of the functional component, have been identified.

*V.V. Yarkin, E.O. Bryzhataya, A.V. Kuhar, N.C. Maslo*  
**THE SEQUENCE OF THE STAGES OF RECONSTRUCTION'S INFLUENCE ON THE VAT OF THE BUILDING STRUCTURES IN THE UNDERMINED AREA**

The article investigates the sequence of stages of reconstruction's influence with a superstructure on the stress-strain state of the structures of a building using in the undermined area. The research was carried out on the example of the hotel "Olymp" building in Donetsk, which has a two-stairs superstructure of block "A" and block "B". The stress-strain state of the building was determined by the joint calculation of the "Surface – foundation – building" system, taking into account the deformations of the earth's surface from underworking to reconstruction, in the process of reconstruction and after reconstruction. At the same time, a different sequence of stages of reconstruction was considered. The analysis of the researched building's stress-strain state of the bearing structures is given and the most rational sequence of superstructure of blocks "A" and "B" of the hotel is determined.

*O.E. Bryzhatiy, E.P. Bryzhatiy*  
**THE STATE OF NODE INTERFACES OF ASSEMBLED STRUCTURES' INFLUENCE ON THE WORK OF THE HIGH-RISE BUILDINGS' FRAME ELEMENTS**

A survey of several frame buildings made of precast concrete structures was carried out in our article and on practical experience. The actual state of the joints of structures was established, the existing defects and damages were systematized. The taking into account the compliance of nodal junctions with and without defects influence on the stress-strain state of reinforced concrete elements of bearing subsystems of frame buildings – columns, girders, floor disks and stiffening diaphragms – has been investigated. The data of the numerical study of the stress-strain state of the frame of the building, operating according to the link scheme, in the presence of defects and damages of the nodal joints of structures are obtained.

*V.I. Nezdoyminov, A.V. Zhyboedov, A.V. Mogukalo*  
**THE DISINFECTION OF EXCESS ACTIVE SILT'S: MODERN APPROACHES AND POSSIBILITIES OF ITS FURTHER USING**

This article presents the existing approaches to the disinfection of the formed organic sludge from urban wastewater. The reagent and thermal methods for reducing the contamination of excess activated sludge from pathogens by hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) are considered. It was found that at a minimum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dose of 0.06 g / g of activated sludge dry matter, chemical flotation occurs, the moisture content of the obtained compacted sludge was 94-96%. With the selected dose of the reagent the contamination of pathogens decreased by 5%. During heat treatment the group of Escherichia coli in the sediment decreased by 99.8%.

*S.P. Vysotskiy, D.V. Machikina*  
**THE SCALING AND ENERGY SAVING PROBLEMS**

The article discusses an actual problem: contamination of heating surfaces with low-temperature deposits. The influence of supersaturation with respect to the content of calcium carbonate in water, the content of carbon dioxide, the induction period of crystallization and the content of magnesium on the degree of deposition of various polymorphic formations of calcite, aragonite and waterite has been studied. The factors that have a significant effect on the intensity of the processes of contamination of heating surfaces under heat transfer conditions are analyzed. The economic costs as a result of contamination of heating surfaces are analyzed. The possibility of preventing scale formation by influencing certain stages of the process were carried out.



## SUMMARY

**A.A. Oleksuk, A.V. Pluzhnik, B.V. Klyaus**  
**FEATURES OF THERMAL CALCULATION OF MULTI-CIRCUIT HEAT EXCHANGERS OF THE COIL TYPE WITH HEAT SUPPLY FROM A NHS**

The operation of heating and storage installations with multi-circuit heat exchangers installed in individual heating points for connecting heating and hot water supply systems significantly reduces operating costs and capital investments. The possibility of using the heat carrier from the nuclear power plant for heat supply of buildings with the help of district heating was considered too. Based on this, a new method was formulated for calculating a multi-circuit coil-type heat exchanger for heating and hot water supply systems for settlements from nuclear heat sources. The constructive calculation of the main elements of a multi-circuit coil-type heat exchanger is described. The presence of an accumulating capacity with a multi-circuit heat exchanger for smoothing the peak load of daily consumption is analyzed, taking into account also a decrease in water withdrawal at night. A diagram of a four-circuit heat exchanger for an independent connection diagram of heating and ventilation systems using a heat carrier from a nuclear power plant is presented.

**B.R. Romanenko, S.M. Orlov, A.Ya. Orlova**  
**ANALYSIS OF BASIC PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF CENTRIFUGAL DUST COLLECTORS**

Protection of our planet's atmosphere is a social and economic problem inextricably linked with the task of creating comfortable conditions for human life and work. Dust and gas emissions from industry have a significant impact on the environment and the atmosphere in all its aspects. The building materials' production makes a significant negative contribution to the overall ecological indicator of the region, since most of the technological processes are inextricably linked with the formation of dust and their subsequent release into the atmosphere. These industrial emissions can contain valuable intermediates that are lost forever. Therefore, the purification and neutralization of industrial emissions have sanitary and economic importance. This article discusses the issues of cleaning dust and gas emissions from the industry. The most common cleaning devices are cyclones. Over the entire period of their application, many different designs and types of cyclones have arisen, depending on the place of their application. Methods for calculating the parameters characterizing the operation of cyclones, such as the magnitude of the centrifugal force, the minimum size of particles captured by the cyclones, pressure losses in the cyclone, and the efficiency of dust collection are considered.

**P.B. Komov, A.B. Komov, A.V. Borman, A.G. Yatsenko**  
**SYSTEM ENGINEERING OF THE "POBEDA" CAR**

The article is dedicated to the 75th anniversary of the start of serial production of the Pobeda car. The features of Soviet systems engineering in the formation of the life cycle of cars are presented and the need for its knowledge in the modern conditions of the digital economy, focused on strict consideration of the individual needs of consumers of goods, is disclosed in our research. The facts from the history of the creation, production and operation of the Pobeda car demonstrate both the development of domestic and world auto-building and the level of its organization. The main thing is the systemic training of specialists, which means mastering competencies that allow solving specific problems of complex systems and choosing their optimal options based on from the requirements for systems at all. Such work requires not only high qualifications for its performance, but also the creative abilities of a person, where the modern explanation for this fact is the continuous and intensive improvement in society of all its processes and structures.

**A.K. Pilnenko, V.M. Datsenko, A.G. Vodolazhchenko**  
**JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A SUSPENDED SELF-PROPELLED TROLLEY FOR MOVING UNIT LOADS ON MONORAILS WITHOUT OVERLOADING**

The article discusses the loading and unloading and transport and storage operations' issue of increasing the productivity by using a suspended self-propelled trolley for moving piece goods along monorails. Analysis of literature sources showed that the provisions for calculating the main parameters of suspended monorail roads do not contain complete information about the operating conditions that arise, while moving along vertical monorails. The established dependences of the resistance to the movement of the loaded trolley with an inclined position of the monorail showed that the value of the resistance to movement is most effected by the angle of inclination of the monorail. To reduce the deformation of the drive roller, the hardness of the material should be increased, i.e. bring the modulus of elasticity of the material to a value equal to 0.08-0.09 MPa. The designed self-propelled suspension trolley is designed to move various loads inside the buildings of machine-building industries and enterprises of the construction industry. The trolley can also move loads between individual buildings. The suspended trolley has the ability to move piece cargo along horizontal and vertical monorails without overloading.

## СОДЕРЖАНИЕ

**DEFINITION OF SCIENTIFIC AND PRACTICAL DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND URBAN CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES, CITY TERRITORIES OF CIVIL AND INDUSTRIAL PURPOSE**

**I. A. Kuzik, S.A. Boroznov**  
OUR EXPERIENCE IN RECONSTRUCTION OF THE TRADING AREAS..... 4

**V. V. Yarkin, E. O. Bryzhataya, A. V. Kuhar, N. C. Maslo**  
THE SEQUENCE OF THE STAGES OF RECONSTRUCTION'S INFLUENCE ON THE VAT OF THE BUILDING STRUCTURES IN THE UNDERMINED AREA ..... 9

**LOADS AND EFFECTS ON STRUCTURES, BUILDINGS AND STRUCTURES**

**O. E. Bryzhatiy, E. P. Bryzhatiy**  
THE STATE OF NODE INTERFACES OF ASSEMBLED STRUCTURES' INFLUENCE ON THE WORK OF THE HIGH-RISE BUILDINGS' FRAME ELEMENTS ..... 15

**INTENSIFICATION OF THE BIOLOGICAL TREATMENT OF URBAN WASTE WATER**

**V. I. Nezdoyminov, A. V. Zhyboedov, A. V. Mogukalo**  
THE DISINFECTION OF EXCESS ACTIVE SILT'S: MODERN APPROACHES AND POSIBILITIES OF ITS FURTHER USING ..... 20

**OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODE OF HEAT GENERATING EQUIPMENT OF HEAT SUPPLY SYSTEMS**

**S. P. Vysotskiy, D. V. Machikina**  
THE SCALING AND ENERGY SAVING PROBLEMS..... 25

**A. A. Oleksuk, A. V. Pluzhnik, B. V. Klyaus**  
FEATURES OF THERMAL CALCULATION OF MULTI-CIRCUIT HEAT EXCHANGERS OF THE COIL TYPE WITH HEAT SUPPLY FROM A NHS ..... 30

**MODERN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AIR CLEANING TECHNOLOGIES**

**B. R. Romanenko, S. M. Orlov, A. Ya. Orlova**  
ANALYSIS OF BASIC PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF CENTRIFUGAL DUST COLLECTORS ..... 36

**OPERATION OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES AND COMPLEXES**

**P. B. Komov, A. B. Komov, A. V. Borman, A. G. Yatsenko**  
SYSTEM ENGINEERING OF THE "POBEDA" CAR ..... 41

**A. K. Pilnenko, V. M. Datsenko, A. G. Vodolazhchenko**  
JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A SUSPENDED SELF-PROPELLED TROLLEY FOR MOVING UNIT LOADS ON MONORAILS WITHOUT OVERLOADING ..... 48



# ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ТОРГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И. А. Кузик, С. А. Борознов

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

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены принципы и приёмы реконструкции, проектирования и возведения торговых территорий с учётом возможности их применения в Донецком регионе. Взята во внимание специфика размещения торговых территорий в уже сложившейся архитектурной среде с учётом композиционно-художественных и объёмно-планировочных условий. Обозначены основные архитектурно-планировочные приёмы формирования современной торговой среды в структуре микрорайона. Проведён архитектурно-градостроительный анализ зарубежного опыта реконструкции и строительства торговых территорий с дальнейшим выявлением закономерностей в решении данной проблематики. Выявлены принципы и приёмы строительства или реконструкции зданий и сооружений данной типологической группы. Определены основные области и направления, нуждающиеся в комплексной реконструкции, включающей в себя переосмысление транспортно-пешеходных связей, реконструкцию объёмно-планировочного решения и расширение функциональной составляющей.

**Ключевые слова:** торговая территория, реконструкция, рынок, здание, сооружение, конструкция, структура, функция.



*Кузик  
Иван Андреевич*



*Борознов  
Сергей Александрович*

## ВВЕДЕНИЕ

Торговые территории — одно из древнейших мест, осуществляющих взаимодействие между продавцом и покупателем. Данные торговые центры могут иметь как оборудованные, так и необорудованные торговые ряды. В настоящее время крытые рынки и рынки под открытым небом столкнулись с проблемами морального и физического старения, что в современном мире приводит к повсеместным реконструкциям сооружений и площадей данной типологической группы. Основными проблемами, выявляемыми архитекторами при изучении торговой территории для дальнейшей реконструкции, являются: неструктурированные транспортно-пешеходные связи, разрозненность функционального зонирования по типу реализуемого товара, отсутствие учёта окружающей застройки при организации объёмно-планировочного и архитектурно-художественного решения и другие.

Исходя из вышеперечисленных проблем, с которыми сталкивается большинство современных торговых территорий, можно выделить основные цели и задачи данного исследования. Ими являются: выявление основных принципов и приёмов реконструкции, проектирования и возведения торговых территорий; установление приёмов реконструкции, которые можно применить в Донецком регионе [5].

В современной торговой индустрии имеет место определённая классификация торговых сооружений, основными критериями которой являются наличие автостоянки, коммуникаций, системы кондиционирования, холодильного оборудования и других установок, местонахождение объекта и его внешние данные. Хорошим вариантом при этом считается возведение нового здания, однако он не решает всего спектра вопросов архитектурного содержания, связанных с существующей торговой территорией. Оптимальным выходом из данной ситуации является реконструкция уже существующих торговых площадей, чему имеется подтверждение в ряде примеров.

Рынок в г. Генте (Нидерланды, 2017 г.) является одним из примеров освоения территории в структуре города. Сооружение расположено между магазином, площадью и новой нижней зеленой зоной, соединяющейся с «пивным рестораном», велосипедной стоянкой и общественными туалетами. Хотя сооружение и занимает участок площадью 24 000 м<sup>2</sup>, оно хорошо вписывается в окружающую историческую среду. По сравнению со Свято-Никольской церковью, Колокольной и Кафедральным собором рынок имеет меньшую высоту, сопоставимую с примыкающей к нему ратушей, у которой он заимствует свой силуэт (рис. 1).

Внутренняя часть рыночного зала образует «городской интерьер» и встречает прохожего двойным модулированным деревянным потолком, маленькие окна которого рассеивают свет внутри. Используя деревянную отделку, внешний вид сооружения обращает на себя меньше внимания, нежели окружающие его исторические каменные здания. Стекланная оболочка защищает дерево и образует мягкий блеск, отражая небо.



Рис. 1. Общий вид рынка в г. Генте, Нидерланды, 2017 г.

Большие ёмкости для поглощения дождевой воды, приёмы низкого энергопотребления, использование действительно натуральных материалов и четкое видение придания новой ценности историческому центру с его старыми объёмно-пространственными структурами — это всего лишь элементы, которые образуют «устойчивость» данной среды [8].

Очевидно, что основным архитектурным приёмом, который использовали авторы проекта при проектировании данной торговой площади, является учёт окружающей исторической застройки.

Рынок «Йолчанг 2020», г. Ухань, Китай, 2020 г. Цель проектирования данного рынка состояла в том, чтобы реализовать план возрождения старого района с помощью обустройства общественного места и в то же время повысить уверенность в возобновлении активной жизни города (рис. 2).

Располагается временный рынок на центральной площади «Пинхэфан» в древнем историческом кластере. В нём находятся следующие исторические здания: 115-летняя фабрика упаковок Пинхэ, 127-летняя православная церковь, 107-летний дом Лутца. Часовая башня на южной стороне площади на самом деле является вентиляционной шахтой автомобильного туннеля через реку Янцзы.



Рис. 2. Общий вид рынка «Йолчанг 2020», г. Ухань, Китай, 2020 г.

Относительно новые здания на этом участке были снесены во время строительства туннеля в 2004-2008 годах, и строительство других новых зданий непосредственно над туннелем больше не допустимо; надземное пространство не имеет транспортных связей и не часто используется общественностью. Первоначальная идея состояла в том, чтобы создать центральную площадь с закрытыми коридорами, стараясь соединить ими различные здания разного возраста, расположенные на участке.

Планировка рынка строится по схеме трех вертикалей и трех горизонтов. Вертикальные объёмы — это магазины, а горизонтальные — функциональные соединительные модули: входы и выходы, соединительные коридоры и навесы [10].

Основными характеристиками данного рынка являются: учёт горно-геологических условий участка проектирования; организация открытых коридоров, соединяющих здания, окружающие его; использование метода контраста для получения необходимых архитектурно-художественных качеств объекта.

Переосмысление рынка в г. Хан, Индия, 2012 г. Рынок состоял не только из торговых точек, но и жилых зданий, тем самым выполняя сразу 2 функции — торговля и проживание.

За последние шесть лет этот небольшой рынок превратился в модный продовольственный центр, демонстрирующий удивительную эволюцию индийского городского пространства, которое проявляется в нефункциональности и небезопасности.

Пространству, которое ранее обслуживало магазин и семью, теперь приходится взаимодействовать с густонаселенным общественным местом.

Самое тревожное в Ханском рынке то, что в рестораны можно попасть исключительно по узким крутым лестницам, по которым тяжело подняться не только человеку с ограниченными возможностями, но и здоровому.

Решением данной проблемы стало соединение балконов второго этажа каждого блока дорожкой, расположенной на этом уровне, которая проходит по всему С-образному рынку. В этот проход можно попасть по лестницам, на лифтах и по одному эскалатору и одному пандусу в разных точках доступа. Таким образом, основной доступ ко всем ресторанам и бутикам находится на втором этаже. Он становится пространством, которое смешивается с открытым балконом каждого блока, расширяется в углах и интервалах, вводя разнообразие форм и обеспечивая ощущение прогулки среди деревьев (рис. 3).

В средней части будут размещены подземные резервуары для хранения воды, подключенные к водным гидрантам. Уличная мебель и мощение должны быть модернизированы и улучшены. Вся парковка находится под землей на трех уровнях в центральной части. Напротив будет размещён центральный двор с площадью, на которой сохранены старые деревья, ландшафтные особенности и музыкальный фонтан. Двор может служить местом для проведения концертов, культурных мероприятий или рекламных акций [6].

Среди приёмов, используемых в проекте реконструкции рынка Хан, можно выделить: сохранение существующих зелёных насаждений, реорганизацию





Рис. 3. Общий вид рынка в г. Хан, Индия, 2012 г.

транспортно-пешеходных связей и использование энергоэффективных технологий.

Рынок под открытым небом, г. Бангкок, 2012 г. Данная торговая территория — самая распространенная и простая форма уличного бизнеса в стране. С расширением пригорода рынок трансформировался из временного в постоянный, обслуживая новый пригород с жителями среднего класса (рис. 4).

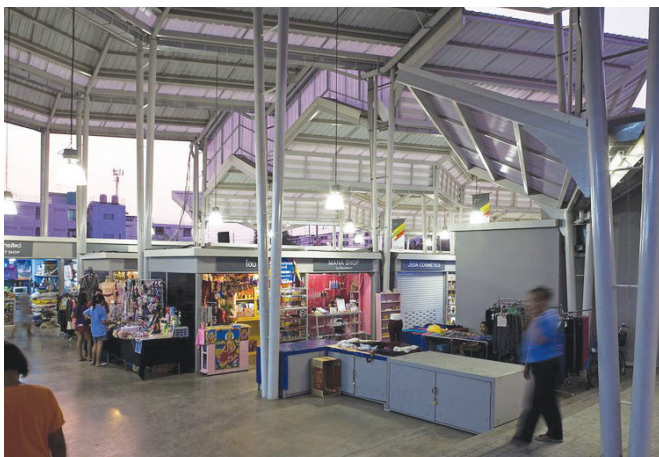


Рис. 4. Общий вид рынка под открытым небом, г. Бангкок, 2012 г.

Сооружение вмещает в себя несколько местных и глобальных коммерческих видов деятельности — от уличных торговцев, киосков с продуктами питания и другими товарами до торговых комплексов. Конструкция крыши заимствует и видоизменяет местную типологию шатра, представляя собой временную структуру.

Хоть здание и статично, оно предполагает функциональную изменчивость, поощряя пластичность пространства [7].

Основными решениями при реконструкции рынка в Бангкоке стали: создание гибкого рыночного пространства, учёт национальной специфики, выраженной в форме кровли.

Проект рынка «Стручка», г. Канберра, Австралия, 2010 г. Его модель помогает использовать наиболее необорудованные части города. Такими пространствами легко пренебречь, учитывая, что обычно они выглядят неприметными и неопрытными (рис. 5).

Рынок «Стручок» стремится организовать в этих недостаточно используемых зонах новую общественную

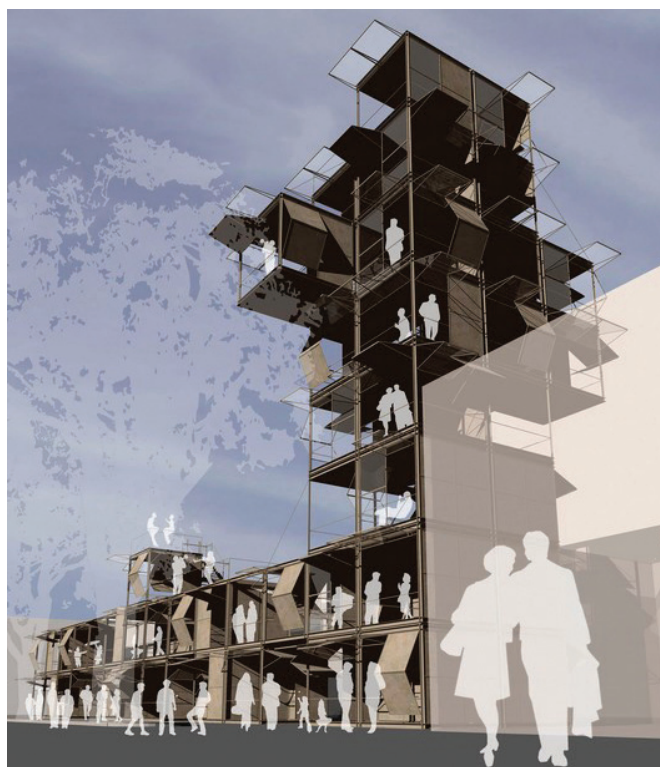


Рис. 5. Проект рынка «Стручка», г. Канберра, Австралия, 2010 г.

жизнь. Общественные организации, которые должны работать в городе, могут арендовать один из «стручков» бесплатно в обмен на обязательство повысить качество общественного пространства, в котором они находятся. Это предложение не является попыткой какой-либо серьезной модификации, сноса или модернизации города, а скорее мелкомасштабным вмешательством, которое может стать катализатором дальнейшего прогресса и роста [4].

Основной особенностью данного рынка является его гибкость по отношению к окружающему пространству, изменяемость его конфигурации как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Проект «Волшебного» рынка, г. Барселона, Испания, 2010 г. Его крыша имеет толщину 7 метров и обеспечивает около половины рыночной активности (другая половина происходит между крышей и подземным паркингом). Внутренний пандус выводит посетителей на уровень земли, тем самым повторяя идеи циркуляции, заимствованные в Нью-Йоркском музее Гуггенхайма Фрэнка Ллойда Райта. С уровня земли открытые стороны рынка создают ощущение проницаемости, обеспечивая легкий доступ тем, кто проходит мимо (рис. 6) [2].

Рассматривая особенности данной торговой территории, можно предположить, что при проектировании «Волшебного» рынка главной задачей для архитектора было максимальное использование участка проектирования, что выражается в использовании сразу трёх уровней торговой территории и в высокой доступности пешеходных связей.

Крытый рынок и выставочная зона, коммуна Шильтигхайм, Франция, 2018 г. Глобальной задачей его реконструкции стало создание общественных





Рис. 6. Проект «Волшебного» рынка, г. Барселона, Испания. 2010 г.



Рис. 7. Крытый рынок и выставочная зона, коммуна Шильтигхайм, Франция, 2018 г.

пространств, вмещающих рынок, места для торговли, выставочную площадку и творческую мастерскую (рис. 7).

Этот новый арт-центр и крытый рынок расположены в месте, включающем зелёные насаждения и замечательные образцы национальной архитектуры. Подтверждая свое современное происхождение, он подчеркивает конструктивные и эстетические качества существующих на этом участке зданий.

Прозрачность эркеров контрастирует с монументальностью деревянных домов. Центр, прежде всего, призван служить местом, где все жители могут собраться вместе и общаться друг с другом. Выставочная площадь претендует на универсальность, становясь единым пространством с множеством вариантов использования [1].

Особенностью реконструкции данной торговой территории можно назвать то, что основным приёмом при реконструкции данного крытого рынка является использование существующего на его территории исторического здания с внедрением в его объём дополнительных функций.

Воскресный рынок Сан-Антонио, г. Барселона, Испания, 2011 г. Для переезда воскресного рынка Сан-Антонио потребовалось место, расположенное рядом со старым рынком, на территории которого производился ремонт.

Используя торговый зал только одно утро в неделю, нужно было учитывать обратимые решения, которые не изменяют пространство в его ежедневной конфигурации.

Эти условия привели к рассмотрению проекта покрытия над центральной дорогой Ургелл-стрит, которая закрывалась для движения каждое воскресенье и сохраняла свою интенсивную транспортную роль в остальные дни. Чтобы обезопасить воскресные мероприятия, было решено покрыть центральную часть улицы легкой крышей, поддерживаемой аркадами на тротуарах (рис. 8).



Рис. 8. Воскресный рынок Сан-Антонио, г. Барселона, Испания, 2011 г.

Конструкция стационарная, но есть выдвижная динамическая часть крыши, с помощью которой можно уменьшить площадь покрытия в будние дни и увеличить её для охвата рыночных прилавков по воскресеньям.

Сооружение расположено выше отметки 4,5 метра от уровня земли для соблюдения необходимого пространства на данном типе городских дорог.

Под крышей предусмотрен шлюз технического обслуживания, содержащий двигатели для выдвижных панелей и проекторы, улучшающие освещение улицы, которые можно заменить, не прерывая движения [3].

Главной особенностью Воскресного рынка является его расположение. Благодаря такому решению участок данной торговой площади используется в полной мере в любой день недели. Кроме того, использованы современные конструктивно-технические решения для устройства покрытия над торговой территорией.

Рынок Балтийского вокзала, г. Таллин, Эстония, 2017 г. Расположен на севере Таллина между главным железнодорожным вокзалом города и популярным жилым районом «Каламая».

Целью проекта реконструкции торговой территории было создание современного и разнообразного рынка, а также сохранение её исторического характера.

Главный архитектурный фасад рынка состоит из трех двухэтажных известняковых складов 1870-х годов. Новая пристройка включает в себя единую объединяющую скатную крышу, которая повторяет форму и размеры первоначальных зданий, а также подземный этаж с дополнительными функциями (рис. 9).

Внутренний рынок расположен на трех этажах внутри реконструированных зданий и между ними. Передняя часть крыши оставлена открытой для наружного рынка, где она располагалась изначально. За открытым рынком стоят деревянные киоски, предназначенные для небольших предприятий, таких как пекарни, кондитерские, магазины специй и т. д.





Рис. 9. Рынок Балтийского вокзала, г. Таллин, Эстония, 2017 г.

Палитра материалов включает в себя кирпичи различных цветов и керамическую плитку размером с кирпич. Перила и фасады магазинов были отделаны деревом и черным металлом. Общее освещение теплое и сдержанное, что позволяет при необходимости создать специальное освещение для конкретных товаров.

Реконструированный рынок был открыт для посетителей в мае 2017 года, и в течении недели со дня его открытия его посетило около 230 000 человек [9].

Особенности реконструкции рынка: использование исторических зданий, находящихся на его территории, обеспечение торговых мест как открытого, так и крытого типа, учёт исторических предпосылок при организации объёмно-пространственного и архитектурно-художественного решения.

## ВЫВОДЫ

Реконструкция торговых территорий — прогрессивный подход на современном этапе развития архитектуры и градостроительства. Проведённый обзор опыта реконструкции и проектирования торговых территорий показал, что имеется несколько основных направлений решения данного вопроса, а именно: обустройство временных торговых зон, устройство рыночных павильонов из быстросборных модулей, использование существующей на участке проектирования застройки при реконструкции рынка, использование подземного пространства.

В процессе данного исследования выявлены следующие основные принципы и приёмы строительства или реконструкции торговых площадей:

- учёт горно-геологических условий участка проектирования, что отражается в планировке и конструктивном решении торговых павильонов;

- проектирование в контексте с существующей окружающей застройкой, обеспечение композиционной и архитектурно-стилистической преемственности;

- использование характерных для региона силуэтов и форм в объёмно-пространственных и композиционно-художественных решениях новых и реконструируемых зданиях и сооружениях торговой территории;

- по возможности максимальное сохранение существующих зданий и сооружений на территории проектирования путём их приспособления под современные требования;

- создание гибкой, динамической архитектурной среды за счёт устройства динамической кровли и легкосборных конструкций;

- обеспечение многофункциональности торговых зон при помощи организации различных буферных зон;

- организация удобных и безопасных транспортно-пешеходных связей при помощи внедрения пандусов, эскалаторов и чёткого разграничения транспортных и пешеходных потоков.

Использование указанных выше принципов и приёмов реконструкции торговых территорий рассматривается как возможное и в условиях Донецкого региона.

Дальнейшие исследования вопросов реконструкции городских торговых территорий могут быть направлены на исследование типологии современных торговых территорий с учётом их перспективного изменения.

## Список литературы

1. Доминик Кулон. Крытый рынок и выставочная зона в г. Шильтигхайм — Текст: электронный // ArchDaily.com: [сайт]. — 2020. — URL: <https://www.archdaily.com/908316/covered-market-and-exhibition-area-in-schiltigheim-dominique-coulon-and-associates> (дата обращения 01.04.2021).
2. Карэн Киленто. «Волшебный» рынок. — Текст: электронный // ArchDaily.com: [сайт]. — 2010. — URL: <https://www.archdaily.com/77648/encants-market-jds-architects> (дата обращения 01.04.2021).
3. Равеллат Рибас. Воскресный рынок Сан-Антони. — Текст: электронный // ArchDaily.com: [сайт]. — 2012. — URL: <https://www.archdaily.com/245559/sant-antoni-sunday-market-ravellat-ribas-architects> (дата обращения 01.04.2021).
4. Хэнк Жарц. Рынок «Стручок». — Текст: электронный // ArchDaily.com: [сайт], — 2010. — URL: <https://www.archdaily.com/86043/pod-market-ben-walker> (дата обращения 01.04.2021).
5. Ченайтене Р. Культурное наследие в глобальном мире. — Вильнюс: ЕГУ, 2010. — с. 18.
6. Элисон Фуруто. Переосмысление рынка Хан. — Текст: электронный // ArchDaily.com: [сайт]. — 2012. — URL: <https://www.archdaily.com/209316/rethinking-khan-market-studio-symbiosis> (дата обращения 01.04.2021). — Текст. Изображение: электронные.
7. ArchDaily: [сайт], 2012 -. — URL: <https://www.archdaily.com/273974/open-air-market-allzone> (дата обращения 01.04.2021). — Текст. Изображение: электронные.
8. ArchDaily: [сайт], 2013 -. — URL: <https://www.archdaily.com/365260/market-hall-in-ghent-marie-jose-van-hee-robbrecht-and-daem> (дата обращения 01.04.2021). — Текст. Изображение: электронные.
9. ArchDaily: [сайт], 2017 -. — URL: <https://www.archdaily.com/881525/baltic-station-market-koko-architects> (дата обращения 01.04.2021). — Текст. Изображение: электронные.
10. ArchDaily: [сайт], 2020 -. — URL: <https://www.archdaily.com/950460/yolechang2020-market-uao-design> (дата обращения 01.04.2021). — Текст. Изображение: электронные.

# ВЛИЯНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ЭТАПОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НА НДС КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

В. В. Яркин к.т.н., доцент; Е. О. Брыжатая к.т.н., доцент;

А. В. Кухарь к.т.н., доцент; Н. С. Масло

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

**Аннотация.** В статье исследовано влияние очередности этапов реконструкции с надстройкой на напряженно-деформированное состояние конструкций здания, эксплуатирующегося на подрабатываемой территории. Исследование выполнено на примере здания гостиницы «Олимп» в г. Донецке, в котором предусмотрена надстройка двумя этажами блока «А» и блока «Б». Напряженно-деформированное состояние здания определялось совместным расчетом системы «основание-фундамент-здание» с учетом деформаций земной поверхности от подработки до реконструкции, в процессе реконструкции и после реконструкции. При этом рассматривалась разная очередность этапов реконструкции. Приведен анализ напряженно-деформированного состояния несущих конструкций исследуемого здания и определена наиболее рациональная последовательность надстройки блоков «А» и «Б» гостиницы.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, подрабатываемые территории, вынужденные деформации основания, реконструкция.



**Яркин**  
Виктор Владимирович



**Брыжатая**  
Екатерина Олеговна



**Кухарь**  
Анна Владимировна



**Масло**  
Николай Сергеевич

**Введение.** Особенностью развития и роста крупных городов в настоящее время является то, что наиболее интенсивные строительные работы ведутся в их центральной части. Это обусловлено привлекательностью для инвесторов строительства в районах с уже развитой инфраструктурой и наибольшей концентрацией населения [1]. При этом значительную часть строительных работ составляют работы по реконструкции существующих зданий как за счет освоения подземного пространства, так и их надстройки. Изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового основания в этом случае может привести к дополнительным усилиям и деформациям конструкций как реконструируемых зданий, так и рядом расположенных [2, 3]. При выполнении реконструкции на подрабатываемых территориях ситуация осложняется еще и наличием в конструкциях зданий дополнительных усилий, вызванных деформациями земной поверхности от подработки [4, 5, 6, 7, 8]. Изменение параметров мульды сдвижения при движении фронта горных работ может привести к смене знака усилий в отдельных конструктивных элементах здания. Очередность выполнения строительных работ по реконструкции также может повлиять на напряженно-деформированное состояние конструкций здания [9, 10, 11]. В связи с этим в данной статье рассмотрена возможность снижения дополнительных усилий в конструкциях здания, эксплуатирующегося на подрабатываемой территории, путем изменения очередности этапов его надстройки.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Исследование влияния очередности этапов надстройки на напряженно-деформированное состояние



конструкций здания выполнено на примере гостиницы «Олимп», расположенной в Ворошиловском районе г. Донецка.

Здание гостиницы «Олимп» состоит из двух блоков, разделенных деформационным швом, и имеет разнотипные фундаменты с различной глубиной заложения, а также сложное напластование различных по деформативности слоев грунта. Все это предус-

полагает к возникновению неравномерных деформаций основания, которые усугубляются воздействием подработки. Блок «А» в осях А–Г представляет собой сборный железобетонный каркас по серии ИИ-04-2, а блок «Б» в осях Д–К – сборный железобетонный каркас по серии ИИ-22. Реконструкция предусматривает надстройку двумя этажами блока «А» и блока «Б» (рис. 1).

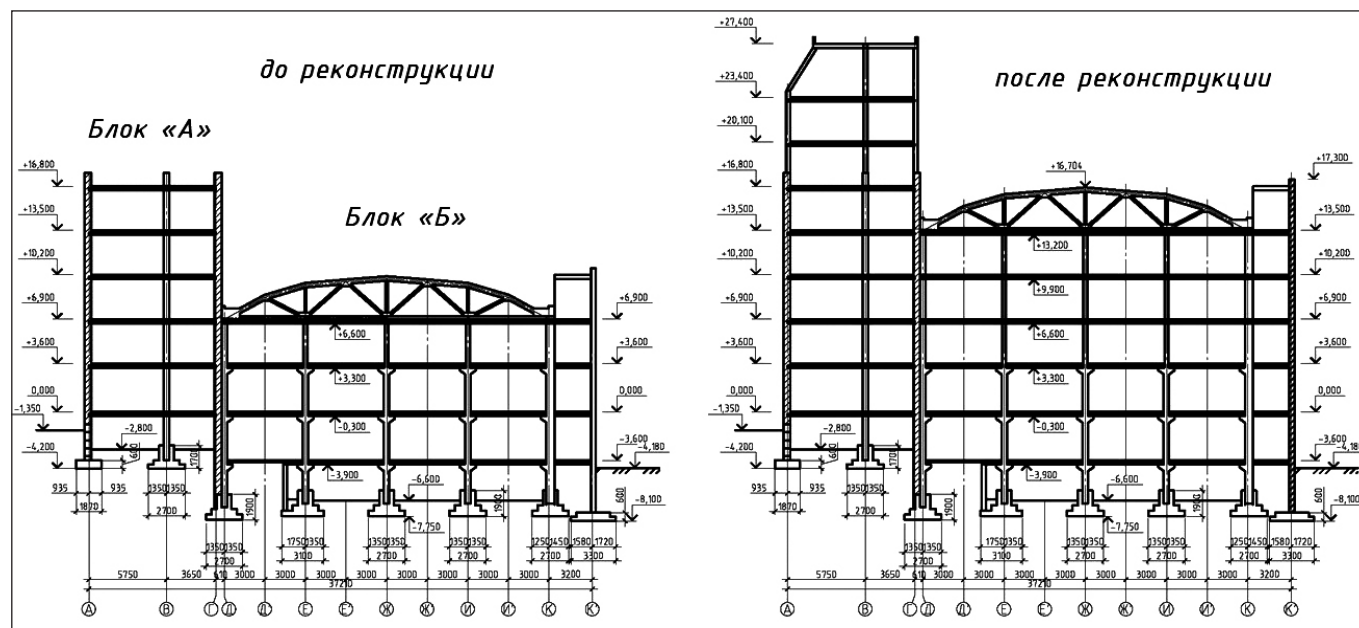


Рис. 1. Разрез гостиницы «Олимп» до и после реконструкции

Фундаменты решены в виде монолитных лент под несущие стены и столбчатых фундаментов под колонны. Естественным основанием фундаментов является суглинок желто-бурый твердый со следующими основными физико-механическими характеристиками: удельный вес грунта  $\lambda = 19,03 \text{ кН/м}^3$ ; удельное сцепление грунта  $c = 25 \text{ кПа}$ ; угол внутреннего трения грунта  $\varphi = 19^\circ$ ; модуль деформации грунта  $E = 13 \text{ МПа}$ .

Площадка строительства относится к III группе подрабатываемых территорий, поскольку величины вероятных деформаций земной поверхности составляют: наклоны,  $i = 6,7 \text{ мм/м}$ ; относительные горизонтальные деформации,  $\varepsilon = 4,0 \text{ мм/м}$ ; радиус кривизны,  $R = 10,6 \text{ км}$ .

В здании предусмотрены конструктивные меры защиты от подработки.

### МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнялось путем совместного расчета системы «основание-фундамент-здание» [12, 13], в котором основание моделировалось контактной моделью переменного коэффициента жесткости [5]. Определение коэффициентов жесткости основания выполнялось с учетом взаимного влияния фундаментов при помощи программного обеспечения Descop, разработанного на кафедре «ОФиПС» ГОУ ВПО «ДОННАСА».

Расчетная схема расположения элементов фундаментов, разработанная в ПО Descop, представлена на рис. 2.

Вертикальные деформации основания фундаментов и коэффициенты жесткости основания определялись для разных этапов нагружения здания: без надстройки, с учетом одновременной надстройки блока «А» и блока «Б», с учетом первоначальной надстройки блока «А» и с первоначальной надстройкой блока «Б».

Схемы мозаик осадок ( $S$ ,  $S+S_{\text{нр}}$ ) и коэффициентов жесткости основания фундаментов  $C_z$  гостиницы «Олимп» без надстройки и с учетом различной очередности надстройки здания представлены на рис. 3.

Выявлены участки фундаментов с наибольшей неравномерностью деформаций основания от нагрузок основного сочетания, которые расположены в зоне деформационного шва (элементы фундаментов Ф34 и Ф51; Ф5 и Ф35; Ф62 и Ф87; Ф58 и Ф83).

Для заданных условий подработки ( $\varepsilon$ ;  $R$ ;  $i$ ) для всех элементов фундаментов были определены вынужденные перемещения основания, вызванные относительными горизонтальными деформациями и кривизной земной поверхности, а также дополнительная горизонтальная нагрузка от смещения центра тяжести здания при наклонах земной поверхности [14, 4, 5]. Наиболее неблагоприятным для здания является попадание на край мульды сдвига, при котором оно подвергается воздействию кривизны выпуклости земной поверхности и горизонтальным деформациям растяжения.

[illegible][illegible]

	1980	1985	1990	1995	2000
U.S. population	226,542,700	247,921,100	263,682,800	274,625,300	281,421,900
Total U.S. health care expenditures	\$110.1 billion	\$200.0 billion	\$296.0 billion	\$400.0 billion	\$500.0 billion
Per capita expenditures	\$486	\$807	\$1,123	\$1,457	\$1,776

--	--	--	--	--

	1	2	3	4
1	0.98	0.76	0.70	0.65
2	0.76	0.97	0.70	0.65
3	0.70	0.70	0.97	0.65
4	0.65	0.65	0.65	0.97

	1	2	3	4
1	0.98	0.76	0.72	0.70
2	0.76	0.97	0.70	0.68
3	0.72	0.70	0.97	0.69
4	0.70	0.68	0.69	0.97

[illegible][illegible]



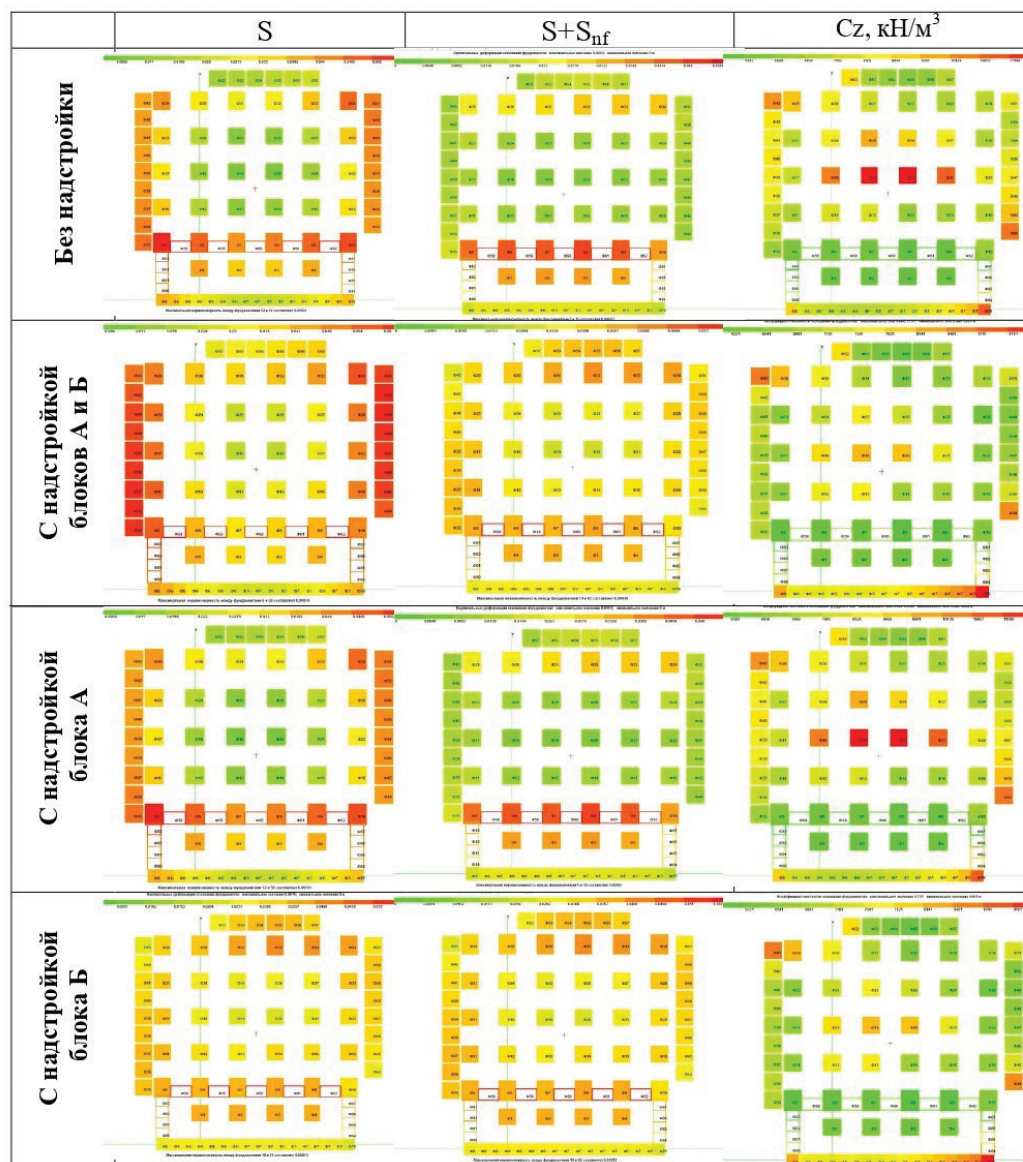


Рис. 3. Мозаика осадок ( $S$ ,  $S+S_{nf}$ ) и коэффициентов жесткости основания фундаментов  $C_z$  гостиницы «Олимп» с учетом различных этапов надстройки здания

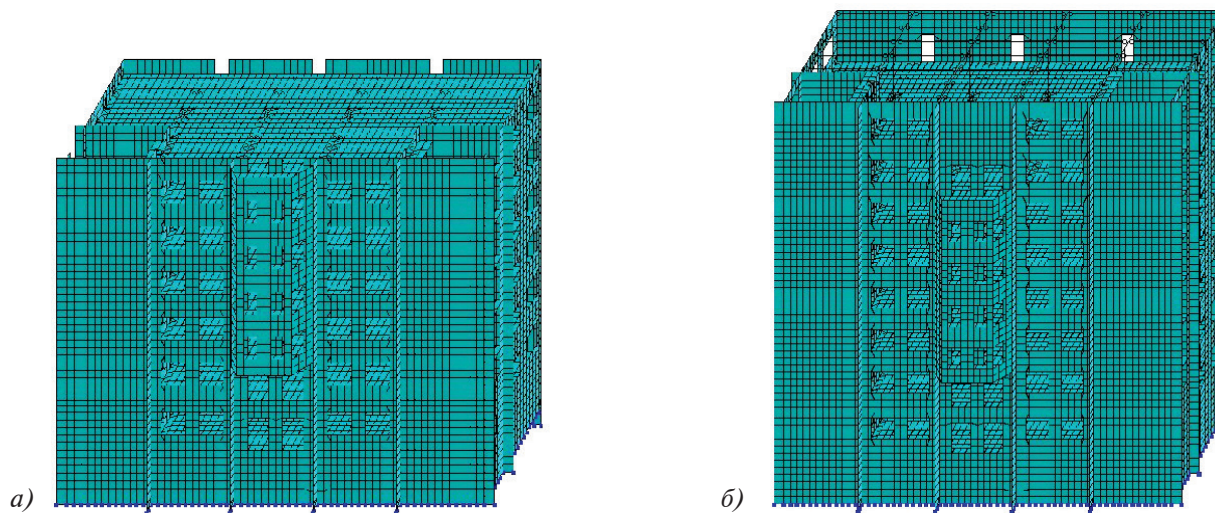


Рис. 4. Расчетная схема блока «А» гостиницы «Олимп» в ПК ЛИРА-САПР  
а) без надстройки б) с надстройкой



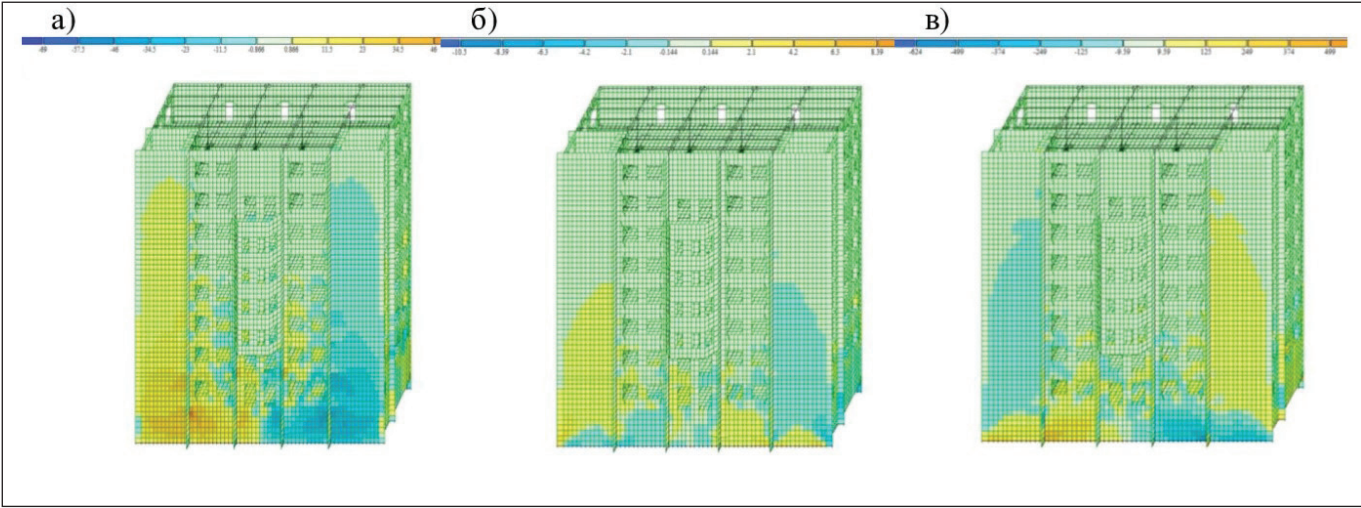


Рис. 5. Касательные напряжения  $\tau_{xy}$  в конструкциях блока «А» гостиницы «Олимп» с надстройкой и учетом дополнительных вынужденных воздействий от влияния подработки: а) вертикальные перемещения, б) угол поворота, в) горизонтальные перемещения

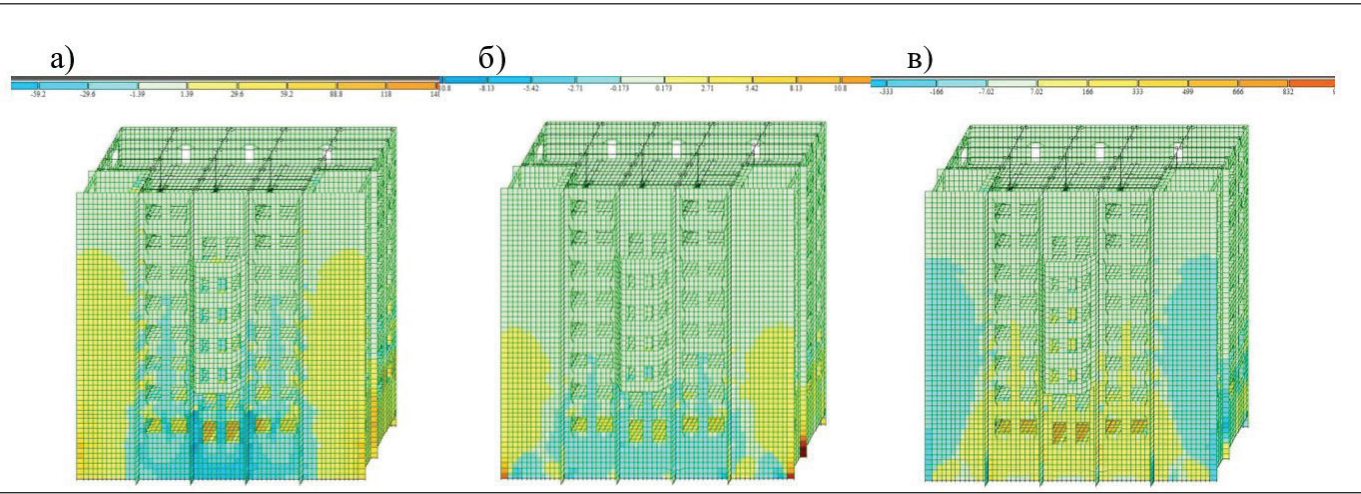


Рис. 6. Напряжения  $N_x$  в конструкциях блока «А» гостиницы «Олимп» с надстройкой и учетом дополнительных воздействий от влияния подработки: а) вертикальные перемещения, б) угол поворота, в) горизонтальные перемещения

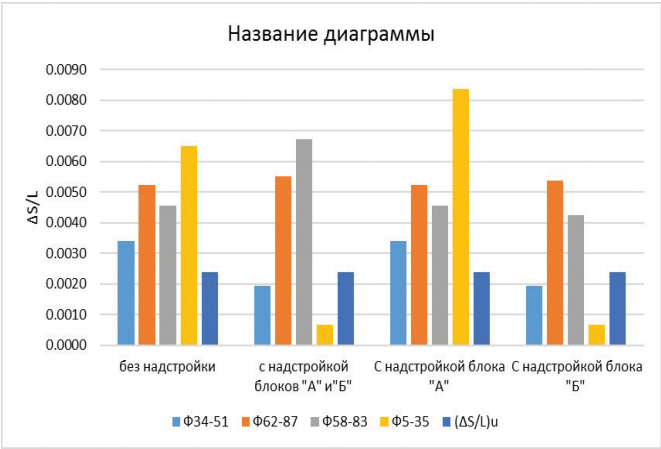


Рис. 7. Влияние последовательности надстройки здания на неравномерность осадок фундаментов, расположенных в наиболее неблагоприятных местах здания

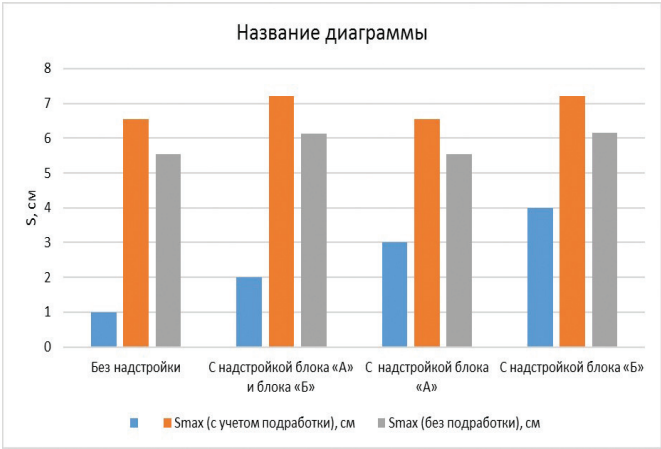


Рис. 8. Максимальные вертикальные деформации основания при различной очередности надстройки



**ВЫВОДЫ**

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие основные выводы:

Абсолютные значения осадок фундаментов после реконструкции увеличиваются не более чем на 1 см и не превышают допустимых значений осадок, однако неравномерность осадок на некоторых участках превышает допустимые значения.

Очередность надстройки блоков «А» и «Б» здания гостиницы «Олимп» влияет на неравномерность осадок фундаментов как в процессе надстройки, так и после стабилизации осадок. При надстройке сначала блока «А», а затем блока «Б» неравномерность осадок фундаментов практически совпадает со значениями до реконструкции. При надстройке сначала блока «Б», а затем блока «А» на некоторых участках неравномерность осадок можно даже уменьшить по сравнению со значениями до реконструкции.

Снижение жесткости основания за счет увеличения уровня его нагружения при надстройке позволяет уменьшить в конструкциях здания дополнительные усилия и напряжения, вызванные воздействием подработки. Так как в здании были предусмотрены конструктивные меры защиты от подработки, и имелся определенный запас прочности и жесткости конструкций, надстройку здания гостиницы «Олимп» можно выполнить без дополнительных мероприятий по усилению оснований и фундаментов.

Рекомендуется снизить значения относительных осадок в зоне деформационного шва здания между блоками «А» и «Б» за счет надстройки в первую очередь блока «Б», а потом блока «А».

**Список литературы**

1. Пономарев, А. Б. Реконструкция подземного пространства / Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2006. 232 с.
2. Улицкий, В. М. Геотехническое сопровождение развития городов / В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин. СПб.: «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция», 2010. 551 с.
3. Мангушев, Р. А. Технологические осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова. М.: Изд-во АСВ, 2017. 168 с.
4. Милоков, Д. А. Строительство и защита жилых и гражданских зданий на подрабатываемых территориях / Д. А. Милоков, А. А. Петраков. К.: Будівельник, 1981. 104 с.
5. Яркин, В. В. Моделирование системы «основание-фундамент-сооружение» в сложных инженерно-геологических условиях [Электронный ресурс]: монография / В. В. Яркин; под редакцией А. А. Петракова. Макеевка: ДонНАСА, ЭБС АСВ, 2020. 392 с.
6. Bolotov, U. Calculations and protection of buildings against mining subsidense / U. Bolotov, J. Slobodyan, V. Zotov // Budownictwo Politechniki Slaskiej. Gliwice, Zeczyty Naukowe. — 1995. — №2. — P. 15-19.
7. Olivier Deck. Numerical study of the soil–structure interaction within mining subsidence areas / Olivier Deck, Harlalka Anirudh // Computers and Geotechnics, No. 37, 2010. pp. 802-816.
8. Olivier Deck. Taking the soil–structure interaction into account in assessing the loading of a structure in a mining subsidence area / Olivier Deck, Marwan Al Heib, Françoise Homand // Engineering Structures 25, 2003. pp. 435–448.
9. Гарагаш, Б. А. Надежность пространственных регулируемых систем «основание-сооружение» при неравномерных деформациях основания. В 2-х томах. Учебное издание / Б. А. Гарагаш. М.: АСВ, 2012. 416, 472 с.
10. Перельмутер, А. В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев // Инженерно-строительный журнал, № 1(53), 2015. С. 6–14.
11. Яркин, В. В. Регулирование усилий в плитном фундаменте в процессе возведения здания / В. В. Яркин, А. В. Кухарь // Современное промышленное и гражданское строительство, Т. 12, № 3, 2016. С. 119-126.
12. Frank, R. Some aspects of soil-structure interaction according to Eurocode 7 'Geotechnical design' / R. Frank // Engenharia Civil, Vol. 25, 2006. pp. 5-16.
13. Imanzadeh S., Denis A., Marache A. Foundation and overall structure designs of continuous spread footings along with soil spatial variability and geological anomaly // Engineering Structures. — 2014. — №71. — P. 212-221.
14. Li, P.X. Calculation of maximum ground movement and deformation caused by mining / Li P.X., Tan Z.X., Deng K.Z. // Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Edition), Vol. 3(21), 2011. pp. 562-569. DOI:10.1016/S1003-6326(12)61641-0.
15. Яркин, В. В. Влияние вынужденных перемещений основания при подработке на напряженно-деформированное состояние многоэтажного каркасного здания / В. В. Яркин, Т. В. Морозова, Е. О. Брыжатая // Металлические конструкции, Т. 23, № 2, 2017. С. 59- 68.

# ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ УЗЛОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ СБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА РАБОТУ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

О. Э. Брыжатый к.т.н., доцент; Э. П. Брыжатый к.т.н., доцент

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

**Аннотация.** Проведено обследование нескольких каркасных зданий, выполненных из сборных железобетонных конструкций. Установлено фактическое состояние стыков конструкций, систематизированы имеющиеся дефекты и повреждения.

Исследовано влияние учета податливости узловых сопряжений с дефектами и без дефектов на напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов несущих подсистем каркасных зданий — колонн, ригелей, дисков перекрытия и диафрагм жесткости.

Получены данные численного исследования напряженно-деформированного состояния каркаса здания, работающего по связевой схеме, при наличии дефектов и повреждений узловых сопряжений конструкций.

**Ключевые слова:** дефекты, повреждения, узловые сопряжения, напряженно-деформированное состояние.

## ВВЕДЕНИЕ



**Брыжатый  
Олег Эдуардович**



**Брыжатый  
Эдуард Парфирович**

Значительным недостатком каркасов многоэтажных зданий из сборного железобетона является большое количество узловых сопряжений, которые в соответствии с принятой системой членения здания на элементы, располагаются, как правило, в наиболее напряженных или уязвимых к повреждениям зонах [1, 2, 5, 8]. Также такие стыки, контроль за качеством изготовления которых затруднен, зачастую выполняют с отклонениями от проектной документации и со значительными дефектами [3, 4]. При этом для стыков сборных элементов характерна повышенная деформативность из-за смятия бетона по контактным поверхностям и интенсивного трещинообразования, значительной податливости сварных соединений арматуры и закладных деталей. Кроме того, в узловых сопряжениях в значительной степени проявляется как физическая, так и конструктивная нелинейность, и их податливость меняется в зависимости от напряженно-деформированного состояния. Натурные и экспериментальные исследования показывают, что переменная податливость сопряжений приводит к существенному изменению фактического напряженно-деформированного состояния как отдельных конструкций, так и всего каркаса здания.

В существующих методах расчета и проектирования зданий из сборных железобетонных конструкций пока не в полной мере учитывается влияние податливости узловых сопряжений на совместную работу несущих подсистем каркасных зданий — продольных и поперечных рам, дисков перекрытия и диафрагм жесткости. Причиной этого является недостаточная изученность процессов взаимодействия сборных элементов как в упругой, так и в пластической стадиях работы. Поэтому, расчет и проектирование каркасных зданий производится по расчетным схемам с шарнирными или жесткими узлами сопряжений элементов, что не всегда адекватно отражает работу конструкции. При необходимости повышения экономической эффективности конструктивных решений действительная работа железобетонных сборных конструкций с уточнением расчетных схем особенно актуальна.

В связи с изложенным выше следует, что при наличии повреждений стыков или дефектов на монтаже конструкций необходимо учесть влияние изменения податливости узловых сопряжений на совместную работу несущих подсистем каркасных зданий — продольных и поперечных рам, дисков перекрытий и диафрагм жесткости с целью повышения экономичности и безопасности проектных решений, принимаемых при строительстве и реконструкции каркасных многоэтажных сборных гражданских и промышленных зданий.



**Анализ наиболее распространенных дефектов и повреждений стыков конструкций.** Проведен анализ результатов натурного обследования нескольких промышленных и гражданских зданий в Донецке и Макеевке. Выявлены разнообразные дефекты и повреждения стыков сборных конструкций, приводящие к изменению податливости узлов соединений конструкций и влияющие на работу каркаса здания в целом.



Рис. 1. Отсутствие бетона замонличивания стыка. Несоосность стержней стыкуемой арматуры



Рис. 2. Повреждение обетонированного стыка колонн. Отсутствие поперечного армирования стыка



Рис. 3. Недостаточная величина площадки опирания ригеля

Наиболее распространенные дефекты стыков в обследуемых зданиях:

- несоосность монтируемых конструкций с превышением допусков на монтаже;
- недостаточная величина площадки опирания конструкций;
- применение непроектных конструкций, в частности отсутствие связевых плит;
- отсутствие бетона замонличивания стыков;
- недостаточный класс бетона замонличивания стыков;
- отсутствие хомутов в стыках колонн;
- некачественная сварка закладных деталей.

Наиболее распространенные повреждения стыков в обследуемых зданиях:

- повреждения бетона замонличивания зоны стыков;
- повреждения конструкций в зоне стыков;
- замокания зоны стыков;
- коррозия арматуры в зоне стыков.

**Учет изменения податливости и жесткости стыков конструкций при расчете напряженно-деформированного состояния каркаса здания.** На основании имеющихся проектных данных и результатов натурных обследований были выполнены численные исследования и анализ напряженно-деформированного состояния конструкций макеевского офисного здания.

Были определены жесткостные параметры стыков [4, 7] по проекту и с имеющимися дефектами и повреждениями. Для схемы без учета податливости стык ригеля и колонны принят шарнирным, без учета обетонирования и накладки посредника «рыбки». Для стыков колонн с максимальным значением жесткости (по проекту)  $C_z = 4 \times 10^4$  кН/см и с минимальным значением жесткости (с дефектами и повреждениями)  $C_z = 2.3 \times 10^4$  кН/см [2]. Для стыков ригелей и колонн  $C_\phi = 7.95 \times 10^5$  кН×см и  $C_\phi = 6.05 \times 10^5$  кН×см соответственно.

Был выполнен анализ трех расчетных схем здания – без учета податливости и жесткости стыков, со стыками, выполненными по проекту, и со стыками по результатам натурного обследования.

Расчетная схема пространственной рамы здания для расчетов в программном комплексе «Лира» представляет собой набор из вертикальных стержней – колонн, пластин размерами 0.5×1.0 м и 1.1×1.0 м, диафрагм жесткости, и горизонтальных пластин размерами 1.0×1.0 м, моделирующих жесткие диски перекрытий и покрытия. Общее количество элементов – 10 606.

Для учета податливости сопряжений в расчетной схеме реальные швы между сборными конструкциями приняты в виде податливых конечных элементов, геометрические и жесткостные параметры которых максимально отвечают характеристикам реальных швов.

**Анализ результатов численных исследований напряженно-деформированного состояния конструкций каркаса здания.** Горизонтальные деформации здания от ветровой нагрузки при учете податливости узлов сопряжений и их фактических значений изменялись на 2-43 %.

Вертикальные деформации колонн здания при учете податливости узлов сопряжений и их фактических значений изменялись на 3-19 %.

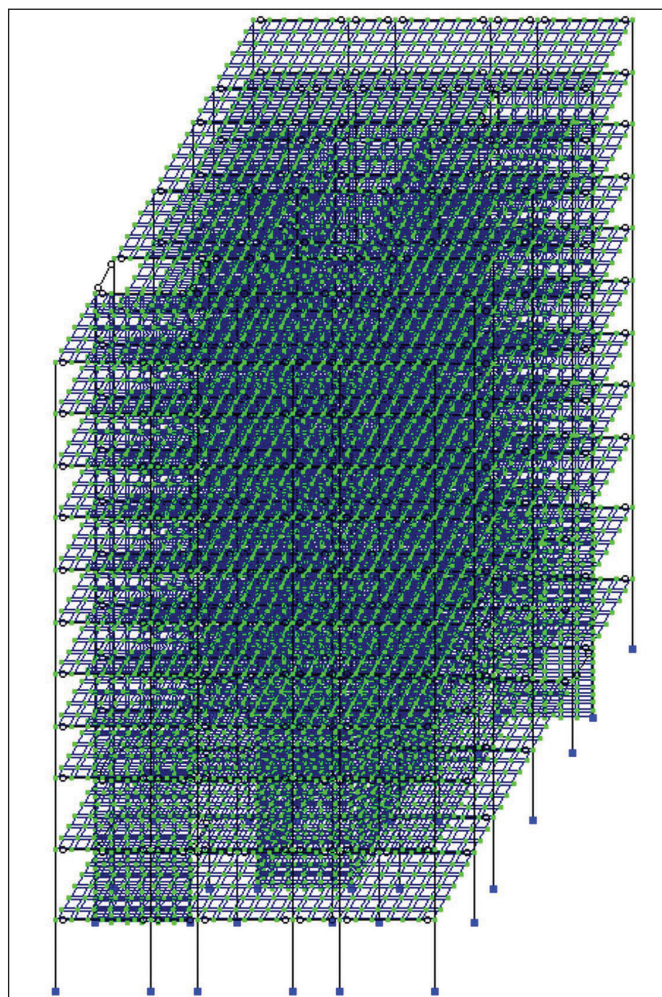


Рис. 4. Расчетная схема каркаса здания без учета податливости узловых соединений

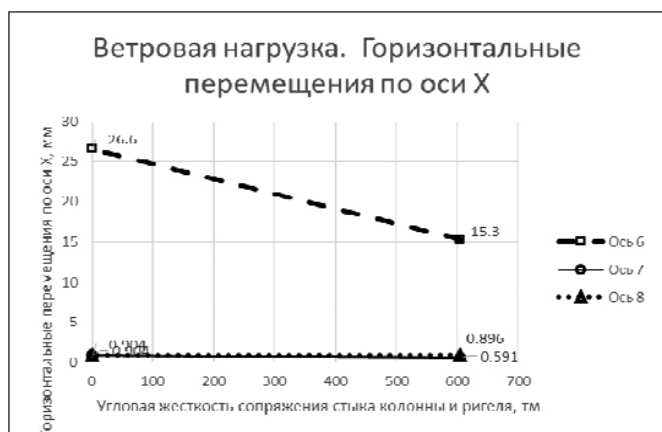


Рис. 5. Зависимость перемещений по оси X для конструкций рам от жесткости соединений ригелей с колоннами при действии ветровой нагрузки

Прогибы и углы поворотов опорных сечений ригелей здания при учете податливости узловых сопряжений и их фактических значений изменялись на 5-14 %.

Продольная сила N в колоннах здания при учете податливости узловых сопряжений и их фактических значений изменялась на 1-10 %.

### Деформации колонн первого этажа по оси Z от постоянной нагрузки



Рис. 6. Зависимость деформаций по оси Z для колонн первого этажа от жесткости соединений колонн при нагрузке от собственного веса

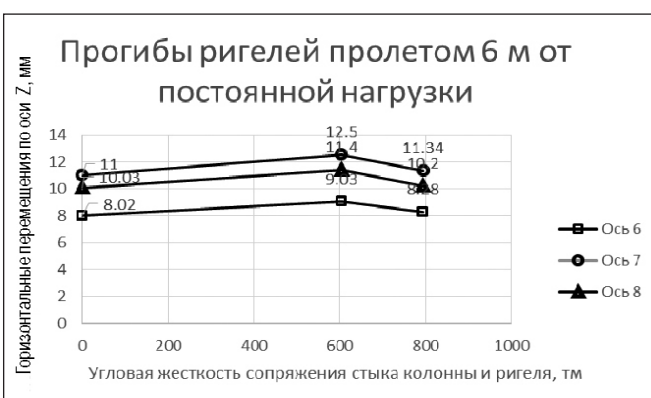


Рис. 7. Зависимость прогибов ригелей пролетом 6 м от жесткости соединений ригелей с колоннами при нагрузке от собственного веса

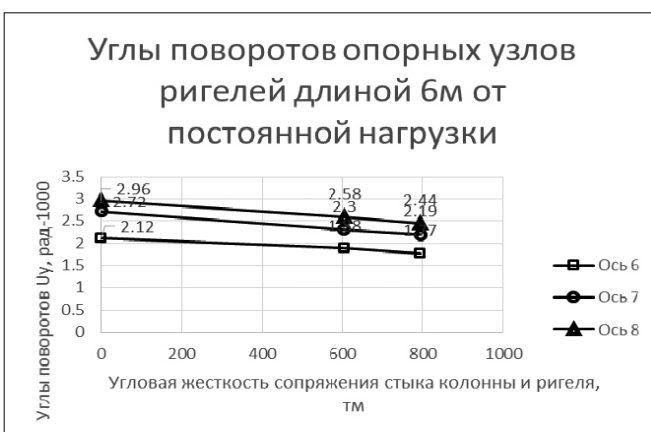


Рис. 8. Зависимость углов поворотов опорных сечений ригелей пролетом 6 м от жесткости соединений ригелей с колоннами при нагрузке от собственного веса

Для ригелей здания при учете податливости узловых сопряжений возникали отрицательные моменты в опорных сечениях. Изгибающие моменты в пролетных сечениях ригелей здания при учете податливости узловых сопряжений и их фактических значений изменялись на 5-18 %.



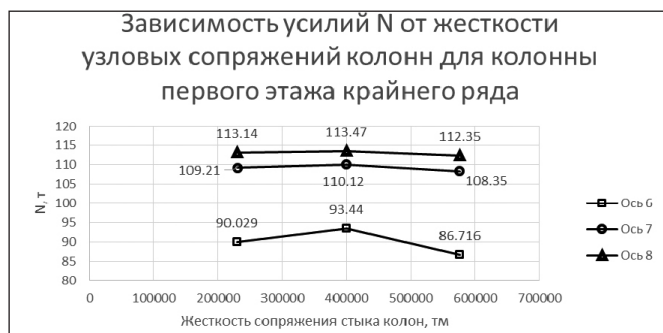


Рис. 9. Зависимость усилий  $N$  для колонн крайнего ряда первого этажа от жесткости соединений колонн (PCY – 1, 2, 3, 4)

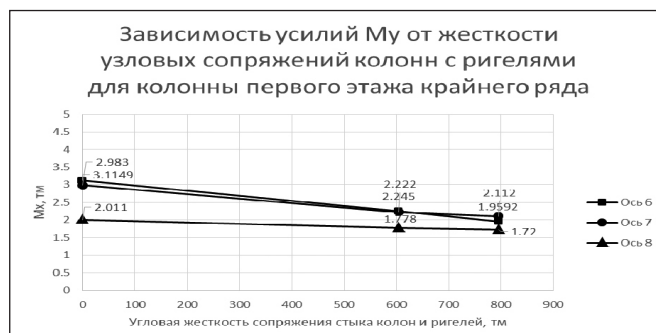


Рис. 13. Зависимость усилий  $M_y$  для колонн крайнего ряда первого этажа от угловой жесткости соединений колонн и ригелей (PCY – 1, 2, 3, 5)

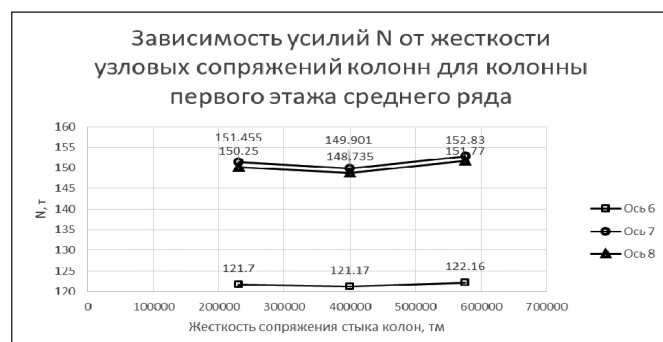


Рис. 10. Зависимость усилий  $N$  для колонн среднего ряда первого этажа от жесткости соединений колонн (PCY – 1, 2, 3, 4)

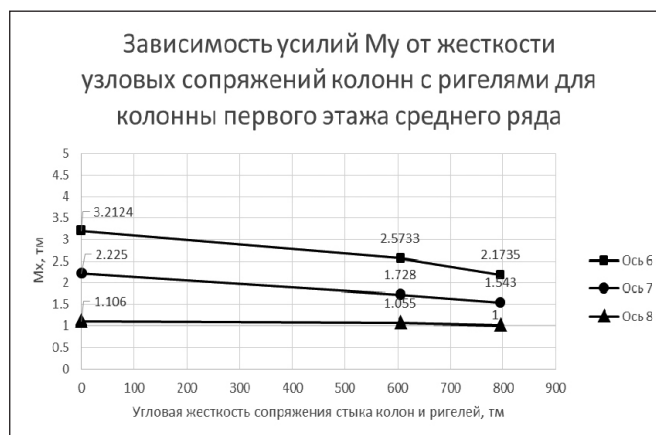


Рис. 14. Зависимость усилий  $M_y$  для колонн среднего ряда первого этажа от угловой жесткости соединений колонн и ригелей (PCY – 1, 2, 3, 5)

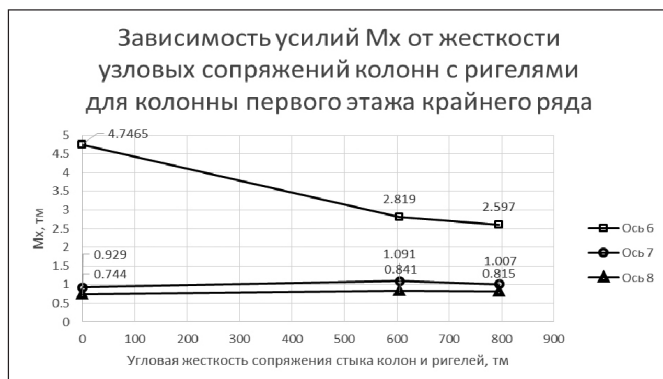


Рис. 11. Зависимость усилий  $M_x$  для колонн крайнего ряда первого этажа от угловой жесткости соединений колонн и ригелей (PCY – 1, 2, 3, 4)

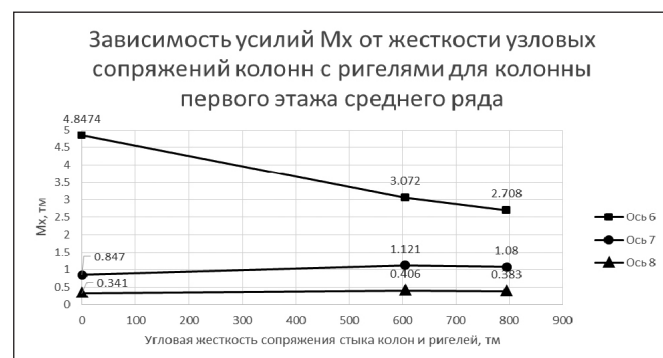


Рис. 12. Зависимость усилий  $M_x$  для колонн среднего ряда первого этажа от угловой жесткости соединений колонн и ригелей (PCY – 1, 2, 3, 4)



Рис. 15. Зависимость усилий  $M_y$  для ригелей пролетом 6 м первого этажа от угловой жесткости соединений колонн и ригелей (PCY – 1, 2)

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании анализа напряженно-деформированного состояния конструкций каркаса здания без учета податливости узловых сопряжений, с учетом податливости узловых сопряжений по проекту и с учетом податливости узловых сопряжений

с дефектами и повреждениями можно установить, что учет наличия и фактического состояния узловых сопряжений важен для проектных работ при строительстве или реконструкции зданий.

## Список литературы

1. Васильков, Б. С. Расчет сборных конструкций зданий с учетом податливости соединений [Текст] / Б. С. Васильков, Н. М. Володин — Москва: Стройиздат, 1985. — 144 с.
2. Гранев, В. В. Пространственная работа каркасных систем с учетом реальной жесткости узловых сопряжений [Текст] / В. В. Гранев, Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин // Материалы 1-ой Всероссийской конференции «Бетон на рубеже третьего тысячелетия», книга 2. — Москва, 2001. — С. 512-517.
3. Никитин, И. К. Каркасы многоэтажных зданий с шарнирными и жесткими узлами [Текст] / И. К. Никитин // Конструкции многоэтажных производственных зданий: сб. научн. трудов. — Москва: ЦНИИПромзданий, 1988. — С. 5-15.
4. Рекомендации по расчету каркасов многоэтажных зданий с учетом податливости узловых сопряжений сборных железобетонных конструкций [Текст] / ОАО «ЦНИИПромзданий» — Москва: ЦНИИПромзданий, 2002. — 90 с.
5. Campana, S. Behaviour of nodal regions of reinforced concrete frames subjected to opening moments and proposals for their reinforcement [Текст] / S. Campana, M. F. Ruiz, A. Muttoni // Engineering Structures, vol. 51, 2013 — P. 200–210.
6. Kassem, W. Strength Prediction of Corbels Using Strut-and-Tie Model Analysis [Текст] / W. Kassem // International Journal of Concrete Structures and Materials. Vol. 9, № 2, 2014. — P. 255–266.
7. Kaya, S. Shear Stiffness and Capacity of Joints Between Precast Wall Elements [Текст] / S. Kaya, D. Salim // TRI-TA-BKN, Master Thesis 516, 2017 — Stockholm: National Swedish Institute for Building Research, 2017. — 192 p.
8. Nilsson, I. Reinforced concrete corners and joints subjected to bending moment [Текст] / I. Nilsson // Design of corners and joints in frame structures. D7. — Stockholm: National Swedish Institute for Building Research, 1973. — 249 p.



# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

В. И. Нездойминов д.т.н., профессор; А. В. Жибоедов к.т.н., доцент;

А. В. Могукало аспирант

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

**Аннотация.** В статье приведены существующие подходы к обеззараживанию образующихся органических осадков городских сточных вод. Рассмотрены реагентный и термический методы для снижения обсеменённости избыточного активного ила от болезнетворных микроорганизмов пероксидом водорода ( $H_2O_2$ ). Установлено, что при минимальной дозе  $H_2O_2$  0,06 г/г сухого вещества активного ила происходит химическая флотация, влажность полученного уплотнённого осадка составила 94...96 %. При выбранной дозе реагента обсеменённость болезнетворными микроорганизмами снизилась на 5 %. При тепловой обработке группа кишечной палочки в осадке снизилась на 99,8 %.



Нездойминов  
Виктор Иванович



Жибоедов  
Александр Викторович



Могукало  
Анастасия Вадимовна

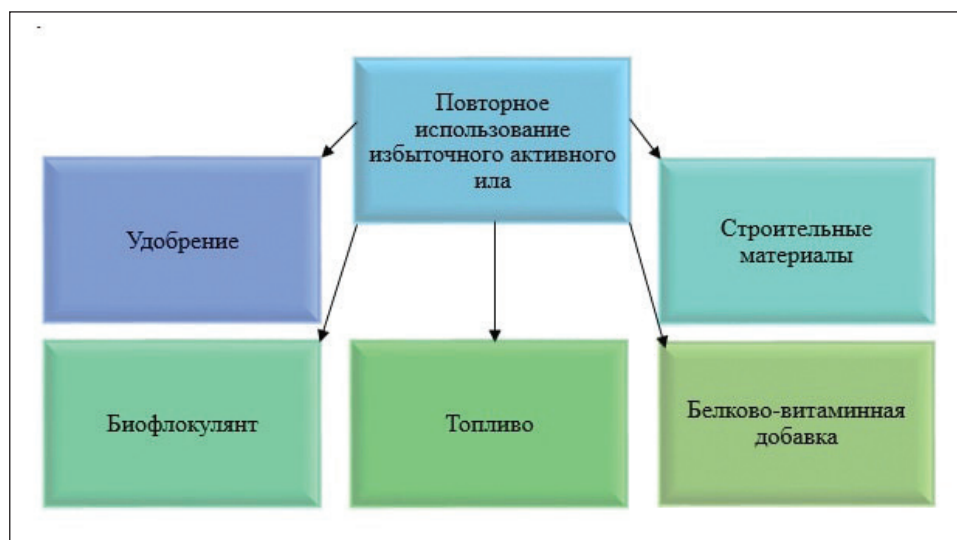
## АКТУАЛЬНОСТЬ

В населенных пунктах Донецкой Народной Республики эксплуатируются 36 канализационных очистных сооружений производительностью 260 тыс. м<sup>3</sup>/сут. При этом в ходе очистки образуется порядка 65 т/сут осадков органоминерального происхождения. Отсутствие утилизации, с последующим их использованием, а также недостаток технологий по их переработке и применению привели к складированию осадков на иловых площадках. Практически все действующие иловые площадки заполнены до критических отметок. В Донецкой области под складирование осадка отведено примерно 500 га плодородных земель. Хранение осадков на открытых иловых площадках приводит к неблагоприятной эпидемиологической ситуации, которая связана с распространением различных опасных инфекций, загрязнением почвы, атмосферного воздуха, грунтовых и подземных вод. Однако, известно, что избыточный активный ил городских сточных вод содержит комплекс ценных органических и минеральных компонентов для получения высокоэнергетического удобрения. Основным сдерживающим фактором повсеместного использования активного ила в качестве удобрений в сельском хозяйстве является значительная его обсемененность, включая патогенную микрофлору. В настоящее время на кафедре ВБиОВР ведутся исследования, направленные на изучение различных антибактериальных препаратов, оказывающих губительное воздействие на патогенные микроорганизмы.

**Целью** данной работы является определение эффективности обеззараживания активного ила от болезнетворных микроорганизмов пероксидом водорода.

Органические осадки, образующиеся на станциях биологической очистки, частично используются для получения активных углей, флокулянта, строительных материалов, биогаза и т.п. (рис. 1).

Рис. 1. Возможные пути повторного использования осадков



В научных работах Тимаковой Д. Н. и Ксенофонта Б. С. [3] рассматривается возможность использования активного ила в качестве биофлокулянта. Авторами отмечено, что применение биомассы микроорганизмов снижает концентрацию взвешенных веществ в сточной воде на 60-70 % и уменьшает биологическую потребность кислорода на 15-25 %.

Еще одним из направлений применения избыточного активного ила является использование его в качестве белково-витаминной добавки. При этом должен соблюдаться строгий санитарный контроль над допустимыми концентрациями патогенных микроорганизмов. Данная добавка в рационе сельскохозяйственных животных балансирует корм по витаминам и белку [11].

Используются осадки в качестве строительных и дорожно-строительных материалов [17]. Для этого осадки предварительно подвергаются высокотемпературной обработке (600...800 °C), при которой происходит окисление органической части с получением минерального остатка [18].

В настоящее время все большее внимание уделяется использованию осадков городских сточных вод в качестве удобрения. Бактериальная природа активного ила обуславливается высоким содержанием в нем белковых веществ, содержание которых достигает 50 % по абсолютно сухому веществу. Активный ил содержит аминокислоты, микроэлементы, витамины различных групп [4].

В своем составе активный ил содержит, %, от массы сухого вещества: углеводы – 44...75, белки – 4,4...9, азот – 2,4...5,6, фосфор – 2,3...8, калий – 0,3...0,4. При отсутствии ионов тяжелых металлов в иле его можно рассматривать как нетрадиционное высокоэффективное удобрение. Первые опыты по изучению использования осадков сточных вод в качестве удобрения были проведены П. С. Севостьяновым (1931-1937), который сделал заключение, что данные осадки могут приравниваться к минеральным удобрениям. В работе [5] отмечается, что одноразовое внесение осадков положительно влияет на физические, физико-химические и агрохимические свойства луговой почвы. Внесение осадков сточных вод в почву способствует накоплению гумуса и основных элементов питания для растений, что благоприятно сказывается на урожайности [16].

Биологическая очистка городских сточных вод основывается на способности активного ила перерабатывать присутствующие органические вещества в сточной воде. Активный ил представляет собой хлопья коричнево-бурого цвета, которые состоят в основном из бактериальных клеток, на поверхности которых и внутри поселяются разнообразные микроорганизмы [14]. В присутствии кислорода органические вещества окисляются до  $H_2O$  и  $CO_2$  благодаря специфическим ферментам, выделяемым микроорганизмами. Активный ил населяют микроорганизмы, принадлежащие к родам *Actinomyces*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfotomaculum*, *Desulfovibrio*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Sarcina* и др. [7]. Среди углеводородокисляющих микроорганизмов особенно активно ведут деструкцию загрязнений гетеротрофные бактерии родов *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Mycobacterium*; грибы р.р. *Candida*, *Fusarium* и др. Ил также населяют болезнетворные микроорганизмы, которые представлены бактериями *Enterococcus*, *Salmonella*, *Brucella*, *Escherichia*, *Enterobacteria*, гельминтами, вирусами и др.

В работе [3] автор представляет активный ил как скопление различных групп микроорганизмов, которые окутаны внеклеточными полимерными образованиями. Схематически процесс образования хлопьев активного ила представлен на (рис. 2) [7].

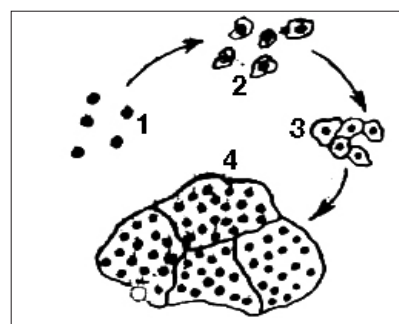


Рис. 2. Схема образования хлопьев активного ила: 1 – дисперсные клетки; 2 – дисперсные клетки в зооглейной капсуле; 3 – микрохлопок, образовавшийся в результате слипания нескольких столкнувшихся клеток; 4 – хлопья активного ила



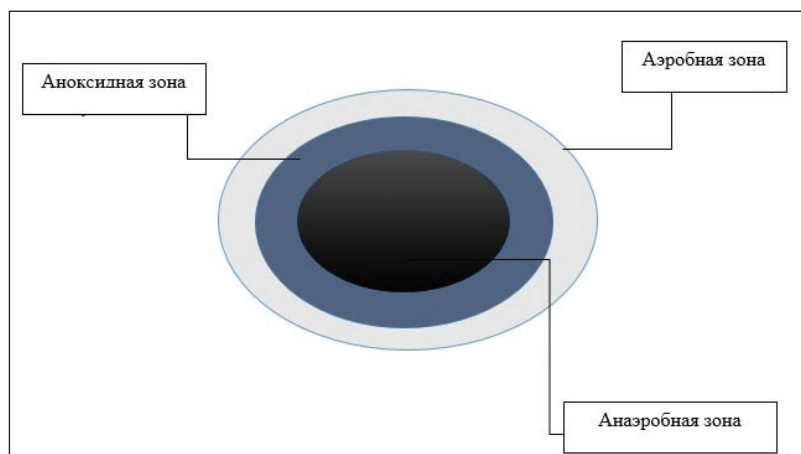


Рис. 3. Схема строения флоккулы активного ила

По мере созревания активного ила происходит укрупнение хлопьев, а также перераспределение микроорганизмов внутри хлопка активного ила [7]. В своей работе Никитина О. Г. предлагает свою версию механизма флокуляции: бактерии объединяются за счет ворсинок — выростов бактериальной оболочки, покрытых гликокаликсом. Ворсинки выходят далеко за пределы бактериальных клеток, ветвятся и, соприкасаясь, срастаются — образуют общий канал, по которому осуществляется обмен информацией и половыми продуктами. Флоккула активного ила состоит из нескольких зон: в наружной оболочке находится аэробная, внутри образуется аноксидная, а непосредственно в центре располагается анаэробная. На размеры зон оказывают влияние процессы диффузии субстрата, кислорода и в меньшей степени интенсивность перемешивания (рис. 3).

В основном все болезнетворные микроорганизмы, населяющие активный ил, являются факультативными анаэробами, для которых благоприятной средой обитания и развития являются анаэробные условия. Есть предположение, что именно из-за особенности строения флоккулы активного ила большинство болезнетворных микроорганизмов развиваются в аноксидной и анаэробной зонах флоккулы ила, где Eh-потенциал составляет -100...-200 мВ.

Число сапрофитных микроорганизмов (микробное число) в сточных водах может составлять  $4,48 \cdot 10^{12}$  КОЕ/мл, а титр бактерий группы кишечной палочки (БГКП) составляет  $5 \cdot 10^8$  КОЕ/л [8]. В соответствии с ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 осадки, вносимые в почву, должны соответствовать санитарно-бактериологическим и санитарно-паразитологическим показателям (табл.1).

Таблица 1.

**Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели осадков [13]**

Наименование показателя	Норма для осадков группы	
	I	II
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	100	1000
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, клеток/ г	Отсутствие	Отсутствие
Яйца геогельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности, не более	Отсутствие	Отсутствие

\* Удобрения группы I: удобрения на основе осадков сточных вод, используемые для выращивания технических, кормовых, зерновых и сидеральных культур, в личном подсобном хозяйстве при выращивании рассады овощных и цветочных культур.

\*\* Удобрения группы II: удобрения на основе осадков сточных вод, используемые под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания истощённых почв, рекультивации нарушенных земель и откосов автомобильных дорог, рекультивации свалок твёрдых бытовых отходов.

На сегодняшний день в мировой практике существует несколько методов обеззараживания осадков городских сточных вод. Наиболее распространенными считаются реагентная и термическая обработки. Самым распространенным реагентом для обеззараживания осадков является негашёная известь. Данный способ обработки применяется на некоторых очистных сооружениях Германии, Финляндии, Швеции, США и России. Добавлением негашёной извести к обезвоженному осадку, с последующей его выдержкой при pH 12 в течение двух суток, обеспечивается высокая степень обеззараживания [9]. В работе [10] рекомендуемая доза внесения негашёной извести в осадок составляет 20-30 % от массы осадка. При этом происходит снижение влажности осадка и гибель болезнетворных микро-

организмов. Авторами [8] было установлено, что при количестве негашёной извести 7-9 % от массы осадка влажностью 97-98 % и времени контакта в течение трех часов получен положительный результат. При этом микроорганизмы E.coli, Enterococcus, Salmonella, Bacteriophagum в осадке не обнаружены. Преимуществами данного метода является малая стоимость извести, исключение выделения зловония, предотвращение повторного роста болезнетворных бактерий.

Для обеззараживания биомассы могут использоваться другие химические вещества. Чаще всего к таким веществам относятся аммиак (аммиачная вода), пероксид водорода, тиазон, формальдегид и др. [11]. По данным института медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е. И. Марциновского

было установлено полное обеззараживание обезвоженных осадков сточных вод при смешивании их с аммиачной водой. При этом время выдержки составило не менее 10 суток, температура поддерживалась в районе 20 °С. Авторами были проведены исследования по применению тиазона. Была установлена оптимальная доза тиазона, которая составила 0,2...2 % от общей массы осадка. При этом время контакта составило 3...10 суток [11].

Применение химических реагентов позволяет использовать двойное их действие: обеззараживание осадка и почвы, куда вносится обработанный осадок. Основным недостаток химического обеззараживания связан с тем, что большинство реагентов токсичны и взрывоопасны. К недостаткам также следует отнести потребность в дорогостоящем оборудовании и высокую стоимость реагентов. Это основные факторы, сдерживающие широкомасштабное применение этого метода на практике.

Метод пастеризации включает нагрев осадка до температуры 65-100 °С в течение 10...30 минут [9]. Разновидностью термической обработки является сушка активного ила в специальных теплицах с использованием солнечной энергии. Данный метод применяется в Германии с 1994 г. [15], где предварительно обезвоженный шлам равномерно распределяется по поверхности теплицы (ширина 8-10 м) и перемещается вдоль нее с помощью автоматического агрегата. Влажность высушенного осадка близка к 10 %. К сожалению, в литературных источниках отсутствуют данные по эффективности обеззараживания данного метода.

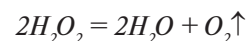
Снижение болезнетворных микроорганизмов частично происходит при аэробной стабилизации активного ила [2]. Стабилизация приводит к снижению содержания кишечной палочки и других болезнетворных микроорганизмов, в том числе вирусов, на 70-90 %. Однако, при этом яйца гельминтов не погибают. Одна из возможных причин снижения патогенности при аэробной стабилизации связана с высоким значением Eh-потенциала (200...700 мВ). Известно, что благоприятными условиями для развития болезнетворных микроорганизмов Eh-потенциал составляет -200 мВ [2].

В настоящее время большой интерес представляет обеззараживание активного ила пероксидом водорода. Наши исследования направлены на определение эффективности этого реагента на обеззараживание ила от болезнетворных микроорганизмов. Данный выбор реагента обусловлен тем, что  $H_2O_2$  относится к окис-

лителю, который не сопровождается экологическими вредными последствиями, а также не требует дорогостоящего оборудования при его использовании [12].

Для исследований были отобраны пробы культуральной жидкости из производственного аэротенка Макеевских очистных сооружений, где концентрация активного ила после его уплотнения составила 6,7 г/дм<sup>3</sup>. Бактерицидную активность пероксида водорода оценивали по убыли бактериальной группы кишечной палочки после добавления в пробу различных доз реагента, отнесенных к одному грамму сухого вещества. Бактерии группы кишечной палочки считаются удобными микробными индикаторами.

Внесение в иловую воду реагента сопровождается химической флотацией. При разложении пероксида водорода выделяется кислород и образуется вода.



Выделяемые пузырьки кислорода прилипают к взвешенным частицам ила и выносят их в пенный слой (рис. 4). Была установлена минимальная доза пероксида водорода для процесса флотации активного ила, которая составила 0,06 г/г по беззольному веществу. Процесс флотации заканчивался через 3...5 минут после внесения реагента. Влажность сфлотированного осадка составляла 94...96 %. Концентрация растворимого кислорода в жидкости находилась на пределе растворимости, в зависимости от температуры обработанной жидкости. Остаточная концентрация взвешенных веществ в декантированной жидкости составила 50...100 мг/дм<sup>3</sup>.

В сфлотированном осадке определялось содержание группы кишечной палочки в зависимости от дозы реагента. Анализ проводился в центральной контрольно-исследовательской и проектно-изыскательной лаборатории КП «Компания «Вода Донбасса» г. Донецка. Обсеменённость ила БГКП определялась согласно методическим указаниям МУ 2.1.7.730-99 [1]. Результат выражался числом колониеобразующих единиц (КОЕ в 1 г осадка) и через величину показателя  $lg(N_t/N_0)$  (табл. 2).

Минимальная доза реагента не обеспечила снижение БГКП до требуемых санитарно-бактериологических показателей. Обработанный осадок не рекомендуется использовать даже для выращивания лесохозяйственных культур. Дальнейшее увеличение вносимой дозы  $H_2O_2$  до 1 г/г сухого вещества не привело к значительному снижению группы кишечной палочки.

Рис. 4.  
Сфлотированный  
активный ил при  
обработке  $H_2O_2$





Таблица 2.

## Санитарно-бактериологические показатели ила после обработки пероксидом водорода

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , г отнесенная к одному грамму сухого осадка	Бактериальная группа кишечной палочки, КОЕ/г сухого вещества	Величина показателя lg(Nt / N <sub>0</sub> )* в зависимости от дозы H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
0,00	9·10 <sup>7</sup>	-
0,06	8,5·10 <sup>6</sup>	-1,02
1,00	8,1·10 <sup>6</sup>	-1,04

Примечание: \* Nt — количество выживших в осадке после обработки микроорганизмов, КОЕ/г;

N<sub>0</sub> — исходное количество микроорганизмов в осадке, КОЕ/г.

Дальнейшие исследования были направлены на определение эффективности снижения БГКП в сфлотированном осадке при тепловой обработке. Установлено, что высокая степень обеззараживания происходила при температурах 40...65 °С. Значения БГКП в осадке снижались до 500 КОЕ/г сухого вещества. Таким образом, проведенные исследования показали, что тепловая обработка активного ила является наиболее эффективным методом обеззараживания от болезнетворных микроорганизмов. Прошедший тепловую обработку ил рекомендуется использовать для биологической рекультивации неплодородных земель.

## ВЫВОДЫ

Экспериментально установлено, что добавление минимальной дозы (0,06 г/г сухого вещества осадка) пероксида водорода в иловую жидкость приводит к химической флотации. Влажность сфлотированного осадка составила 94...96 %.

Использование H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в качестве реагента для обеззараживания осадков городских сточных вод при обычной температуре не приводит к снижению БГКП до необходимых показателей.

Обработка сфлотированного активного ила при температуре в пределах 40...65 °С приводит к снижению бактериальной группы кишечной палочки до 500 КОЕ/г сухого вещества. Осадок после тепловой обработки можно использовать для биологической рекультивации неплодородных земель.

## Список литературы

1. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы (с изм., внесенными Методическими указаниями, утв. Минздравом СССР 19.02.1981 N 2293-81, МУ 2.1.7.730-99, утв. Минздравом РФ 07.02.1999).
2. Обработка и утилизация осадков городских сточных вод [Электронный ресурс]: учебник / Э. П. Доскина, А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. А. Геращенко. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-9729-0324-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86610.html>.
3. Никитина, О. Г. БИОЭСТИМАЦИЯ: контроль и регулирование процессов биологической очистки и самоочищения воды [Текст]: автореф. дис...д-ра биол. / О. Г. Никитина. — М., 2012. — 47 с.
4. Зайнуллин, Р. Р. Производство кормовых продуктов из активного ила городских сточных вод [Текст] / Р. Р. Зайнуллин, А. А. Галяутдинов // Инновационная наука. 2016. № 6. С. 79-80.
5. Шуравин, А. В. Опыт удобрения почв осадком сточных вод в московской области [Текст] / А. В. Шуравин, Сурикова Н. В. // Агрохимический вестник. №1. -2006. — С.24-27.
6. Солодкова, А. Б. Обезвреживание отработанного активного ила с получением материалов для решения экологических проблем химических и нефтехимических предприятий [Текст]: дис...канд. техн. наук: 03.02.08 / А. Б. Солодкова. — Саратов, 2014. — 158 с.
7. Кобелева, Й. В. Биологическая очистка коммунально-бытовых сточных вод с применением реагентных препаратов [Текст]: дис...канд. техн. наук: 03.01.06 / Й. В. Кобелева — Казань, 2017. — 146 с.
8. Журавлев, П. В. Определение дезинфицирующего действия негашёной извести на микрофлору иловых осадков сточных вод очистных сооружений канализации и животноводческих комплексов [Текст] / П. В. Журавлев, В. В. Алешина, Б. И. Марченко // Hygiene & Sanitation (Russian Journal). 2019. № 98(5). С. 483-488.
9. Валиев, В. С. Способы утилизации осадков городских сточных вод (обзор) [Текст] / В. С. Валиев, Д. В. Иванов, Шигудиллин Р. Р. // Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 4(24). С. 52-63.
10. Фомина, И. Г. Методология исследования качества осадков сточных вод для возможности использования их в качестве удобрений [Текст] / И. Г. Фомина // Сб. II межотрасл. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов, 2013. С.62-64.
11. Кармазинов, Ф. В. Опыт Водоканала Санкт-Петербурга по обработке и утилизации осадков [Текст] / Ф. В. Кармазинов, М. Д. Пробриский, Б. В. Васильев // Водоснабжение и санитарная техника. — 2002. — №12 (часть I). — С. 13-15.
12. Дроздова, Т. И. Исследование бактерицидной активности пероксида водорода в сточных водах [Текст] / Т. И. Дроздова, Н. Н. Паненко, Е. С. Кулакова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 7(49). — С. 18-20.
13. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений: ГОСТ Р 17.4.3.07.
14. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. — Москва: АКВАРОС, 2003 (ФГУ ИПП Кострома). — 507 с.
15. Мирный, А. Н. Критерии выбора технологии обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов / А. Н. Мирный // Чистый город. 1998. — № 1. — С. 8
16. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод [Электронный ресурс]: учебное пособие: самост. учеб. электрон. изд. / А. П. Карманов, И. Н. Полина; Сыкт. лесн. ин-т. — Электрон, дан. — Сыктывкар: СЛИ, 2015. — Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>.
17. Цыбина, А. В. Перспективное направление утилизации продуктов термической обработки осадков сточных вод при производстве керамических строительных материалов [Текст] / А. В. Цыбина, М. С. Дьяков, Я. И. Вайсман // Фундаментальные исследования. 2014. - № 6-2. — С.265-270.
18. Валетов, Д. С. Анализ методов утилизации осадков городских сточных вод [Текст] / Д. С. Валетов, О. В. Каченко // Acadetu. 2018. - №13(290). — С. 16-20.

# ПРОБЛЕМЫ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

С. П. Высоцкий д.т.н., профессор; Д. В. Мачикина

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема загрязнения поверхностей нагрева низкотемпературными отложениями. Изучено влияние пересыщения по содержанию в воде карбоната кальция, содержания углекислого газа, индукционного периода кристаллизации и содержания магния на степень отложения различных полиморфных образований кальцита, арагонита и ватерита. Проанализированы факторы, оказывающие существенное влияние на интенсивность процессов загрязнения поверхностей нагрева в условиях теплопередачи. Проанализированы экономические издержки в результате загрязнения поверхностей нагрева. Изучена возможность предотвращения накипеобразования путём воздействия на отдельные стадии процесса.

**Ключевые слова:** накипь, пересыщение, кристаллизация, индукционный период, карбонатный индекс, кальцит.



Высоцкий  
Сергей Павлович



Мачикина  
Дарья Владимировна

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Образование накипи во многих отраслях промышленности создаёт существенные экономические проблемы. Это связано с увеличением термического сопротивления слоя отложений и, соответственно, затрат энергоносителей на подвод тепла в подогревателях или ухудшением отвода тепла и ухудшением вакуума, например, в конденсаторах турбин энергетического оборудования.

Кроме этого, в результате уменьшения сечения прохода воды увеличивается расход энергии на перекачку воды. Также существует опасность увеличения интенсивности коррозионных процессов в результате образования пар дифференциальной аэрации [1,2].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение зависимости увеличения энергорасхода от толщины накипи на стенках водогрейного оборудования и трубопроводов, анализ факторов, влияющих на процесс образования накипи.

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Основной причиной потерь тепла является увеличение термического сопротивления отложений. В таблице 1 приведены показатели термического сопротивления основных накипеобразующих примесей.

Таблица 1.

Термическая проводимость некоторых отложений

Тип отложений	Термическая проводимость, Вт/м×К
Оксид алюминия, глинозём	0,42
Слой биологических отложений	0,60
Графит	1,60
Сульфат кальция	0,74
Карбонат кальция	2,19
Карбонат магния	0,43
Оксид титана	8,00
Пластичная глина, минеральный воск	0,24

Оценочные затраты в долларовом эквиваленте и доля затрат от валового внутреннего продукта (ВВП) приведены в таблице 2. Затраты существенно отличаются, однако, доля затрат от ВВП имеет близкие значения.

По результатам исследования на одной из котельных г. Макеевки и оценены затраты на топливо в зависимости от толщины отложений (таблица 3).



Таблица 2.

## Оценочные ежегодные затраты разных стран в результате загрязнений поверхностей теплообмена

Страна	Издержки в результате загрязнений поверхности, млн. дол.	Доля затрат от ВВП, %
США	14175	0,25
Япония	10000	0,25
СК	2500	0,25
ФРГ	4875	0,25
Франция	2400	0,25
Австралия	463	0,15
Новая Зеландия	64,5	0,15

Таблица 3.

## Затраты на топливо в зависимости от толщины отложений

Толщина отложений, мм	Увеличение энергозатрат, %	Увеличение энергозатрат на кВтч, руб/ч	Затраты по котельной, руб/ч	Затраты за год, млн руб/год
0,12	4	1,72	6864	29,65
0,34	12	1,85	7392	31,93
0,60	21,5	2,0	8019	34,64
1,70	61,8	2,67	10679	46,13

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что увеличение толщины накипи на каждые 0,1 мм приводит к увеличению энергозатрат на 3,33 %. При наличии отложений толщиной 0,60 мм расход топлива увеличивается в 1,2 раза. Такое увеличение расхода топлива незамедлительно приведёт к стремительному росту экологических издержек. В частности, к увеличению объёмов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Изучению факторов, оказывающих влияние на интенсивность процесса накипеобразования, посвящено большое количество научных работ [1,2,3]. Установлено, что наибольшее влияние на интенсификацию процесса накипеобразования оказывают следующие факторы: содержание в исходной воде катионов кальция, магния и гидрокарбонат ионов [3], концентрация двуокиси углерода и пресыщение раствора [4].

Основным фактором, влияющим на интенсивность образования отложений на теплопередающих поверхностях, является содержание в исходной воде катионов кальция и магния, а также содержание гидрокарбонат-ионов [3]. Но действие отдельных компонентов существенно зависит от внешних факторов среды и, соответственно, может проявляться по-разному. Например, энергия поверхности и степень её шероховатости, которые влияют на процессы адгезии, оказывают относительно малое влияние на процессы образования отложений.

В некоторых работах отмечается, что присадка небольших количеств карбоната кальция (в виде затравки или зародышей) уменьшает интенсивность образования отложений. Так, присадка карбоната кальция в количестве от 40,0 до 100,0 мг/дм<sup>3</sup>, при температуре 25°C уменьшает интенсивность накипеобразования. Для исследования применялись коммерческий карбонат кальция со средним размером частиц 5-100 мкм и коллоидные наночастицы силиката натрия со средним размером 21,0 нм в диапазоне скоростей потока от 0,43 до 1,5 м/с. При использовании силиката натрия не получено существенного изменения скорости образования отложений [4].

Самый осязаемый эффект для предотвращения отложений, кроме противонакипных присадок, оказывает наличие в исходной воде катионов магния в соотношении 5:1. При малой ионной силе раствора даже значительно меньшее содержание магния на уровне 0,8:1,0 (моль/моль) увеличивает индукционный период кристаллизации в 3 раза по сравнению с меньшим отношением концентраций 0,4:1,0 (моль/моль) [5].

При увеличении концентрации двуокиси углерода в растворе образуется больше гидрокарбонатов, что, как было сказано в [4], увеличивает карбонатный индекс и, соответственно, интенсивность накипеобразования. Уменьшение содержания в растворе диоксида углерода увеличивает интенсивность осаждения карбоната кальция. Количество диоксида углерода в воде пропорционально его парциальному давлению в газе над поверхностью воды [4]. На рисунке 3 показано влияние парциального давления диоксида углерода на величину pH воды, содержащей малое количество растворимых солей [6].

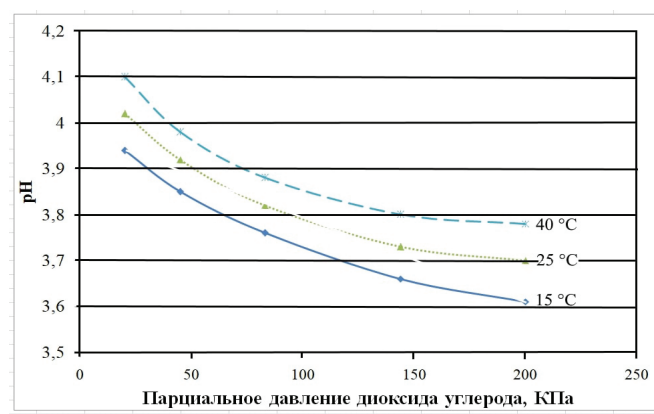
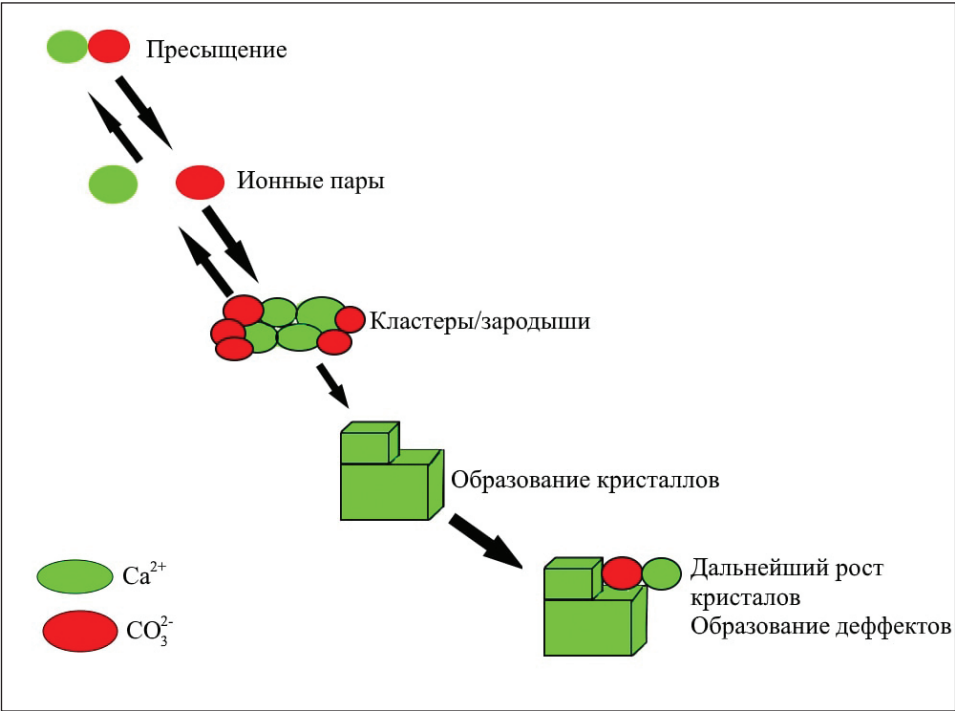


Рис. 1. Влияние парциального давления диоксида углерода на уровень pH воды

Как известно, выход раствора из состояния равновесия (пересыщение по карбонату кальция) приводит к кристаллизации указанного соединения.

Рис. 2. Гомогенное зародышеобразование



Для того чтобы произошла кристаллизация на стенках трубопроводов, собственно накипеобразование, требуется значительное отклонение от состояния равновесия.

При этом необходимо осуществление следующих процессов:

1. Зародышеобразование частичек карбоната кальция в растворе. Этот процесс происходит при степени пресыщения значительно больше 5,0.

2. Диффузия накипеобразующих ионов, молекул и небольших частичек к поверхности трубопровода.

3. Процессы на поверхности трубопроводов, включающие такие элементарные явления как адсорбция ионов и молекул на образовавшихся кристаллах карбоната кальция на поверхности трубопроводов и встраивание в железные структуры кристаллов. При этом любые из этих явлений могут коррелировать ход или скорость процесса накипеобразования.

4. Образование кластеров, зародышей или коллоидных частиц на поверхности можно характеризовать как один из процессов, контролирующих скорость накипеобразования.

Последовательность образования накипи можно представить следующей схемой (рис. 2):

Гомогенная кристаллизация имеет место при больших уровнях пресыщения. Изучение кинетики гомогенной кристаллизации часто затруднено, поскольку на её протекание влияют примеси.

Карбонат кальция образует 6 полиморфных соединений. Константы растворимости этих соединений представлены в таблице 3. Ряд исследователей изучали образование ватерита и его превращение. Они обнаружили, что растворимость ватерита при температуре 25°C значительно превышает растворимость кальцита и арагонита.

Однако при образовании накипи отсутствует осаждение ватерита и присутствует кальцит. Ватерит осаждается только при высокой степени пресыщения.

Таблица 3.  
Константа произведения растворимости различных полиморфных соединений карбоната кальция при температуре 25°C

Полиморфные соединения	КПР при 25°C	log (КПР)
Аморфный CaCO <sub>3</sub>	6.28	10<T<55°C 6.1987+0.00053369t +0.0001096t <sup>2</sup>
Гексагидрат	6.59	0<T<25°C 0.1598-2011.1/T
Моногидрокальцит	7.15	15<T<50°C 7.050+0.000159T <sup>2</sup>
Ватерит	7.913 ± 0.020	0<T<90°C -172.1295-0.077993 T +3074.688/T+71.595 log T
Арагонит	7.336 ± 0.020	0<T<90°C -171.9773-0.07793 T +2903.293/T+71.595 log T
Кальцит	8.480 ± 0.020	0<T<90°C -171.9065-0.077993 T +2839.319/T+71.595 log T

Температура и степень пресыщения являются движущей силой образования накипи. На рис. 3 представлен процесс образования накипи.

Активность химических компонентов в растворе зависит от химического потенциала, который определяется как свободная энергия Гиббса ( $\Delta G$ ), которая в системе изменяет количество молей или молекул реагирующих компонентов при постоянном давлении и температуре. Система стремится минимизировать свободную энергию Гиббса за счёт снижения химического потенциала. Соотношение между свободной энергией Гиббса и химической активностью выражается следующим уравнением:



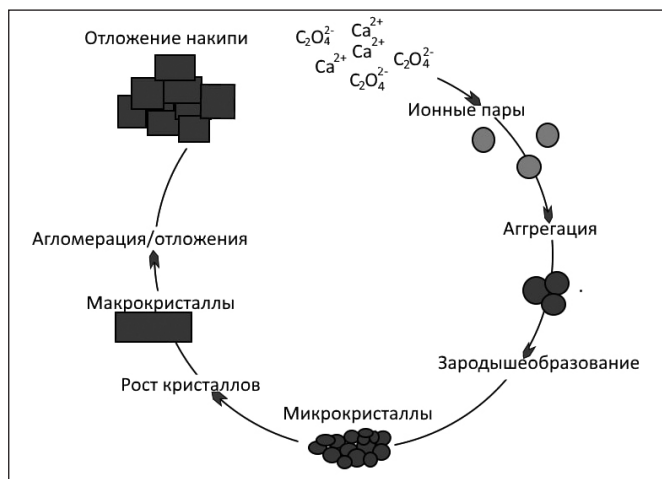


Рис. 3. Процесс образования накипи при гетерогенном накипеобразовании

$$\Delta G = -\frac{1}{2} RT \ln\left(\frac{ПА}{К_{пр}}\right) \quad (1)$$

где,  $R$  – газовая постоянная в  $\text{л} \times \text{моль}^{-1} \times \text{К}^{-1}$ ;

$T$  – температура в градусах Кельвина,  $\text{К}$ ;

$ПА$  – произведение активности ионов, вступающих в реакцию;

$К_{пр}$  – константа произведения растворимости.

Как отмечено выше, движущей силой образования накипи является пересыщение. Раствор становится пересыщенным по данному компоненту при изменениях температуры, рН, давления или изменения концентрации ионов в растворе. Пересыщение происходит, когда концентрация растворенных анионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) и катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ) превышает предел их нормальной растворимости в растворе. Увеличение степени пересыщения приводит к тому, что система становится термодинамически неустойчивой, что вызывает выпадение осадка. Тенденция образования осадка определяется степенью пересыщения (СП) или индексом пересыщения (ИП):

$$СП = \frac{(\text{Ca}^{2+})(\text{CO}_3^{2-})}{ПР}, \quad (2)$$

где,  $\text{Ca}^{2+}$  – концентрация катионов,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$\text{CO}_3^{2-}$  – концентрация анионов,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$ПР$  – произведение растворимости.

Активность, основанная на степени пересыщения, для ионных компонентов по теории кристаллизации определяется по формуле:

$$АСП = \left(\frac{ПА}{ПР}\right)^{\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

где,  $ПА$  – произведение активности ионов общего количества катионов и анионов, которые диссоциируют в растворе;

$ПР$  – активность, основанная на произведении растворимости соли.

Соответственно, для карбоната кальция степень пересыщения определяется по формуле:

$$СП = \frac{\sqrt{(\text{Ca}^{2+})(\text{CO}_3^{2-})}}{ПР(\text{CaCO}_3)}, \quad (4)$$

Индекс пересыщения определяется по формуле:

$$АСП = \log\left(\frac{ПА}{ПР}\right), \quad (5)$$

Из термодинамических соображений процесс образования накипи имеет место при соблюдении следующих условий:

1.  $СП < 1$  – раствор ненасыщен и образование накипи термодинамически невозможно;

2.  $СП = 1$  – раствор находится в равновесии и образование накипи и скорость её растворения одинаковы;

3.  $СП > 1$  – раствор пересыщен и существует большая тенденция образования накипи.

Индукционный период. Индукционный переход характеризует время между образованием пересыщения и образованием стабильных зародышей для осаждения. Для осаждения соли индукционный период зависит от природы и степени пересыщения раствора, степени перемешивания, вязкости раствора и присутствия примесей.

Согласно Оствальду, измеренный индукционный период больше оценочного, поскольку измеренные зародыши должны быть обнаружены экспериментально. Индукционный период определяется из уравнения:

$$\tau_{инд.} = \tau_{cc} + \tau_z, \quad (6)$$

где,  $\tau_{cc}$  – время достижения зародышей стабильного состояния;

$\tau_z$  – время их обнаружения.

Для обнаружения начала образования накипи может быть использовано изменение рН, поскольку:



Оствальд и другие авторы использовали измерение рН как основу для определения индукционного периода  $\text{CaCO}_3$ , предполагая, что  $\tau_{инд.}$  обратно пропорционален скорости зародышеобразования:

$$\tau_{инд.} = \alpha \gamma^{-1}, \quad (8)$$

где,  $\alpha \gamma^{-1}$  – скорость зародышеобразования, с.

Однако, для гомогенного зародышеобразования, зависимость времени индукции от степени пересыщения определяется по уравнению:

$$\log(\tau_{инд.} \alpha) = \left[ \frac{\gamma^3}{T^3 (\log СП)^2} \right], \quad (9)$$

Упрощая уравнение (9) и вводя коэффициент пропорциональности «А», взаимозависимость между  $(\log \tau_{инд.})$  и  $(\log СП)^2$  после использования классической теории зародышеобразования, получаем уравнение:

$$\text{Log}(\tau_{инд.}) = \left[ A + \frac{B}{T^3 \log(СП)^2} \right], \quad (10)$$

$$B = \frac{\beta \times \gamma \times V_m^2 \times N_A \times A \times f(O)}{(1.3 \times R)^3}, \quad (11)$$

где,  $\gamma$  – межповерхностная энергия (мДж/м<sup>2</sup>);

$V_m$  – соответствует объёму кристаллов ( $6,132 \times 10^{-23}$  для кальцита);

$T$  – температура, К;

СП – степень пересыщения;

$\tau_{ind.}$  – индукционный период, с;

$A$  – эмпирическая постоянная (безразмерная);

$N_A$  – число Авогадро (моль<sup>-1</sup>);

$f(O)$  – поправка, учитывающая тип зародышеобразования;

$\beta$  – геометрическая поправка для сферического типа кристаллов ( $10\pi/3$ ).

В некоторых источниках показана линейная зависимость  $\log t$  инд.  $\log(\text{СП})^2$ , хотя большинство процессов гомогенного зародышеобразования в статических системах в реальности установлено, что в текущих условиях может происходить гетерогенное зародышеобразование [6].

Таким образом, зная начало образования накипи (индикатором может быть использовано изменение рН), стадии процесса гетерогенного накипеобразования и факторы, оказывающие существенное влияние на пресыщение, можно предположить целесообразность воздействия на отдельные стадии процесса гетерогенного зародышеобразования. Однако, изучение возможности применения данной теории для гомогенной кристаллизации нецелесообразно, т.к. изучение кинетики гомогенной кристаллизации часто затруднено, поскольку на её протекание влияют примеси.

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение толщины накипи на стенках водогрейного оборудования и трубопроводов на каждые 0,1 мм приводит к увеличению энергозатрат на 3,33 % относительно аналогичного оборудования, не имеющего слоя накипи. При наличии отложений толщиной 0,60 мм расход топлива увеличивается в 1,2 раза. Такое увеличение расхода топлива незамедлительно приведёт к стремительному росту экологических издержек. В частности, к увеличению объёмов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

2. Основным компонентом в отложениях, несмотря на многие степени метаморфоз, является кальцит.

Проанализированы оценочные ежегодные затраты разных стран в результате загрязнений поверхностей теплообмена. По результатам анализа установлено, что затраты составляют от 14 175 млн. дол. до 64,5 млн. дол. Затраты существенно отличаются, однако, доля затрат от ВВП имеет близкие значения.

3. Выявлены факторы, способные снижать интенсивность образования низкотемпературных отложений на стенках водогрейного оборудования и трубопроводов, а именно: наличие в исходной воде катионов магния в соотношении 5:1, изменение концентрации диоксида углерода, присадка карбоната кальция.

4. Выявлено, что присадка карбоната кальция в количестве от 40,0 до 100,0 мг/дм<sup>3</sup>, при температуре 25°C уменьшает интенсивность накипеобразования. Для исследования применялись коммерческий карбонат кальция со средним размером частиц 5-100 мкм и коллоидные наночастицы силиката натрия со средним размером 21,0 нм в диапазоне скоростей потока от 0,43 до 1,5 м/с. При использовании силиката натрия не получено существенного изменения скорости образования отложений.

5. Установлено, что зная кинетику гетерогенного зародышеобразования, возможно воздействовать на отдельные стадии процесса накипеобразования.

## Список литературы

1. Высоцкий, С. П. Перспективы использования энергоносителей для производства тепловой и электрической энергии/С. П. Высоцкий, А. В. Кондрыкинская//Вестник Луганского университета им. В. Даля – 2019. – №10 (28) – с.194-201
2. Кройт, Т. Р. Наука о коллоидах. Необратимые системы/Том I / Изд. Инстр. Литр. М, 1995 – с. 539.
3. Высоцкий, С. П. Очистка, кондиционирование и использование вод повышенной минерализации/С. П. Высоцкий, С. Е. Гулько // Донецк «Каштан» – 2014 – 316 с.
4. Assessing the effect of  $Mg^{2+} + CaCO_3$  scale formation – bulk precipitation and surface deposition /PDF// February 2005. Journal of crystal Growts 275 (1-2).
5. Water Handbook Chapter 02. Environmental considerations – Precipitation Softening /2021 – p. 17.
6. Sheppard T. Powell Water Conditioning for Industry/McGraw-Hill Book Company– Inc New York, Toronto, London, Tokyo, p. 548.



# ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МНОГОКОНТУРНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ОТ АИТ

А. А. Олексюк д.т.н., профессор; А. В. Плужник ассистент; Б. В. Кляус ассистент  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Эксплуатация подогревательно-аккумуляторных установок с многоконтурными теплообменниками, устанавливаемых в индивидуальных тепловых пунктах, для подключения систем отопления и горячего водоснабжения, значительно снижает эксплуатационные затраты и капиталовложения. Так же была рассмотрена возможность использования теплоносителя от АТЭЦ для теплоснабжения зданий при помощи теплофикации. Исходя из этого, была сформулирована новая методика расчета многоконтурного теплообменника змеевикового типа для систем отопления и горячего водоснабжения населенных пунктов от атомных источников теплоты. Описан конструктивный расчёт основных элементов многоконтурного теплообменника змеевикового типа. Проанализировано наличие аккумулирующей емкости с многоконтурным теплообменником для сглаживания пиковой нагрузки суточного потребления, учитывая так же снижение водоразбора в ночное время суток. Представлена схема четырехконтурного теплообменника для независимой схемы присоединения систем отопления и вентиляции при использовании теплоносителя от АТЭЦ.

**Ключевые слова:** многоконтурный теплообменник, система отопления, горячее водоснабжение, промежуточный контур.



Олексюк  
Анатолий Алексеевич



Плужник  
Анастасия Вадимовна



Кляус  
Богдан Валентинович

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последнее двадцатилетие наблюдается острый дефицит всех видов топлива и электрической энергии, поэтому переход систем теплоснабжения на более совершенные системы подключения абонентских систем отопления и горячего водоснабжения, с целью снижения их металлоемкости, позволит решить вопросы экономии как энергоресурсов, так и материалов [1]. Использование атомных энергоисточников в теплоснабжении зданий позволяет улучшить экологическую обстановку вследствие уменьшения вредных выбросов в атмосферу по сравнению с энергоисточниками на органическом топливе. Ослабить зависимость от изменения цен на топливо из-за низкой топливной составляющей в себестоимости вырабатываемой продукции и сдерживать рост тарифов на тепловую энергию.

**Целью** данной методики является выполнение конструктивного расчёта основных элементов многоконтурного теплообменника змеевикового типа.

Использование компактных подогревательно-аккумуляторных установок (ПАУ) с многоконтурными теплообменниками, которые сооружаются на индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), для подключения систем отопления и горячего водоснабжения, позволяет решить комплекс задач, связанных с экономией капитальных вложений и эксплуатационных затрат [2-4], а именно:

- снижение металлоемкости за счет перехода на двухтрубную внутриквартальную теплосеть;

– приближение узла приготовления теплоносителя для местных абонентских систем отопления и горячего водоснабжения позволит уменьшить теплопотери на 5...15%;

– сооружение независимой схемы подключения системы отопления к тепловой сети позволяет увеличить срок их эксплуатации за счет гидравлической изолированности абонентов от сети централизованного теплоснабжения [3];

– устройство закрытой системы горячего водоснабжения позволяет сгладить пиковые нагрузки на графике суточного теплопотребления с помощью аккумулялирования горячей воды в емкости ПАУ;

– использование эффекта перераспределения тепловых нагрузок между системами отопления

и горячего водоснабжения в течение суток в часы максимального и минимального водопотребления [4];

– полное отсутствие коррозии местных системах отопления [5];

– сооружение ИТП вместо ЦТП, что повышает надежность и бесперебойность работы в целом [6].

Конструкция рекуперативного теплообменника защищена АС №1111015 от 03.05.84 г., в котором трубки третьего контура выполнены из гнутых трубок, что уменьшает число трубных досок, в которые они ввальцованы, и обеспечивает свободное перемещение при температурных деформациях, как показано на рис. 1.

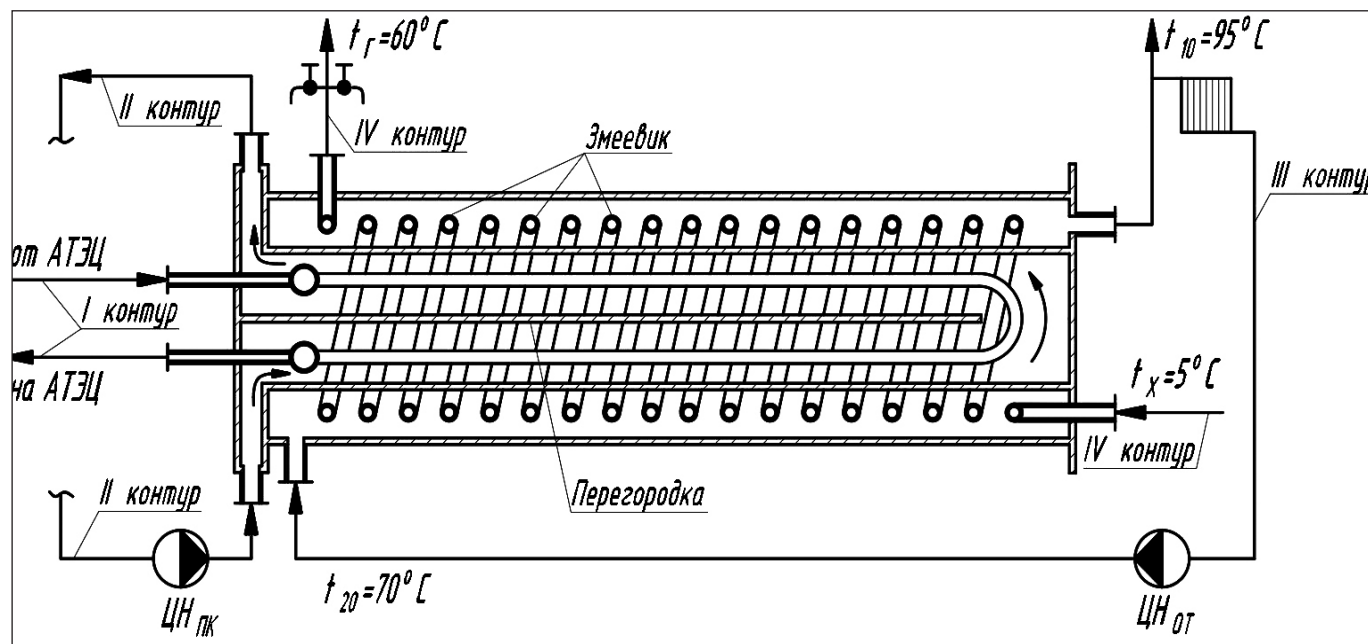


Рис. 1. Четырехконтурный ТО для независимой схемы присоединения систем ОВ и ГВ при использовании теплоносителя от АТЭЦ

Первичный теплоноситель от АТЭЦ с температурой 180...220°C поступает в трубное пространство первого контура, который расположен в межтрубном пространстве второго промежуточного контура, в котором постоянно циркулирует промежуточный теплоноситель при помощи циркуляционного насоса ЦНПК. Для интенсификации теплообмена, за счет увеличения скорости промежуточного теплоносителя, по длине второго контура установлена перегородка, при этом теплоноситель второго промежуточного контура нагревается до температуры 150...190°C, которым через разделяющую стенку, нагревается теплоноситель системы отопления до 95...105°C [7].

В третьем контуре системы отопления расположен змеевик, в котором нагревается вода четвертого контура для нужд горячего водоснабжения до температуры 60...65°C.

Циркуляция воды в каждом отдельном контуре осуществляется своим циркуляционным, сетевым и подпиточным насосами, а для систем горячего водоснабжения используют повысительный насос, т.к. в городском водопроводе недостаточно давления для

нормальной работы системы горячего водоснабжения высотных зданий 9 и 16 этажей [8].

Особенностью теплотехнического расчета многоконтурного теплообменника является определение расчетных поверхностей нагрева пропорционально тепловым нагрузкам систем отопления  $F_1$ , горячего водоснабжения  $F_2$ , греющего теплоносителя  $F_3$ , промежуточного контура, в котором расположен пучок труб первичного контура для теплоносителя от АТЭЦ, с температурой  $T_1 = 180 \dots 200^\circ\text{C}$  [9].

Сложность расчета многоконтурных теплообменников состоит в том, что необходимо проектировать конструкции отдельных узлов и деталей ТО, а также выполнять поверочный расчет этих узлов и деталей [10].

Для теплового и конструктивного расчета многоконтурного теплообменника (ТО) для независимых систем отопления и горячего водоснабжения должны быть заданы климатологические условия и район застройки, планы зданий с их этажностью, параметры теплоносителя, число жителей или потребителей горячей воды для общественных зданий, давление в тепловой сети на абонентском вводе [11].



Сложный теплообмен, который осуществляется в четырехконтурном ТО, можно записать из уравнения теплового баланса, Вт

$$\Sigma Q_{AT\bar{E}C}^{Ik} = Q_{ПК}^{Ik} + 0,15Q_{ПК}^{Ik} = Q_0^{IIIk} + (Q_{ГВ}^{IV} + Q_{П}), \quad (1)$$

где  $\Sigma Q_{AT\bar{E}C}^{Ik}$  — расчетное количество теплоты, отпущенное от АТЭЦ на нужды ОВ и ГВ, Вт;

$Q_{ПК}^{Ik}$  — количество теплоты, циркулирующее в промежуточном втором контуре, уменьшающее уровень радиации, Вт;

$0,15Q_{ПК}^{Ik}$  — теплопотери в промежуточном контуре, Вт;

$Q_0^{IIIk}$  — расчетный расход теплоты на отопление, Вт;

$Q_{ГВ}^{IV}$  — расчетный расход теплоты на горячее водоснабжение, Вт;

$Q_{П}$  — теплопотери в подающих и циркуляционных трубопроводах системы ГВ, Вт.

$$Q_0^{III} = q_0 \cdot V_n (t_{вн} - t_{но}) \cdot \eta, \quad (2)$$

$$Q_0^{III} = 0,4 \cdot 12155(18 - (-23)) \cdot 1,1 = 219276,2 \text{ Вт},$$

$$Q_{ГВ}^{IV} = \frac{m \cdot a(t_r - t_x) \cdot 1,163 \cdot k_c}{24}, \quad (3)$$

где  $q_0$  — удельный расход тепла на 1 здания, Вт/м<sup>3</sup>;

$V_n$  — объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>.

$$V_n = m \cdot 55 \text{ м}^3/\text{чел} = 221 \cdot 55 = 12155 \text{ м}^3,$$

$$Q_{ГВ}^{IV} = \frac{221 \cdot 120(55 \cdot 5) \cdot 1,163 \cdot 1,1}{24} = 77107 \text{ Вт} \quad (4)$$

где  $t_{вн}$  — температура внутреннего воздуха в помещении, °С;

$t_{но}$  — температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С;

$m$  — количество жителей в здании, человек;

$a$  — норма расхода горячей воды в литрах на человека в сутки, л/чел. в сутки;

$t_r$  — температура горячей воды, °С;

$t_x$  — температура холодной водопроводной воды, °С;

24 — количество часов за сутки, ч;

$\eta$  — поправочный коэффициент на инфильтрацию;

$k_c$  — коэффициент суточной неравномерности,  $k_c = 1,2$  принимается.

$$Q_{ПК}^{II} = \Sigma Q_{AT\bar{E}C}^I - 0,15Q_{ПК}^{II}, \text{ Вт}, \quad (5)$$

$$Q_{ПК}^{II} = Q_0^{III} + (Q_{ГВ}^{IV} + 0,15Q_{ГВ}^{IV}), \text{ Вт}, \quad (6)$$

Теплопотери в системах горячего водоснабжения, Вт

$$Q_{П}^{IV} = 0,15Q_{ГВ}^{IV} = 0,15 \cdot 77107 = 11566 \text{ Вт}, \quad (7)$$

Количество теплоты, циркулирующей в промежуточном контуре для уменьшения радиации, определяется по уравнению 6, Вт

$$Q_{ПК}^{II} = 219276,2 + (77107 + 11566) = 307949,2 \text{ Вт}.$$

Суммарное количество теплоты, отпущенное от АТЭЦ для первого контура, поступающее для нагрева промежуточного контура

$$Q_{МТО}^I = Q_{ПК}^{II} + 0,10 \cdot Q_{ПК}^{II} =$$

$$= 307949 + 0,10 \cdot 307949 = 338744 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Средние температуры теплоносителей соответствующих контуров, °С:

Первый контур °С;

$$t_{ср}^I = 0,5(200 + 150) = 175 \text{ °С}, \quad (9)$$

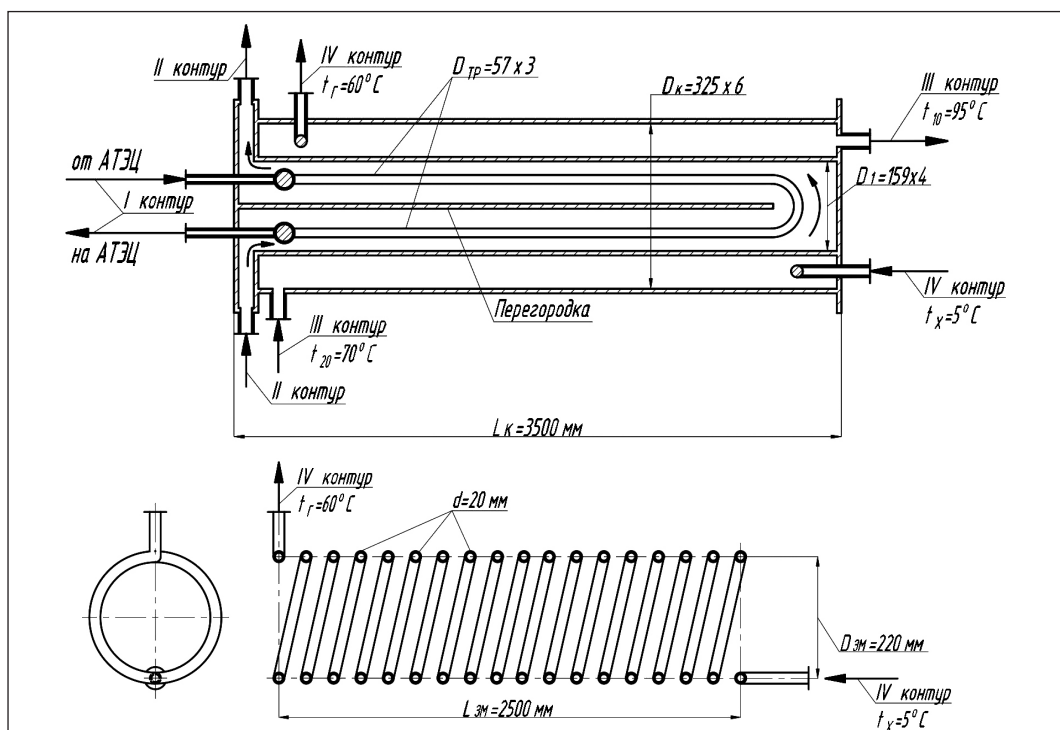


Рис. 2. Змеевик системы ГВ диаметром  $d=20$  мм

Второй контур °C;

$t_{cp}^{II} = 0,5(170 + 140) = 155\text{ }^{\circ}\text{C},$  (10)

Третий контур °C;

$t_{cp}^{III} = 0,5(105 + 70) = 87,5^{\circ}\text{C},$  (11)

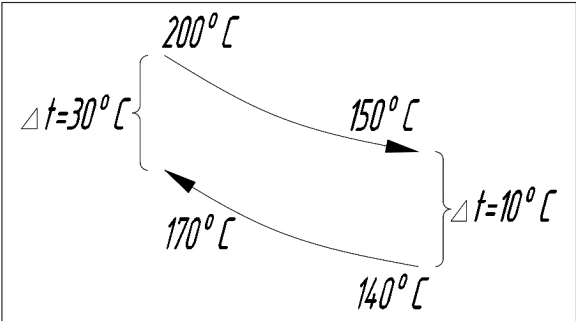
Четвертый контур °C.

$t_{cp}^{IV} = 0,5(65 + 5) = 35\text{ }^{\circ}\text{C},$  (12)

В дальнейшем производится конструктивный расчет многоконтурного теплообменника, исходя из сортамента труб диаметрами  $D_1, D_2, D_3$ , которые выпускаются нашей промышленностью, а также размеров ИТП, в котором будет размещен многоконтурный теплообменник [12].

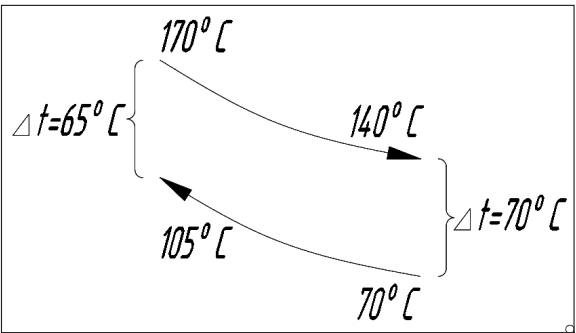
Среднегарифматическая разность температур для промежуточного контура

$\Delta t_{cp}^{ПК} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{30 + 10}{2} = 20^{\circ}\text{C},$  (13)



Среднегарифматическая разность температур между промежуточным теплоносителем и контуром системы отопления

$\Delta t_{cp}^{III} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{65 + 70}{2} = 67,5^{\circ}\text{C},$  (14)



Среднегарифматическая разность температур для контура горячего водоснабжения [13]

$\Delta t_{cp}^{IVк} = \frac{65 + 40}{2} = 52,5\text{ }^{\circ}\text{C},$  (15)

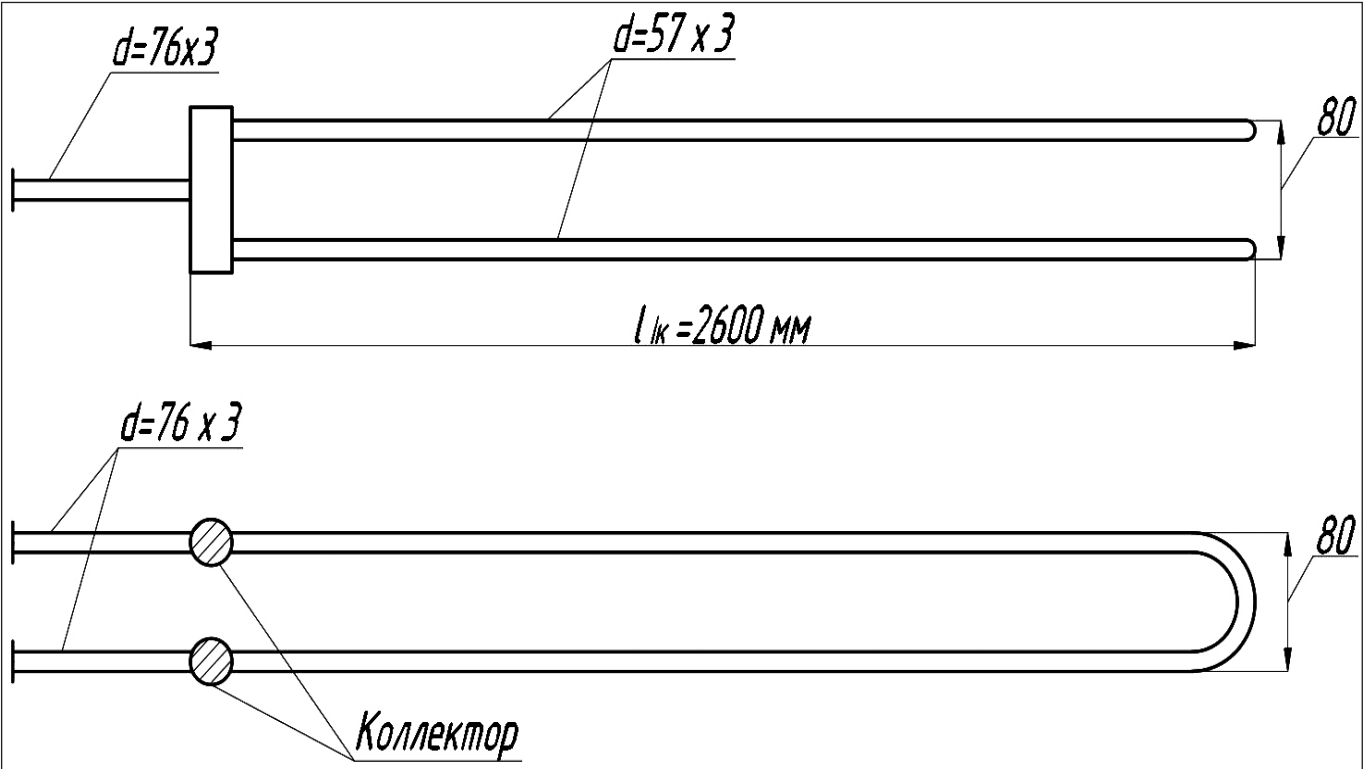
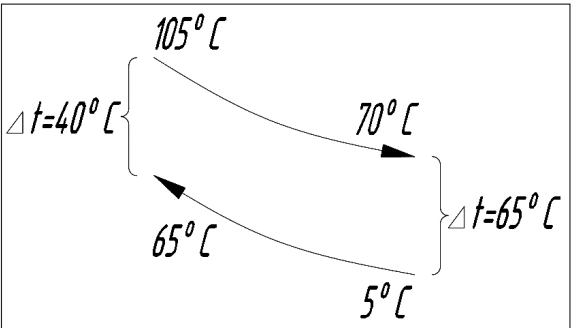


Рис. 3. План и разрез первого радиоактивного контура, размещенного в промежуточном контуре вторичного теплоносителя



Расход теплоносителя, который циркулирует в первом радиоактивном контуре, определяется из выражения,  $G_{Ik}$ , кг/с

$$G_{Ik} = \frac{Q_{\text{мто}}^I}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{338\,744}{(200 - 150)4190} = 1,62 \text{ кг/с}, \quad (16)$$

Количество вторичного теплоносителя, циркулирующего в промежуточном контуре для уменьшения уровня радиации,  $G_{\text{пк}}^{IIk}$ , кг/с

$$G_{\text{пк}}^{IIk} = \frac{Q_o^{IIk}}{c(T_1^{II} - T_2^{II})} = \frac{307949}{4\,190(170 - 140)} = 2,45 \text{ кг}, \quad (17)$$

Расход теплоносителя, циркулирующего в системе отопления,  $G_{\text{пк}}^{IIIk}$ , кг/с

$$G_{\text{пк}}^{IIIk} = \frac{Q_o^{III}}{c(T_{10} - T_{20})} = \frac{219276,2}{4\,190(105 - 70)} = 2,09 \text{ кг/с}, \quad (18)$$

В змеевике четвертого контура циркулирует вода, идущая на нужды горячего водоснабжения, нагреваемая водой системы отопления,  $W_{\text{гв}}^{IV}$  кг/с

$$W_{\text{гв}}^{IV} = \frac{Q_{\text{гв}}^{IV}}{c(t_r - t_x)} = \frac{77\,107}{4\,190(65 - 5)} = 0,31 \text{ кг/с}, \quad (19)$$

Теплообменные поверхности для нагрева теплоносителей каждого контура  $F_p, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$  определяют по выражениям, определенным из конструктивного расчета многоконтурного теплообменника [14], F,

$$F_I = \pi \cdot D_1^{\Phi} \cdot L_1 \cdot n_1 = 3,14 \cdot 0,057 \cdot 2,58 \cdot 4 = 1,85 \text{ м}^2, \quad (20)$$

$$F_{II} = \pi \cdot D_2 \cdot L_2 = 3,14 \cdot 0,159 \cdot 3,2 = 1,6 \text{ м}^2, \quad (21)$$

$$F_{III}^{\text{ЗМ}} = \pi \cdot d_{\text{ЗМ}} \cdot l_{\text{Вит}} \cdot z_{\text{Вит}} = 3,14 \cdot 0,002 \cdot 0,22 \cdot 3,14 \cdot 17 = 4,7 \text{ м}^2, \quad (22)$$

$$F_{IV} = \pi \cdot D_K \cdot L_K = 3,14 \cdot 0,325 \cdot 3,5 = 3,57 \text{ м}^2, \quad (23)$$

Определив поверхности нагрева соответствующих контуров, согласно конструктивному расчёту многоконтурного теплообменного аппарата, переходим к определению коэффициентов теплопередачи,  $K_I, K_{II}, K_{III}, K_{\text{общ}}^{\text{мто}}$ ,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ , [15].

Коэффициент теплопередачи через теплообменную поверхность первого контура от АТЭЦ промежуточному теплоносителю для уменьшения радиационной безопасности,  $K_I$ , Вт/м<sup>2</sup>·°C

$$K_I = \frac{Q_{\text{мто}}^I}{\Delta t_{\text{ср}}^I \cdot F_I} = \frac{338\,744}{20 \cdot 1,85} = 9\,155,23 = 9\,155,24 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \quad (24)$$

Коэффициент теплопередачи от промежуточного теплоносителя второго контура через разделяющую стенку системе отопления

$$K_{II} = \frac{Q_{\text{пк}}^{II}}{\Delta t_{\text{ср}}^{II} \cdot F_{II}} = \frac{307\,949}{67,5 \cdot 1,6} = 2851,38 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}, \quad (25)$$

Коэффициент теплопередачи от контура системы отопления змеевику системы горячего водоснабжения

$$K_{III} = \frac{Q_{\text{мто}}^{III}}{F_{III} \cdot \Delta t_{\text{ср}}^{IV}} = \frac{219\,276}{4,7 \cdot 52,5} = 888,66 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}, \quad (26)$$

Общий коэффициент теплопередачи для многоконтурного теплообменника запишется из выражения

$$K_{\text{общ}}^{\text{мто}} = \frac{K_I \cdot F_I + K_{II} \cdot F_{II} + K_{III} \cdot F_{III}}{F_I + F_{II} + F_{III}} = \frac{9\,155,24 \cdot 1,85 + 2\,851,28 \cdot 1,6 + 888,66 \cdot 4,7}{1,85 + 1,6 + 4,7} = 3\,150,27 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \quad (27)$$

Конструктивный расчет многоконтурного теплообменника состоит в том, что необходимо подобрать теплообменные поверхности, таким образом, чтобы коэффициенты теплопередачи были в пределах  $K = 1500 \dots 2500 \text{ Вт/(}^\circ\text{C)}$ .

Обобщенную теплопроизводительность многоконтурного теплообменника для ПАУ можно записать в виде уравнения, Вт [16]

$$Q_{\text{пau}}^{\text{мто}} = K_{\text{пau}}^{\text{мто}} (F_I + F_{II} + F_{III}) \cdot \Delta t_{\text{ср}}^{\text{пau}} = 3\,150,27(1,85 + 1,6 + 4,7) \cdot 46,67 = 1\,198\,135 \text{ Вт} = 1\,198 \text{ кВт} \quad (28)$$

Среднеарифметическая разность температур конструкции ПАУ для трех теплообменных контуров, °C

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{пau}} = \frac{\Delta t_{\text{ср}}^{\text{пк}} + \Delta t_{\text{ср}}^{\text{III}} + \Delta t_{\text{ср}}^{\text{IV}}}{3} = \frac{20 + 67,5 + 52,5}{3} = 46,67^\circ\text{C}, \quad (29)$$

Объем аккумулирующей емкости можно рассчитать по формуле

$$V_{\text{БД}} = \frac{m \cdot a}{12} = \frac{221 \cdot 120}{12} = 2\,210 \text{ л} = 2,21 \text{ м}^3, \quad (30)$$

## ВЫВОД

Наличие аккумулирующей емкости в ПАУ с многоконтурным теплообменником позволит сгладить пиковые нагрузки на графике суточного теплотребования в системе горячего водоснабжения, а расположение теплообменника внутри бака-аккумулятора позволит поддерживать расчетную температуру горячей воды (°C даже при снижении водоразбора на горячее водоснабжение в ночное время суток.

## Список литературы

1. Кирпичникова, И. М. Повышение качества регулирования систем отопления / И. М. Кирпичникова, Е. Л. Файда, А. Ю. Усков, Т. Ю. Никонова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. — Челябинск: Энергетика, 2012. — №37. — С. 87 — 89.
2. Олексюк, А. А. Математическая модель расчета теплообменников змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения / А. А. Олексюк, И. Г. Штикова, А. А. Горделюк // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры

- «Инженерные системы и техногенная безопасность». — Макеевка: Изд-во ДонНАСА, 2012. — Вып. 2 (94). С. 70–75.
3. Солонин, В. И. Моделирование теплообмена в змеевиковом теплообменнике применительно к реакторной установке «УНИТЕРМ» [Текст] / В. И. Солонин, А. А. Сатин // Наука и Образование / МГТУ им. Н. Э. Баумана. — М.: Сетевое научное издание, 2014. — № 10. — С. 398–412.
  4. Бережная, О. К. Моделирование теплогидравлических процессов и разработка методики обобщения данных по эффективным теплообменникам [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Московский гос. техн. ун-т. — М., 2005. — 166 с.
  5. Wang, L. Plate heat exchangers: design, applications and performance [Text] / L. Wang, B. Sunden, R. M. Manglik. — Great Britain: WIT Press, 2007. — 288 p.
  6. Олексюк, А. А. Конструктивный расчет теплообменника змеевикового типа для систем отопления и горячего водоснабжения / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова, А. А. Горделюк // Журнал «Современное промышленное и гражданское строительство». — Макеевка: Изд-во ДонНАСА, 2012. — Т. 8. № 1. С. 37–44.
  7. Олексюк, А. А. Оценка работы системы теплоснабжения от индивидуальных тепловых пунктов с подогревательно-аккумуляторными установками / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова, Н. В. Долгов // Вести Автомобильно-дорожного института. — 2013. — № 1. — С. 146 – 155.
  8. Олексюк, А. А. Теплообменные процессы, протекающие между теплоносителем и нагреваемой водой в ПАУ с трехконтурным теплообменником на ИТП / А. А. Олексюк // Современные проблемы строительства. — Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО «Лебедь», 2000. — Т. 1. — С. 110 – 115.
  9. Олексюк, А. А. Оценка эффективности работы систем теплоснабжения от ИТП с ПАУ при помощи термодинамического и эксергетического анализа / А. А. Олексюк // Современные проблемы строительства: Ежег. науч. техн. сб. — Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО «Лебедь», 2002. — Т. 2. — С. 158 – 163.
  10. Олексюк, А. А. Моделирование теплообмена в теплообменнике змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2014. — № 5. — С. 68–72.
  11. Олексюк, А. А. Теоретические исследования тепломассообменных процессов, протекающих в многоконтурных змеевиковых теплообменных аппаратах / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2013. — № 5. — С. 47–51.
  12. Долгов, Н. В. Автоматизация ИТП с многоконтурным теплообменником / Н. В. Долгов, А. А. Олексюк // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2014. — № 3. — С. 20–24.
  13. Олексюк, А. А. Теплоснабжение зданий с помощью ИТП с трехконтурным теплообменником при подземном строительстве / А. А. Олексюк, А. А. Русакова, Е. А. Русакова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2016. — № 5. — С. 66–71.
  14. Олексюк, А. А. Теплоснабжение зданий с использованием теплоносителя от АТЭС / А. А. Олексюк, А. А. Русакова, Е. А. Русакова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2017. — № 5. — С. 110–114.
  15. Долгов, Н. В. Математическая модель потокораспределения в индивидуальном тепловом пункте с многоконтурным теплообменным аппаратом (МТА) // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2014. — № 5. — С. 40–47.
  16. Олексюк, А. А. Установки с независимым присоединением систем отопления и горячего водоснабжения через трехконтурные теплообменники и выбор их оптимальных параметров // Современное промышленное и гражданское строительство. — 2011. — Т. 7. — № 1. — С. 43–50.



# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

**Б. Р. Романенко ассистент; С. М. Орлов к.т.н, доцент; А. Я. Орлова старший преподаватель.**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Защита атмосферы — социальная и экономическая проблема, неразрывно связанная с задачей создания комфортных условий для жизни и работы человека. Значительное влияние на окружающую среду и атмосферу в целом оказывают пылегазовые выбросы промышленности. Производство строительных материалов вносит значительный негативный вклад в общий экологический показатель региона, так как большинство технологических процессов неразрывно связано с образованием пылей и последующим выбросом их в атмосферу. Такие промышленные выбросы могут содержать ценные полупродукты, которые безвозвратно теряются. Поэтому очистка и обезвреживание промышленных выбросов имеют санитарное и экономическое значение.

В данной статье рассматриваются вопросы очистки пылегазовых выбросов промышленности. Наиболее распространенными аппаратами очистки являются циклоны. За все время их применения возникло много различных конструкций и типов циклонов в зависимости от места их применения. Рассмотрены методики расчета параметров, характеризующих работу циклонов, таких как величина центробежной силы  $F_c$ , минимального размера частиц улавливаемых циклонами  $d_{min}$ , потерь давления в циклоне  $\Delta P$ , эффективности улавливания пыли  $\eta$ .

**Ключевые слова:** циклон, пылеуловитель, центробежная сила, потери давления, эффективность пылеулавливания.



**Романенко  
Борис Романович**



**Орлов Станислав  
Михайлович**



**Орлова  
Алла Яковлевна**

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обострение экологической ситуации на Земле является следствием стремительного развития научно-технического прогресса. Охрана окружающей среды, создание благоприятных, комфортных условий для жизни и труда человека является важнейшей задачей. Защита воздушного бассейна от загрязнений вентиляционными выбросами промышленных предприятий становится все более насущной проблемой. В связи с увеличением объемов строительства увеличилась потребность в материалах для него, и, следовательно, потребность в их производстве. Производство строительных материалов сопровождается значительными выбросами аэрозолей в атмосферу. По всей отрасли объем технологических и вентиляционных выбросов оказывает значительное негативное влияние на экологическую обстановку в регионе. Особую опасность для здоровья человека составляет часто содержащиеся в этих выбросах мелкодисперсные частицы диаметром до 5 мкм.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Циклонные пылеуловители применяются в промышленности уже более ста лет. Сам термин «циклон» обозначает круговой ветер. Данный термин был введен в литературу ученым Пиддингтоном в 1842 г., латинизировавшим первую букву в греческом слове «kyklon». Первенство изобретения центробежного аппарата — циклона принадлежит Соединенным Штатам Америки: первый патент № 325521 на циклонный пылеуловитель был оформлен компанией «Кникер-бокер Компани» в г. Джексон (штат Мичиган) в 1885 г. [1]. В Европе же первая конструкция инерционного пылеулови-

теля была предложена О. М. Морзе и запатентована в Германии (№ 39219) 25 июля 1886 г. Масштабное серийное производство пылеулавливающих циклонов, начатое в США, привело к их широкому распространению в промышленности и, в первую очередь, на деревообрабатывающих предприятиях для сбора опилок и стружки, а спустя десятилетие — на цементных заводах с целью улавливания пыли из обжиговых печей. В Европе первые циклоны были введены в эксплуатацию на германских королевских заводах Фридриха-Августа в Потшаппеле близ Дрездена [1]. С тех пор, непрерывно совершенствуясь, они распространились по всему миру, получая все новые и новые сферы применения.

Циклонные пылеуловители или циклоны являются наиболее характерными представителями инерционных пылеуловителей. Они получили широкое распространение на различных производствах благодаря следующим положительным качествам [2]:

- 1) относительная простота технического исполнения (конструкции);
- 2) сравнительно небольшая стоимость изготовления;
- 3) широкий температурный диапазон функционирования;
- 4) возможность улавливания абразивных частиц при применении специального защитного покрытия внутренней части циклона;
- 5) высокая эффективность очистки;
- 6) низкое гидравлическое сопротивление, которое не изменяется в зависимости от продолжительности функционирования.

Существует большое количество вариантов конструктивного исполнения циклонов. Проанализировав все варианты исполнения, можно выделить три основные группы [3]:

- 1) возвратно-поточные или противоточные циклоны;
- 2) прямоточные циклоны;
- 3) вихревые пылеуловители или пылеуловители со встречными закрученными потоками.

Противоточные циклоны являются самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями [4,5]. Схема противоточного циклона приведена на рисунке 1.

Несмотря на то, что циклон имеет довольно простое конструктивное исполнение [6,7], в нем происходят сложные аэродинамические процессы, которые еще недостаточно изучены. Теоретические методы расчета не дают полного ответа на вопросы, связанные с проектированием циклонов, и не позволяют определить оптимальные параметры. Поэтому в различных отраслях промышленности распространены разнообразные конструкции одиночных, групповых и батарейных циклонов, разработанных на основе экспериментальных исследований [6,7,8].

Работу циклона можно охарактеризовать такими основными параметрами [9,10] как эффективность очистки и гидравлическое сопротивление, которые зависят от конструктивных особенностей пылеуловителя и скорости движения газового потока.

Противоточные циклоны отличаются между собой геометрическими размерами, соотношением конической и цилиндрической частей, а также относитель-

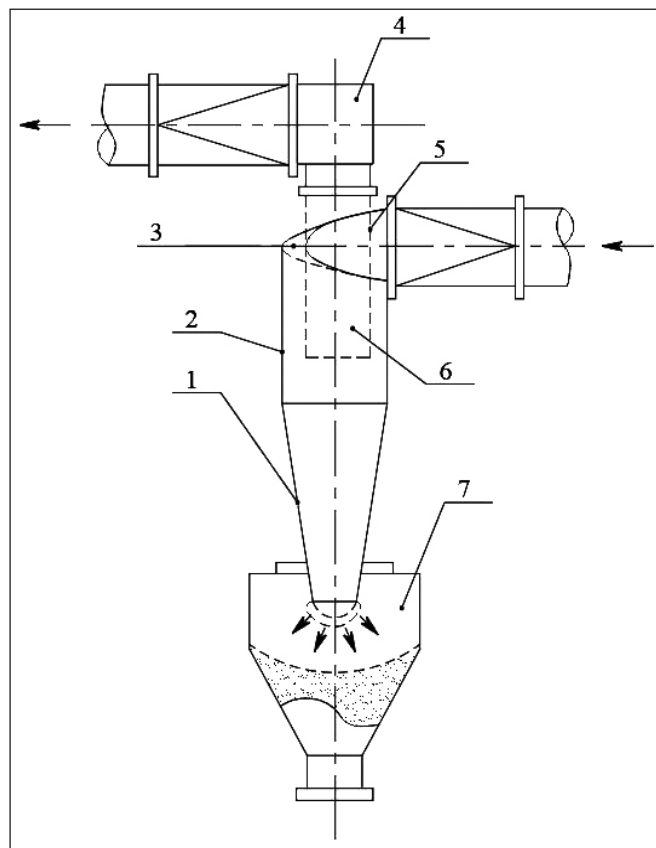


Рис. 1. Схема противоточного циклона.

- 1 — коническая часть корпуса; 2 — цилиндрическая часть корпуса; 3 — винтообразная крышка;  
4 — камера очищенного газа; 5 — патрубок входа запыленного газа; 6 — выхлопная труба;  
7 — бункер циклона

ной высотой — отношением общей высоты аппарата к диаметру его цилиндрической части [11]. Чем больше данное соотношение, тем меньше коэффициент гидравлического сопротивления и разрежение в бункере, а значит и меньше вероятность подсоса пыли в аппарат, но меньше степень очистки. Оптимальной является относительная высота 1,6, что соответствует принципу «золотое сечение» [9].

Эффективность циклонов различных марок приведена на рисунке 2.

Эффективность улавливания пыли в циклонах зависит от дисперсного состава пыли. Чем больше размер улавливаемых частиц, тем выше его эффективность [6]. Для циклонов ЦН эффективность очистки может достигать следующих значений:

- 1) для частиц с диаметром 20 мкм — 99%;
- 2) для частиц с диаметром 10 мкм — 95%;
- 3) для частиц с диаметром 5 мкм — 83%.

Определить величину центробежной силы, воздействующей на частицу, можно из следующего выражения [12]

$$F_{\delta} = \frac{mv_T^2}{R}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где  $v_T$  — тангенциальная скорость частицы пыли, принимается равной по значению скорости газового потока на входе в циклон, м/с;

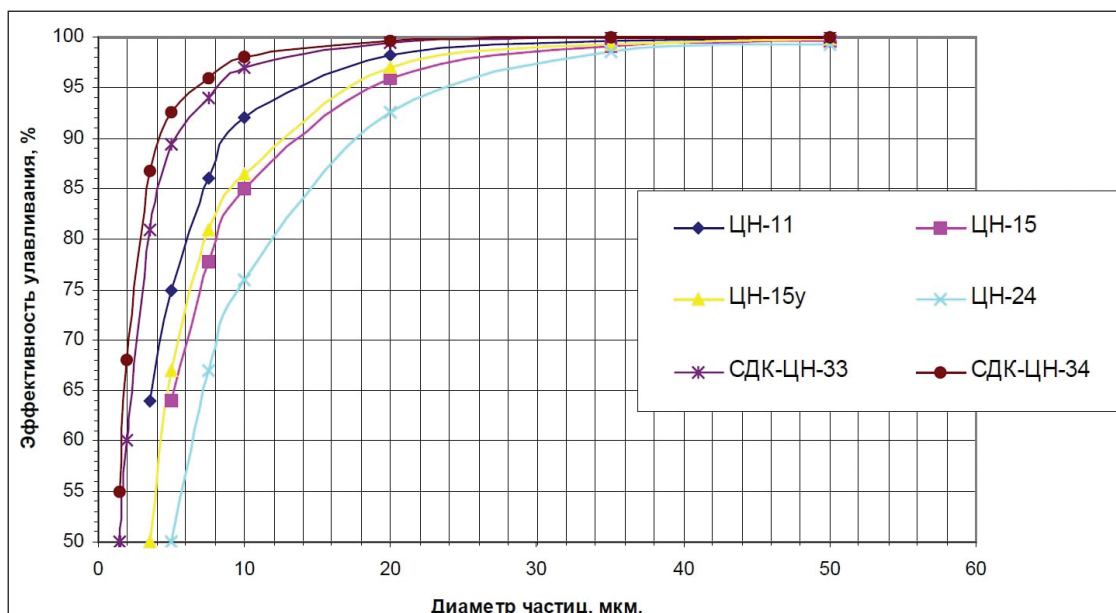


Рис. 2. График зависимости эффективности улавливания % от диаметра частиц мкм

$R$  — расстояние от оси циклона (центра вращения газового потока) до частицы, м;

$m$  — масса частицы пыли, которую можно определить по выражению, приняв допущение, что частица имеет сферическую форму:

$$m = V\rho = \frac{\pi d^3}{6} \rho, \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $d$  — диаметр частицы пыли, м;

$\rho$  — плотность частицы пыли, кг/м<sup>3</sup>;

Силу сопротивления среды можно определить из выражения [13]:

$$F = 3\pi v_o^p d \mu, \text{ Н}, \quad (3)$$

где  $v_p$  — скорость движения частицы в радиальном направлении, м/с;

$\mu$  — вязкость газа, Нс/м<sup>2</sup>.

После того, как запыленный газовый поток входит в циклон, силы  $F_u$  и  $F$  уравниваются, то есть:

$$\frac{mv_o^2}{R} = 3\pi v_o^p d \mu \quad (4)$$

и частицы движутся в радиальном направлении с постоянной скоростью, которую можно определить из приведенного выше равенства:

$$v_o^p = \frac{mv_o}{3R\pi d \mu} = \frac{d^2 v_o^2 \rho}{18R\mu}, \text{ рад/с}, \quad (5)$$

Из всех частиц, которые движутся в потоке, наибольший путь пройдет та частица, которая при входе будет находится вблизи выхлопной трубы циклона [14]. Ее путь будет равен:

$$R_2 - R_1, \text{ м}, \quad (6)$$

где  $R_1$  — радиус выхлопной трубы циклона, м;

$R_2$  — радиус цилиндрической части циклона, м.

Время, которое частица пыли затратит на прохождение этого пути, можно определить из выражения:

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{v_p}, \text{ с}, \quad (7)$$

В формуле (5) определения скорости движения частицы в радиальном направлении  $v_p$  величина  $R$  — переменная. Она изменяется в пределах  $R_1 < R < R_2$ , и ее среднее значение можно определить как [14]:

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}, \text{ м}, \quad (8)$$

Подставив это выражение в формулу (5), получим:

$$v_o^p = \frac{d^2 v_o^2 \rho}{18 \frac{R_1 + R_2}{2} \mu}, \text{ рад/с}, \quad (9)$$

Или

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{v_p} = \frac{18(R_2 - R_1)(R_2 + R_1)\mu}{2v_o^2 d^2 \rho} = \frac{9\mu(R_1^2 - R_2^2)}{v_o^2 d^2 \rho}, \text{ с}, \quad (10)$$

Из данной формулы можно вычислить минимальный размер частиц пыли, которые будут улавливаться с помощью данного циклона. Допустим, что можно уловить все частицы, которые осели на стенках циклона [15, 16], то есть успевшие пройти путь  $R_2 - R_1$  за время прохождения циклона запыленным газовым потоком, то есть за время нахождения частицы в циклоне:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{9\mu(R_2^2 - R_1^2)}{\rho v_o^2 \tau}} = \sqrt{\frac{9\mu(R_2^2 - R_1^2)}{2\pi \rho v_o^2 R n}} = \sqrt{\frac{9\mu(R_2 - R_1)}{\pi \rho v_o n}}, \text{ мкм}, \quad (11)$$

где  $n$  — число оборотов, которые совершает газовый поток в циклоне. Обычно принимают  $n=2$ .



Расчетные данные, полученные по данным формулам, могут отличаться от результатов, полученных в ходе проведения экспериментальных исследований [17]. Результаты исследований показывают, что количество частиц с диаметром меньше  $d_{min}$  фактически может быть уловлено значительно больше, чем по расчету. Например, при испытании циклона на саже с размером частиц менее 10 мкм, эффективность оказалась выше расчетной. Такой же эффект наблюдается при проведении испытаний с древесной пылью [18]. Данное явление можно объяснить тем, что в расчете не учитывается возможная коагуляция частиц внутри циклона.

Общие потери давления в циклоне можно определить из выражения:

$$\Delta P_{\kappa} = \zeta_{\kappa} \frac{v_{\kappa}^2 \rho}{2}, \text{ Па}, \quad (12)$$

где  $\zeta_{\kappa}$  — коэффициент гидравлического сопротивления циклона;

$v_{\kappa}$  — скорость во входном патрубке циклона, м/с.

В некоторых случаях общие потери давления в циклоне так же определяют по условной скорости запыленного газового потока в циклоне, отнесенной к площади живого сечения цилиндрической части циклона.

$$\Delta P_{\kappa} = \zeta_0 \frac{v_0^2 \rho}{2}, \text{ Па}, \quad (13)$$

где  $\zeta_0$  — коэффициент гидравлического сопротивления циклона, отнесенный к скорости в сечении аппарата;

$v_0$  — условная скорость газа в циклоне (или вертикальная составляющая скорости газового потока в циклоне), м/с.

Обычно  $v_0$  находится в пределах от 3 до 3,5 м/с.

Для большинства видов циклонов коэффициенты  $\zeta_{\kappa} = const$  и  $\zeta_0 = const$  не будут зависеть от числа Рейнольдса. Значения данных коэффициентов для наиболее встречающихся конструкций циклонов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения коэффициентов гидравлического сопротивления циклонов

Тип циклона	Диаметр корпуса, м.	$\zeta_{\kappa}$	$\zeta_0$
СИОТ		6,0	
ЛИОТ	0,700	4,2	460
ВЦНИИОТ	0,370	9,3	
ЦКК		5,2	
РЦ		5,0	
ЦВР		9,6	
ЦН-11	0,450	6,1	250
ЦН-15	0,450	7,6	160
ЦН-15у	0,450	8,2	170
ЦН-24	0,450	10,3	80

Для того чтобы учитывать запыленность газовой смеси на входе в циклон и диаметр циклона необходимо вносить поправки в значение коэффициента гидравлического сопротивления циклонов

$$\zeta = K_1 K_2 \zeta_{\text{табл}}, \quad (14)$$

где  $K_1$  — значение поправочного коэффициента на запыленность, принимается по таблице 2;

$K_2$  — значение поправочного коэффициента на диаметр циклона, принимается по таблице 3;

$\zeta_{\text{табл}}$  — коэффициент местного сопротивления циклона, определённый по таблице 1.

Таблица 2.

Значения поправочного коэффициента  $K_1$

Тип циклона	Поправочный коэффициент $K_1$ при запыленности, г/м <sup>3</sup>						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15у	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СДК-ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90

Таблица 3.

Значения поправочного коэффициента  $K_2$

Диаметр циклона, м	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24	СДК-ЦН-33, СДК-ЦН-34
0,150	0,94	0,85	1,00
0,200	0,95	0,90	1,00
0,300	0,96	0,93	1,00
0,450	0,99	1,00	1,00
0,500	1,00	1,00	1,00

Эффективность очистки в циклоне можно определить по следующей формуле:

$$\eta = \frac{C_{\kappa} - C_{\text{вых}}}{C_{\kappa}} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где  $C_{\kappa}$  — концентрация пыли в пылегазовом потоке на входе в циклон, г/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{вых}}$  — концентрация пыли в пылегазовом потоке на выходе из циклона, г/м<sup>3</sup>.

На основании приведенных выше данных, можно сделать вывод, что циклоны имеют высокую эффективность улавливания частиц пыли диаметром более 10 мкм. При этом, циклоны имеют довольно посредственную эффективность при улавливании частиц пыли диаметром до 5 мкм. Данные частицы принято относить к мелкодисперсным [4].

Ежегодно промышленность развивается и растет пропорционально росту промышленности, увеличивается количество пылегазовых выбросов в окружающую среду. Большую часть таких выбросов составляют мелкодисперсные частицы диаметром до 5 мкм. По данным Всемирной организации здравоохранения, такие частицы являются причиной ухудшения здоровья человека, так как оказывают крайне негативное воздействие на дыхательную систему человека и организм в целом. Улавливание мелкодисперсных частиц тесно связано с созданием комфортных условий для проживания человека.

Улавливание частиц диаметром до 5 мкм зачастую связано со значительными экономическими затратами, так как данные очистительные установки требуют второй ступени очистки, более тонкой, в которой и будут оседать данные частицы. Данную проблему можно решить с помощью аппаратов комбинированного действия.

Существуют аппараты, которые сочетают в себе два и более механизмов осаждения. Они позволяют добиться высокой эффективности улавливания пыли, в том числе, мелкодисперсной. Ярким представителем таких аппаратов являются центробежные электрофильтры. Они сочетают в себе два механизма осаждения пыли — центробежный и электростатический. В таком случае общую эффективность очистки можно будет определить по формуле:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2), \quad (16)$$

где  $\eta_1$  — эффективность центробежного осаждения;

$\eta_2$  — эффективность электростатического осаждения.

Эффективность улавливания пыли в таком устройстве будет значительно выше, чем в циклоне.

## ВЫВОД

Выполнен анализ существующих конструкций центробежных пылеуловителей. Были определены их основные преимущества и недостатки. Приведена методика определения величины центробежной силы, действующей внутри циклона, определения минимального размера частиц, улавливаемых циклонами, определения его гидравлического сопротивления и эффективности улавливания. Проанализированы варианты повышения эффективности улавливания в циклонах для дальнейшей работы.

## Список литературы

1. Асламова, В. С. Прямоточные циклоны. Теория, расчет, практика / В. С. Асламова. — Ангарск: Ангарская гос. техн. акад., 2008. — 233 с.
2. Карпов, С. В. Высокоэффективные циклонные устройства для очистки и теплового использования газовых выбросов / С. В. Карпов, Э. Н. Сабуров, Э. Н. Сабурова. — Архангельск: Изд-во Архангельского гос. техн. ун-та, 2002. — 504 с.
3. Васильченко, Н. М. Газоочистное оборудование: каталог / сост.: Н. М. Васильченко. — М.: ЦИНТИ-химнефтемаш, 1988. — 120 с.
4. Коузов, П. А. Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрыбин. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Химия, 1993. — 320 с.
5. Ватин, Н. И. Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон / Н. И. Ватин, К. И. Стрелец. — СПб.: Химия, 2003. — С. 19-22
6. Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха / А. И. Пирумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 296 с.
7. Ужов, В. Н. Подготовка промышленных газов к очистке / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг. — М.: Химия, 1975. — 216 с.
8. Ужов, В. Н. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации / В. Н. Ужов. — Ярославль: Верх.-Волж. книж. изд-во, 1970. — 95 с.
9. Greenfield, R. R. High efficiency cyclone dust collector / R. R. Greenfield // Filtration and separation. — 1989. — Vol. 26, № 4. — P. 272–274.
10. Старк, С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: учеб. для вузов / С. Б. Старк. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1990. — 400 с.
11. Jackson, R. Mechanical equipment for removing grit and dust from gases / R. Jackson. — Leatherhead: The British Coal Research Association, 1963. — 281 p.
12. Ter Linden A. I. Proc. Inst. Mechan. Eng., 1949, v.160, p. 15-39.
13. Stairmand C., Kesley R. The role of the cyclones in reducing atmospheric pollution. Chem. a. Ind. 1955, p. 110.
14. Первов, А. А. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: дис. канд. техн. наук: 05.04.01 / А. А. Первов. — М., 1973. — 175 с.
15. Zyklonabscheider: pat. 3624086 DE, IPC4 B 04 C 5/103 / H. D. Maury, W. Buslowski, O. Kleffmann, B. Kraft; anmelder Orenstein & Koppel AG. — P 3624086.9; anmeldetag 17.07.1986; offenlegungstag 21.01.1988.
16. Centrifugal separator: pat. 2010128 US, cl. 209–144 / G.D. Arnold; applicant — № 53341; filed 17.09.1931; pub. 06.08.1935.
17. Shepherd, C. B. Flow Pattern and Pressure Drop in Cyclone Dust Collectors / C. B. Shepherd, C. E. Lapple // Ind. Eng. Chem. — 1939. — Vol. 31, No. 8. — P. 972–984.
18. Dip pipe for facilities for the separation of substance mixtures: pat. 5275730 US, IPC5 B 65 G 53/60 / J. Keuschnigg; patentinhaber Voest-Alpine Krems Finaltechnik GmbH, J. Keuschnigg. — № 838798; filed 18.03.1992; pub. 04.01.1994.

## СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ «ПОБЕДЫ»

П. Б. Комов к.т.н., доцент; А. Б. Комов к.т.н., доцент; А. В. Борман;  
А. Г. Яценко к.т.н., доцент

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

**Аннотация.** Статья посвящена 75-й годовщине начала серийного производства автомобиля «Победа». Представлены особенности советской системной инженерии в формировании жизненного цикла автомобилей и раскрыта необходимость его познания в современных условиях цифровой экономики, ориентированной на строгий учёт индивидуальных запросов потребителей товаров. Факты из истории создания, производства и эксплуатации автомобиля «Победа» демонстрируют как развитие отечественного и мирового автостроения, так и уровень его организации, где главным остаётся системотехническая подготовка специалистов, что означает овладение компетенциями, позволяющими решать конкретные задачи сложных систем и выбирать их оптимальные варианты, исходя из требований, предъявляемых к системам в целом. Такая работа требует для её выполнения не только высокой квалификации, но и творческих способностей человека, где современным объяснением этому факту является непрерывное и интенсивное совершенствование в обществе всех его процессов и структур.

**Ключевые слова:** системотехника, автостроение, автомобильный транспорт, история, цифровая экономика, образование, специалист, предпринимательство.



**Комов  
Петр Борисович**



**Комов  
Александр Борисович**



**Борман  
Александр Викторович**



**Яценко  
Александр Гаврилович**

### ВВЕДЕНИЕ

Каждый человек с высшим специальным образованием обязан иметь, соответствующие его специальности, профессиональные убеждения — это определённая направленность поведения личности, что обусловлено социально, т.е. представляет некоторый итог длительного процесса обучения и воспитания [1]. Сегодня это составляет проблему, т.к. убеждения обязаны соответствовать запросам того времени, в котором человек живёт, где XXI в. характеризует его высокая динамика кардинальных перемен, которые наиболее ярко выражены в автостроении и, соответственно, на автомобильном транспорте (АТ).

Общеизвестно, что мировая экономика продолжает развиваться на основе научно-технического прогресса и, прежде всего, на основе оптимизации его очередных новейших форм развития, их организационных структур и процессов, что в целом представляет устремлённую в будущее, логистическую модель экономики. По ряду факторов она является абсолютной «новинкой» для современного Запада и наиболее приемлемой для стран бывшего Союза ССР. Здесь нужны специалисты-предприниматели современной формации — руководители, которые должны действовать в оптимальном режиме, т.е. рисковать там, где это действительно имеет результативный смысл, но во всём остальном пользоваться лишь научно обоснованной (доказательной) постановкой проблем и научно обоснованными методами их решения [2].

Для подготовки таких специалистов, отмечают исследователи Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, необходимо формирование у студентов системного проектно-конструкторского мировоззрения и мышления. Сегодня этим задачам в наибольшей мере соответствует раздел прикладной науки, который называется системотехникой [3].



Системотехника или системная инженерия (англ. *system engineering* [4]) — это техническая наука. Объект её исследования — техника, особенностью которой является неоднородность, т.е. наличие и чисто технических составляющих и людей, что передаётся термином «комплекс». Включение термина «система» преследует цель подчеркнуть, что объект рассматривается, прежде всего, как система. Предмет изучения системотехники — процессы проектирования, испытания, производства, установки, эксплуатации и демонтажа или процессы жизненного цикла (ЖЦ) системотехнических комплексов (СТК), где под их проектированием понимают как методологию поиска системных характеристик, так и методы формирования эффективных процедур проектирования. Теоретическую основу системотехники составляет общая теория систем, а изучаемые здесь законы и закономерности не зависят от конкретного типа систем. Системотехника ориентируется на наиболее общие системные характеристики предмета исследования и поэтому имеет междисциплинарный характер, где её главной особенностью является «заземлённость» — исследования здесь нацелены на практические результаты создания и эксплуатации сложных СТК [5].

Практика системотехники — это спектр методов, процессов и средств, используемых для создания систем, отвечающих требованиям заинтересованных лиц [6], что составляет главную особенность современной цифровой экономики, а поэтому сегодня правительства многих стран и крупных компаний разрабатывают в этой области знаний собственные руководства и содействуют повышению соответствующих компетенций своих сотрудников [7]. Системотехника имеет статус обязательной дисциплины при подготовке специалистов сложных организационно-технических систем (СОТС [7, 8]). Соответственно, она присутствует в учебных планах большинства ведущих университетов мира, где объединяет дисциплины, специальности и обеспечивает возможность реализации коллективных усилий по формированию и осуществлению набора процессов, необходимых для построения различных, в том числе программных, систем в их развитии (замысел, реализация, эксплуатация, ликвидация) [6, 9].

Объединить смежные дисциплины и специальности и обеспечить возможность для коллективной работы по формированию и осуществлению совокупности процессов, необходимых для построения системы в развитии, — основная роль системотехники [10], где её одним из наиболее ярких проявлений, возникшим задолго до официального упоминания и определения системотехники учёными Гуд Г. Х. и Макол Р. Э. [4], явилось создание в Союзе ССР автомобиля «Победа».

### ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Представить отечественные примеры, демонстрирующие эффективность и особенности системной инженерии в решении задач государственной важности.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прошёл лишь день после победоносного окончания Сталинградской битвы. Впереди было еще более

2-х лет войны. Однако советские люди уже думали о будущей мирной жизни.

3-4 февраля 1943 г. в Москве под руководством Народного комиссара Акопова С. А. состоялось Совещание конструкторов автомобильных и смежных заводов народного комиссариата среднего машиностроения Союза ССР. На этом совещании, исходя из предварительно принятых государственных решений о строительстве автомобильных заводов, был рассмотрен вопрос создания новых типов автомобилей, путём планирования их наиболее разумного ассортимента, т.е. единого типажа. Главная идея совещания формулировалась так: «Если конструкторская мысль не будет опережать, а пойдёт вслед за созданием новых заводов, дело будет плохо» [11].

Ведущие автозаводы Союза ССР — завод имени Сталина И. В. (ЗиС), Горьковский автозавод (ГАЗ) им. Молотова В. М. и др. немедленно приступили к работе.

Энтузиазм, с которым тогда трудились советские люди, поражает наше современное воображение — уже 01.11.1944 г. или менее чем за год (ко дню рождения Родины) в г. Горьком (ныне г. Нижний Новгород) был изготовлен первый опытный экземпляр послевоенного легкового автомобиля (рис. 1). Его вывел 06.11. 1944 г. из ворот экспериментального цеха ГАЗ главный конструктор этого завода — Липгарт А. А.

Проект автомобиля имел первоначально, естественно, индекс военной спецификации — это «ГАЗ-25», но уже 08.08.1944 г. появилось новое обозначение — «М-20», которое было указано в названии приказа директора ГАЗ «Об ускорении работы по созданию конструкции нового легкового автомобиля М-20 для постановки его на производство в послевоенное время» [11].

Новый индекс соответствовал системе обозначения продукции автозаводов, которая в Союзе ССР действовала вплоть до 1966 г. и представляла комплексную научно обоснованную систему «индексации» моделей автомобилей, производимых отечественной промышленностью, где ГАЗ имел индексы в виде чисел от 1 до 100 (М-1, М-21 и т.п.).



Рис. 1. Первый опытный экземпляр автомобиля «Победа» с 3-х уровневой облицовкой радиатора, именуемой в быту «кремлёвка»

14.02.1945 г. первые два автомобиля М-20 (второй экземпляр был официально зафиксирован в Приказе ГАЗ от 02.01.1945 г. [11]), а также грузовые автомобили ГАЗ-51 и ГАЗ-63 отправились своим ходом на первый показ в г. Москву. Однако тогда «смотрины» не состоялись. В это время в г. Ялте проходила важная Международная конференция, и поэтому смотр автомобилей членами Правительства Союза ССР был перенесён на 19.06.1945 г.

Повторную демонстрацию новых автомобилей ГАЗ и ЗиС провели на Сенатской площади Кремля, где ГАЗ показал два экземпляра М-20 с 4-х и 6-и цилиндровыми моторами, соответственно, ГАЗ-20 и ГАЗ-12А. Правительство Союза ССР отдало приоритет 4-х цилиндровому экономичному мотору серо-чёрного варианта М-20 (рис. 1) и, впервые в истории советского автостроения, утвердило для автомобилей собственное имя — «Победа». Это был ожидаемый результат просьбы автостроителей ГАЗ, переданной тов. Сталину И. В. Имя «Победа» уже красовалось хромированной вязью сбоку на капотах первых двух М-20 (что зафиксировано в документах и видно на рис. 1). Поэтому, звучащие в прессе сообщения о первом имени «Родина» у нового послевоенного легкового автомобиля ГАЗ — легенда.

Весной 1946 г. ГАЗ изготовил третий и четвёртый экземпляры автомобиля «Победа», которые имели привычные для нас (современников) «длинные» (от фары до двери) передние крылья. Однако серийное производство таких автомобилей в этот период своей истории ГАЗ не начал. Причина была озвучена 27.06.1946 г. в заводской многотиражной газете «Правда Горьковского автозавода им. Молотова». Тогда она была естественной для послевоенного времени: «Сделан только один кузов «М-20». Нехватка штампов и инструментов, медлительность строительных работ в моторном и сборочном цехах тормозит выпуск новой машины» [11].

Поэтому утверждение, что серийный выпуск автомобилей «Победа» начался 28.06.1946 г., является неверным. Согласно документам ГАЗ, первая серийная «Победа» М-20 была собрана лишь 14.08.1946 г.

Автомобиль «Победа» М-20 явился для советского автостроения воплощением всего самого передового, что было на то время в мире автостроения и, что тогда могла себе позволить наша послевоенная автомобильная промышленность.

«Победа» имела абсолютно новый и, как показало время, передовой дизайн кузова, определивший во многом развитие не только советского, но и мирового автостроения — это отсутствие выступающих крыльев над колёсами автомобиля, что специалисты называли «понтонной формой». Её быстро «взяли на вооружение» все ведущие автомобильные фирмы мира для создания своих «послевоенных» моделей, однако инициатива, свести воедино поверхности крыльев и боковины кузова, принадлежит отечественным специалистам — художнику Самойлову В. Ф. и конструктору Кирилову А. Н.

Особенностью «Победы» является также редкая, для того и даже нашего времени, форма задней части кузова, именуемая в профессиональной среде «фастбек», которая обеспечила коэффициент обтекаемости кузова  $C_x < 0,3$ . Прогрессивным для автостроения

явился и несущий тип кузова «Победы» — это отсутствие рамы в устройстве шасси, что тогда было редким явлением, а Победа» стала первой в мире серийной моделью с несущим кузовом понтонного типа.

Прогрессивное, сегодня инновационное, начало в конструкции «Победы» имело для завода и ряд негативных последствий — отсутствие опыта в реализации некоторых передовых идей привело к низкому качеству первых серийных автомобилей, из-за чего 01.10.1948 г. производство «Побед» остановили и возвратились к выпуску прежнего, проверенного войной, автомобиля М-1 («Эмка»).

Остановка производства автомобиля «Победа» явилась для неё первой серьёзной модернизацией, которая позволила в 1949 г. приступить к выпуску новой более качественной конструкции [12].

Острая нехватка в послевоенной стране автомобильной стали, а также желание автостроителей производить недорогой серийный автомобиль, привели конструкторов в 1949 г. к необходимости создания «Победы» М-20Б с открытым кузовом, т.е. со съёмной брезентовой крышей, что характеризовало этот кузов как «кабриолет» (рис. 2). Сегодня такой тип кузова является довольно редким в автостроении и его нельзя путать с кузовом типа «фаэтон». «Кабриолет» — это тип открытого кузова (без жесткой крыши) с сохранением конструкций дверных проёмов в устройстве. Всего таких «Побед» было изготовлено 14 222 ед.



Рис. 2. Автомобиль «Победа» М-20Б кабриолет с серийной 2-х уровневой облицовкой радиатора

Говоря об автомобильной стали, следует подчеркнуть, что её использование требовало при изготовлении кузова дополнительных усилий по устранению возникающих неровностей и доведению до нормы необходимых зазоров, где ГАЗ широко использовал оловянные припои. Поэтому «лужённый» кузов «Победы» является также её очередной легендой.

Автомобиль «Победа» модернизировался постоянно и интенсивно. В результате на базе М-20 был создан полноприводный вариант — автомобиль М-72 (рис. 3).

Сегодня М-72 можно обозначить как «4x4». Этот автомобиль явился весомым вкладом коллектива ГАЗ в освоение целинных земель России и Казахстана.



М-72 представлял оригинальный «союз» 2-х горьковских автомобилей: М-20 «Победа» и ГАЗ-69 («специальной провинциальной машины»). Конструкторы М-72, сохранив кузов и, как результат, комфорт «Победы», создали впервые в мире серийный легковой полноприводный автомобиль. Он не носил имя «Победа», а имел (как и «Эмка») лишь серийный номер. В автомобиле была своя, отличная от ГАЗ-69, оригинальная конструкция ходовой части, где, например, в устройстве заднего моста завод предложил одноразъёмный картер и полуразгруженные полуоси.



Рис. 3. Полноприводный автомобиль М-72 с крупной облицовкой радиатора

В 1955 г. на ГАЗ была проведена последняя модернизация «Победы». Автомобилу был присвоен серийный номер М-20В. Машина получила в качестве стандартного оборудования радиоприемник. Изменилось рулевое колесо, где установили новую кнопку звукового сигнала. Салон кузова имел частично «синтетическую» обивку сидений и дверей. Мощности серийного мотора возросла до 55 л. с., что было следствием улучшения процесса смесеобразования. Кроме того «Победа» стала более технологичной в производстве. Внешне «Победа» стала отличаться облицовкой радиатора, которую конструкторы заимствовали у М-72. В быту её называют «улыбка» или «крупная». Такая облицовка существенно улучшала условия прохождения воздушного потока и, естественно, охлаждение мотора, который у М-72 работал в тяжёлых условиях эксплуатации.

В 1956 г. на ГАЗ началось производство автомобилей «Волга» М-21, однако последний автомобиль «Победа» сошел с конвейера завода лишь в 1958 г. Всего «Побед» было произведено 235 999 ед. (235 997 ед. — по разным источникам), а автомобилей М-72 — 4 677 ед.

Подводя итоги описания кузова «Победы», следует сказать о его развитии в 1964 г. итальянскими дизайнерами фирмы *Ghia*. Они предложили 3-х объёмный кузов «седан» для автомобиля «Варшава»-223 (рис. 4). Такие автомобили производила Польша на автозаводе *FSO (Fabryka Samochodow Osobowych)* на основе лицензии Союза ССР. Всего с 06.11.1951 г. по 30.03.1973 г. этот завод изготовил 244 472 ед. автомобилей «Варшава» разных модификаций.

Необходимо подчеркнуть, что кроме прогрессивного дизайна и конструкции кузова, серийный автомобиль «Победа» впервые в практике отечественно-



Рис. 4. Автомобиль «Варшава»-223

го автостроения имел на передней оси независимую подвеску колёс, гидравлический привод тормозных механизмов. Автомобиль также был оснащён электрической сетью с уровнем напряжения 12 В. Серийными являлись: электрический привод очистителя лобовых стёкол и устройство их обдува, обогреватель салона, «прикуриватель» и пепельница, что тогда было новинкой.

Особого внимания заслуживает мотор автомобиля «Победа» — результат вдумчивого государственного подхода к выполнению задач, поставленных Родиной: максимум унификации при конструировании и производстве. Используя одну и ту же цилиндро-поршневую группу и два варианта компоновки, моторостроители создали моторы, как для «Победы» и ГАЗ-69, так и для не менее легендарного грузовика ГАЗ-51. Моторы имели более 60% взаимозаменяемых деталей. Мотор типа ГАЗ-51 устанавливался на автомобилях ГАЗ-52 до начала 90-х годов. Он предназначался также для автомобилей большого класса ЗиМ-12, военных БТР 60.

Запас прочности, заложенный при проектировании мотора ГАЗ-20, позволил провести его «форсирование» и увеличить мощность с 52 л. с. до 65 л. с. — это моторы, которые устанавливали на первые серийные легковые автомобили «Волга» М-21 и микроавтобусы Рижской автомобильной фабрики (РАФ). Здесь мощность мотора была повышена конструкторами ГАЗ за счёт увеличения диаметра поршня с 82 мм до 88 мм.

Прогрессивность мотора М-20 заключалась также в использовании чугуна для производства блока цилиндров, что тогда многими специалистами воспринималось как архаизм, однако сегодня стало массовым явлением в моторостроении. Следует подчеркнуть, что поляки на автомобиле «Варшава»-223 сохранили чугунный блок цилиндров мотора автомобиля «Победа». Они изменили лишь конструкцию головки блока (с ниже-клапанной на верхнеклапанную). Это позволило резко повысить мощность мотора и довести её до 70 л. с. При этом на 80% была обеспечена унификация деталей мотора с его аналогом ГАЗ-20. Данный мотор после прекращения производства автомобилей «Варшава» устанавливался до начала 90-х годов на польские автомобили «Ныса» (рис. 5) и «Жук».

ГАЗ заложил автомобилям «Победа» долгую жизнь, где, кроме высокой надёжности базовых элементов этого автомобиля, обеспечивалась также преемственность (унификацию) конструкций





Рис. 5. Автомобиль «Ныса»-221

последующих моделей, производимых заводом. В соответствии с чем, постепенно редким явлением стала «Победа» с родным рулевым колесом и управлением, мостами, нижне-клапанным мотором, 3-х скоростной (без удлинителя М-21) коробкой передач, фарами, стеклоочистителями, колесами и многим др., что сегодня составляет ценность любого ретро-автомобиля. Всё это на многих «Победах» было заменено в процессе эксплуатации на агрегаты, узлы и детали от таких последующих серийных автомобилей как «Волга» (от М-21 до ГАЗ-3110), ГАЗ-52, «Ныса», «Жук» и т.д.

Поэтому большая часть оставшихся в эксплуатации автомобилей «Победа» демонстрирует особую отечественную специфику организации ЖЦ автомобилей тех лет, где главным являлось увеличение продолжительности этапа эксплуатации. При этом этап утилизации практически не рассматривался. Фактически его заменил, основанный на взаимозаменяемости узлов и агрегатов автомобилей разных лет и марок, специфический этап реновации, где огромная роль отводилась авторемонтным заводам (АРЗ).

Такие заводы были построены, например, в г. Горловке и г. Енакиеве Донецкой области Союза ССР. Здесь посредством индустриальных методов производства и, в частности, конвейерной разборки и сборки, как автомобилей, так и их агрегатов и узлов, проводили восстановление работоспособности подвижного состава (ПС), производимого ГАЗ.

Важно указать, что стоимость автомобиля «Победа» для трудящихся Союза ССР (индивидуальных пользователей) составляла в 50-е годы 16 000 рублей. Тогда это было достаточно дорого. Поэтому много «Побед» было продано трудящимся в промышленных центрах Союза ССР, например в Донбассе, где и шахтёр, и металлург мог своим трудом честно заработать на этот автомобиль, приобрести по очереди и, соответственно, обеспечить бережную эксплуатацию, о чём свидетельствует множество ещё сохранившихся здесь экземпляров «Победы».

Говоря о цене этого автомобиля, следует отметить, что её формирование отражало политику автомобильного транспорта Союза ССР, где абсолютный приоритет был отдан транспорту общего пользования. Здесь ярким примером могут являться цены, например, автомобиля «Волга» ГАЗ-24. Так в 1983 г., при нормативе чистой продукции  $\text{₽ } 730/\text{ед.}$ , цена автомобиля для оптовых, например, таксомоторных перевозчиков

составляла  $\text{₽ } 2\,880/\text{ед.}$ , а для индивидуальных пользователей —  $\text{₽ } 11\,200/\text{ед.}$  [13].

Сегодня приоритет в развитии общественного транспорта отдан его интенсивной интеграции в интеллектуальные транспортные системы. Их безальтернативной перспективой является трансформация ПС в высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС), где и ГАЗ (рис. 6), и многие др. автопроизводители ведут активную разработку такого ПС и, соответственно, формируют в современном обществе процесс развития его мобильности как услуги (англ. *Mobility-as-a-Service* — *MaaS*).

Концепция *MaaS*, согласно докладу Всемирной организации интеллектуальной собственности [14], — это 4-й тип мобильности общества, что означает объединение передвижений на разных видах транспорта в единую, доступную по запросу услугу (англ. *Service*), где доминируют компании *Uber* и *Lyft* в США, *Ola Cabs* в Индии, *Grab* в Сингапуре, *DIDI Chuxing* в Китае. Особенность бизнес-модели *MaaS* — сокращение в транспортной отрасли объёмов частного владения ПС, т.к. происходит переход к системе пользования автопарком, т.е. извлечение прибыли на основе его общего пробега, а не посредством числа проданного ПС. Потребитель услуги здесь покупает доступ к перевозкам, а не ПС, где лидером в такой «системе пользования автопарком», как отмечает бывший руководитель *Chrysler* и основатель консалтинговой компании *Automobility* [15], может стать Китай из-за отсутствия у населения этой страны глубоко укоренившихся привычек владения ПС.



Рис. 6. ВАТС, разработанные ГАЗ

Однако именно Россия сегодня имеет максимальный индекс проникновения цифровых услуг — это 43%, что больше, чем в среднем в мире, и больше, чем в США (33%). Россия пока отстаёт в телекоммуникационной и финансовой сферах, являющихся лидером кардинальных перемен по конкурентоспособности в цифровой среде. Здесь, согласно анализу экспертов *Ernst & Young*, первых три места занимают США, Сингапур и Швеция. России принадлежит 40-е место, однако и Китай расположен лишь на 30-м месте.

В соответствии с чем, например, компания «Русские автобусы — Группа ГАЗ», имея огромный опыт в сфере науки и практики организации эксплуатации парков ПС, активно проводит на общественном АТ

свою «личную» техническую политику — формирование контрактов ЖЦ (КЖЦ). Здесь образцом являются контракты с государственным унитарным предприятием (ГУП) «Мосгортранс», например, по обеспечению в течение 30 лет технической исправности автобусов марки ЛиАЗ в 17-м парке г. Москвы, а также долгосрочный (на 15 лет) КЖЦ для электробусов [16], поступление которых в парк ГУП запланировано в объеме 300 ед./год [17]. Перспектива такой организации работ в ЖЦ на этапе эксплуатации ПС очевидна. Например, здесь стоимость содержания единицы ПС в работоспособном состоянии на 1 км пробега снизилась на 20,8% и составила  $\text{Р } 36,8/\text{км}$  [18].

Аналогичную эффективную организацию работ, но с парком индивидуального транспорта, демонстрирует сегодня и американская компания технического сервиса *Yourmechanic* — флагман цифровой экономики АТ. Сервис *Yourmechanic* работает в отрасли с 2011 г. и своим пользователям обеспечивает существенное снижение расходов: 50% по сравнению с услугами официальных автодилеров и 25%, если сравнивать с частными компаниями. Его основополагающие принципы [19, 20, 21]:

- ориентация на персональные заказы потребителей, что соответствует главному требованию цифровой экономики Индустрии 4.0 (англ. *Industry 4.0*), а также обеспечивает этому сервису 80% доходов;

- ориентация на аналогичную, т.е. персональную работу, но с парками ПС, что, как подчёркивает Генеральный директор Энтони Роджо (англ. *Anthony Rodio*), обеспечило компании, например, в 2019 г. рост на 100% её ежеквартальных доходов.

Рассматривая историю создания и эксплуатации автомобиля «Победа», необходимо отметить, что ГАЗ обязательно учитывал требования своих зарубежных клиентов (это альтернативная основа любой экспортной деятельности) и осуществлял поставку заказчикам необходимых им автомобилей. Тогда это были в основном государства социалистического лагеря, а также, например, Финляндия и Австрия.

Так, по требованиям потребителей Китайской Народной Республики завод формировал им парк из автомобилей «Победа» лишь тёмно-серого или синего цвета. В этих автомобилях присутствовала, соответствующая их цвету, обивка салона кузова и облицовка приборной панели, рулевое колесо (обязательно из пластмассы синего цвета). Интересен тот факт, что кузов автомобиля «Победа» никогда не окрашивался полностью в черный цвет. Но, например, по индивидуальной просьбе всенародной любимицы певицы Шульженко К. И., её автомобиль имел такой, согласованный с потребителем, цвет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

28.07.2017 г. Правительство Российской Федерации (РФ) утвердило Программу № 1632-р «Цифровая экономика РФ», что отвечает европейской тенденции развития государств. Программа, согласно Указу Президента РФ № 203 «О стратегии развития информационного общества в РФ на 2017–2030 годы» от 09.05.2017 г., нацеливает трансформацию промышленной экономики России в постиндустриальную, где

её основу призван составлять сектор услуг или терциарный (англ. *tertiary*), т.е. третичный сектор в мировой истории развития экономики.

Общим в реализации любой концепцией хозяйствования является фиксация уже достигнутого уровня развития и его существенное повышение путём оптимального выбора приоритетных направлений и, соответственно, осознанного всеми субъектами хозяйственных систем, продвижение «шаг за шагом» к наметленным показателям, где знания истории составляют профессиональную основу такой деятельности.

Обоснованием здесь является теория организации биосистем [22], согласно которой каждый элемент в живом организме взаимодействует друг с другом и окружающей средой, выполняя функции по поддержанию своей оптимальной жизнеспособности и организма в целом. Анализ природы этого взаимодействия позволил учёным сделать открытие: «Система работает тем лучше, чем больше информирован каждый элемент о других элементах системы, её подсистемах и окружении». Этот принцип проявляется в каждой живой клетке, а также в микро- и макромире. Полная информированность, как отмечает проф. Баранников А. Ф. [1], обеспечивает высшую организованность или гармонию отношений, низкая — разноречивой, а отсутствие информации вызывает в любых системах хаос.

## ВЫВОДЫ

Практика системной инженерии — это её действенное средство понимания сути и значимости этого безальтернативного в современном предпринимательском обществе инструмента создания СОТС для их эффективного функционирования на протяжении всего ЖЦ. Здесь наглядным примером является отечественное автостроение, в котором особое место занимает конструкция легендарного автомобиля «Победа». Её 75-летний юбилей начала серийного производства на Горьковском автозаводе им. Молотова В. М. в первый, тяжелейший для Союза ССР, послевоенный год, призван сегодня стать примером для Донбасса, который также нуждается в системотехническом подходе решения задач государственной важности.

## Список литературы

1. Баранников, А. Ф. Теория организации: Учебник для вузов [Текст] / А. Ф. Баранников — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. — 700 с.
2. Семенов, А. И. Логистика. Основы теории: Учебник для вузов. [Текст] / А. И. Семенов, В. И. Сергеев — СПб.: Издательство «Союз», 2001. — 544 с.
3. Говорущенко, Н. Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко // В двух частях. Часть 1. — Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. — 255 с.
4. Гуд, Г. Х. Системотехника: введение в проектирование больших систем [Текст] / Г. Х. Гуд, Р. Е. Макол. — М.: Сов. радио. 1962. — 384 с.
5. Николаев, В. И. Системотехника: методы и приложения [Текст] / В. И. Николаев, В. М. Брук — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние., 1985. — 199 с.



6. Системная инженерия и цифровые технологии на транспорте (цифровая трансформация) [Текст]: учебное пособие / А. Г. Некрасов [и др.]. — М.: Технополиграфцентр, 2019. — 155 с.
7. Некрасов, А. Г. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру): учебно-методическое пособие [Текст] / А. Г. Некрасов, Б. В. Соколов, К. И. Атаев — М.: Технополиграфцентр, 2017. — 155 с.
8. Юсупов, Р. М. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов [Электронный ресурс] / Р. М. Юсупов, Б. В. Соколов, А. И. Птушкин, А. В. Иконникова, С. А. Потрясаев, Е. Г. Цивирко // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 16. С. 37-109. Режим доступа: <http://proceedings.spiras.nw.ru/ojs/index.php/sp/article/view/1532/0>.
9. Горохов, В. Г. Методологический анализ системотехники [Электронный ресурс] / В. Г. Горохов — М.: Радио и связь, 1982. — 92 с. — Режим доступа: [http://gtmarket.ru/files/book/Methodological\\_Analysis\\_System\\_Engineering.pdf](http://gtmarket.ru/files/book/Methodological_Analysis_System_Engineering.pdf) (дата обращения: 18.12.2016).
10. Иванько, А. Ф., Иванько, М. А. Системная инженерия [Электронный ресурс] / А. Ф. Иванько, М. А. Иванько // Московский политех. — Режим доступа: <https://lms.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=1048> Загл. с экрана.
11. Падерин, И. В. Победа и другие события [Текст] / И. В. Падерин, Д. С. Орлов — М.: Горькийклассик, 2015. — 456 с.
12. Куняев, Н. А. Легковой автомобиль «Победа» М-20. — Л.: Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949. — 130 с.
13. Прейскурант №21-01 «Оптовые цены на автомобили, автобусы, троллейбусы, прицепы» Книга 1 — Общие указания — М.: Прейскурантиздат, 1981. — 287 с.
14. География инноваций: локальные центры, глобальные сети // Доклад о положении в области интеллектуальной собственности в мире за 2019 год. Всемирная организация интеллектуальной собственности 34, chemin des Colombettes, P.O. Box 18 CH-1211 Geneva 20, Switzerland [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://books.google.com.ua/books?id=PKnmDwAAQBAJ-&pg=PA77&lpg=PA77&dq=%D0%A7%D1%82%D0%BE+%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5+%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B8+%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B8&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwj09-v18LPqAhX6xMQBHWDPDgU4ChDoATAAegQIChAB#v=onepage&q=%D0%A7%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%BB%D0%B8&f=false](https://books.google.com.ua/books?id=PKnmDwAAQBAJ-&pg=PA77&lpg=PA77&dq=%D0%A7%D1%82%D0%BE+%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5+%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B8+%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B8&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwj09-v18LPqAhX6xMQBHWDPDgU4ChDoATAAegQIChAB#v=onepage&q=%D0%A7%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%BB%D0%B8&f=false) Загл. с экрана.
15. Разметка пути для китайских беспилотных автомобилей [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://vc.ru/transport/59414-razmetka-puti-dlya-kitayskih-bespilotnyh-avtomobiley> Загл. с экрана.
16. М2М: подключенные автомобили и их потенциал для бизнеса 29 октября 2014 Jon Evans, Мобильность [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/mobilnost/m2m-podklyuchennye-avtomobili-i-ih-potencial-dlya-biznesa> Загл. с экрана.
17. Кузьмина, В. Штрихи урбанизации [Текст] / В. Кузьмина, А. Мокина, С. Носов // Автомобильный транспорт. — 2017. — № 12. — С. 6-18.
18. Ушаков, Д. В. Обзор применения модели контракта жизненного цикла автобусов в городе Москве [Текст] / Д. В. Ушаков, В. А. Максимов, А. А. Солнцев // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта, сб. научн. тр. / МАДИ. — М.: Технополиграфцентр, 2020. — С. 64-67.
19. Тотальная уберизация: как это работает. 1 Декабря 2016 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://spark.ru/startup/wehive/blog/18798/totalnaya-uberizatsiya-kak-eto-rabotaet> Загл. с экрана.
20. YourMechanic. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/YourMechanic> Загл. с экрана
21. Версаль, Дейв (2 сентября 2019). «Генеральный директор YourMechanic: «Самая тяжелая работа», но она того стоит» // Автомобильные новости (журнал). [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.autonews.com/executives/yourmechanic-ceo-hardest-job-worth-it> Загл. с экрана.
22. Саркисов, Д. С. Очерки по структурным основам гомеостата [Текст] / Д. С. Саркисов — М.: Медицина, 1977. — 351 с.



# ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНОЙ САМОХОДНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ ПО МОНОРЕЛЬСАМ БЕЗ ПЕРЕГРУЗОК

А. К. Пильненко<sup>а</sup> к.т.н.; В. М. Даценко<sup>б</sup> к.т.н., А. Г. Водолажченко<sup>б</sup> ст. преподаватель

<sup>а</sup> ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк

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

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос повышения производительности погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских операций путем применения подвесной самоходной тележки для перемещения штучных грузов по монорельсам. Анализ литературных источников показал, что положения расчета основных параметров подвесных монорельсовых дорог не содержат полных сведений об условиях эксплуатации, возникающих во время движения по вертикальным монорельсам. Установленные зависимости сопротивления перемещению загруженной тележки при наклонном расположении монорельса показали, что на величину сопротивления движению наибольшее влияние оказывает угол наклона монорельса. Для уменьшения деформации приводного ролика следует увеличивать твердость материала, т.е. довести модуль упругости материала до величины, равной 0,08-0,09 МПа. Спроектированная самоходная подвесная тележка предназначена для перемещения различных грузов внутри зданий машиностроительных производств и предприятий строительной индустрии. Тележка может перемещать грузы и между отдельными зданиями. Подвесная тележка имеет возможность перемещать штучный груз по горизонтальным и вертикальным монорельсам без перегрузок.

**Ключевые слова:** подвесная тележка, грузоподъемность, приводной ролик, сопротивление перемещению, монорельс.



Пильненко Антон  
Константинович



Даценко  
Виталий Михайлович



Водолажченко  
Александр Григорьевич

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На предприятиях различных отраслей промышленности практически все основные технологические процессы механизированы и в значительной мере автоматизированы. Однако целый ряд операций, связанных с перемещением грузов, механизирован все еще недостаточно, и на этих работах в промышленности занято большое число рабочих. В связи с этим механизация погрузочно-разгрузочных и транспортных работ является существенным резервом для повышения производительности труда [7, 12, 13].

Механизация работ при перемещении грузов дает возможность не только освободить значительную часть рабочих от тяжелого физического труда и направить их на выполнение технологических операций с целью увеличения выпуска продукции, но также уменьшить потери, связанные с простоем грузов, сырья или товаров.

С целью механизации погрузочно-разгрузочных работ при перевозках грузов на предприятиях машиностроения применяются самопогрузчики различных типов и другие виды специализированного подвижного состава, авто- и электропогрузчики и штабелеры различных типов, внедряются новые средства механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Большое внимание уделяется обеспечению быстрой, качественной и своевременной доставки груза, сырья или товаров между структурными подразделениями предприятия. Кроме этого, при доставке этих грузов между этажами, возникает ряд трудностей,

связанных с необходимостью быстрой и качественной доставки в поточном производстве [8,14–18].

В связи с этим объясним интерес к созданию новых, нетрадиционных средств перемещения грузов, например, подвесных самоходных тележек, которые, не используя площадь помещений, могут связать различные технологические процессы в единое целое.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

На предприятиях машиностроения основным видом транспорта для перемещения основных или вспомогательных грузов является конвейеры, а по вертикали — лифты, что неизбежно связано с перегрузкой груза и применением многоступенчатой технологии перемещения. Особенно усложняется работа при наличии разветвлений и искривлений траектории перемещения груза. В то же время опыт эксплуатации подвесных монорельсовых дорог подтверждает возможность создания безперегрузочной технологии транспортирования, что позволяет снизить затраты и улучшить работу предприятия [1,3,10,11].

Таким образом, важное хозяйственное значение для предприятия состоит в создании подвесных самоходных тележек с оптимальными параметрами.

Проблемы создания подвесных монорельсовых дорог нашли широкое отражение в работах ученых: А. М. Бабичкова, Л. А. Вуколова, А. Л. Голубенко, В. С. Звиадаури, В. Г. Иноземцева, И. П. Исаева, В. М. Казаринова, А. И. Костюкевича и др.

Несмотря на большой объем исследований в области создания и повышения эффективности работы подвесных дорог, их преимущества не реализованы в полной мере и широкое применение на предприятиях машиностроения и в строительной отрасли пока не представляется возможным. Положения расчета основных параметров подвесных монорельсовых дорог, приведенные в литературе, не содержат полных сведений об условиях эксплуатации, возникающих во время движения по вертикальным монорельсам. Необходима разработка новых подходов и технических решений, удовлетворяющих современным требованиям к монорельсовому транспорту для предприятий машиностроения и строительной отрасли [2,4–6,9].

### **ЦЕЛЬ СТАТЬИ**

Развитие научных основ создания подвесных самоходных тележек с рациональными параметрами работы для перемещения штучных и затаренных грузов по горизонтальным и вертикальным монорельсам без перегрузок.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Во время движения подвесной самоходной тележки по монорельсовой дороге происходят динамические процессы, связанные с реализацией тягового усилия, появлением упругих сил, трения, инерции. От конструкции подвесной самоходной тележки зависит эффективность и безопасность работы.

За последнее время в теории рельсового транспорта сложилось несколько направлений, основанных на

использовании аналитических методов исследований и математического моделирования.

Конструкция подвесных монорельсовых дорог и условия эксплуатации имеют ряд особенностей: движение происходит по одному рельсу (монорельсу); монорельсовый путь состоит из соединенных отрезков (секций), которые подвешиваются в местах соединений; монорельс изготавливается из двутаврового профиля; тележка перемещается по наклонным поверхностям нижних полок двутавра; центр тяжести подвижной конструкции тележки состава всегда находится ниже его опорных точек; ходовые колеса тележек не имеют реборд; тяговое усилие тележки не зависит от сцепной силы тяжести, а определяется силой принудительного прижатия приводных колес; колесная колея определяется толщиной вертикальной стенки монорельса, а также шириной, углом наклона и радиусами закруглений его нижних полок.

Проектируемая самоходная подвесная тележка (рис. 1) состоит из каретки 1, собираемой из двух боковин. Боковины свариваются между собой при помощи накладок. Расстояние между боковинами определяется габаритами привода. Каретка опирается на четыре ходовых ролика 4, которые передвигаются по нижнему поясу монорельса 3. В качестве монорельса можно использовать двутавры необходимого профиля, которые подвешиваются к потолку или стойкам. Монорельс включает линейные секции, из которых собираются горизонтальные или наклонно-вертикальные участки и переходные криволинейные секции, радиус которых определяется жесткой базой тележки.

Между боковинами тележки установлен привод, состоящий из электродвигателя, колодочного тормоза, червячного редуктора, цепной передачи. Движение от привода передается на приводной ролик 2, который с целью улучшения сцепления с монорельсом, футеруется резиной и поджимается к монорельсу пружиной. Приводной ролик установлен в специальных пазах в боковинах каретки и может перемещаться в них в зависимости от направления давления пружины и реакции от усилий, возникающих на наклонных и криволинейных участках.

В нижней части каретки на шарнире 5 подвешивается грузозахватное приспособление 5, тип которого зависит от перемещаемого груза (платформа, люлька, крюк, вилы и т.д.).

Положение грузозахватного приспособления независимо от угла наклона монорельса всегда будет находиться в горизонтальном положении, что удобно и для погрузочно-разгрузочных работ.

Питание на электродвигатель передается или по кабелю, который подвешивается параллельно монорельсу, или по шинам. Возможны варианты укладки кабеля на специальный желоб или использование кабеленамоточного устройства.

При отсутствии напряжения в сети и нахождения тележки на наклонном или вертикальном участке самопроизвольного ее движения вниз наблюдаться не будет, так как за счет момента, создаваемого грузом, ходовые ролики на монорельсе будут заклиниваться. Кроме этого в приводе предусмотрен колодочный тормоз.

Для создания силы тяги монорельсовыми тележками обычно применяют один из трех способов

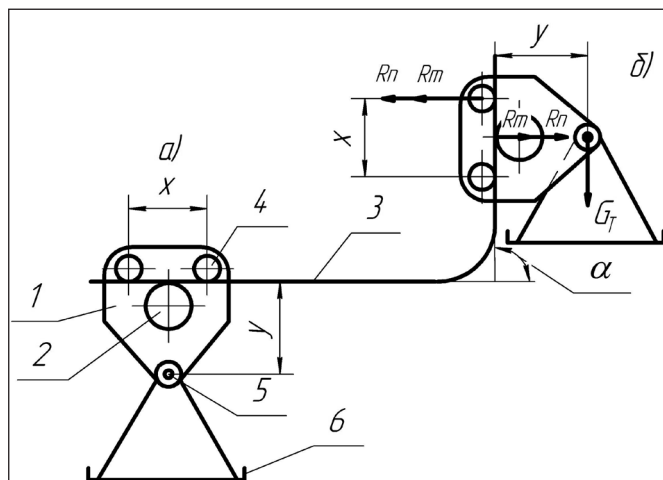


Рис. 1. Расчетная схема самоходной подвесной тележки: 1 – каретка тележки, 2 – приводное колесо, 3 – монорельс, 4 – опорные колеса, 5 – шарнир, соединяющий каретку с грузовой люлькой, 6 – грузовая люлька  
(а – движение по горизонтальному участку, б – движение по наклонному участку под углом  $\alpha$ )

прижатия их приводных роликов к монорельсу: силой тяжести тележки и груза; пружинами или другими упругими элементами; механизмами, автоматически регулирующими давление приводных колес на монорельс в зависимости от сопротивления тележки и необходимого усилия.

Разработанная конструкция тележки основана на двух последних способах прижатия подвесного приводного ролика к монорельсу. При движении по горизонтальным участкам пути использованы упругие свойства резинового обода приводного ролика, который при движении тележки в результате начального сжатия пружины деформируется до получения необходимого упругого давления  $R_n$  на монорельс. При движении тележки по наклонному участку пути силу прижатия приводного ролика к монорельсу увеличивает сам механизм.

Принцип действия механизма, обеспечивающего прижатие силой приводного колеса к рельсу, основан на том, что тележка смонтирована на каретке, на которой установлен приводной ролик, прижимаемый к монорельсовому пути снизу, а под ним на каретке установлены опорные колеса, нижняя часть каретки в ее плоскости симметрии соединена горизонтальным шарниром с грузовой люлькой. При движении тележки по наклонному участку монорельсового пути сила тяжести люльки с грузом и сила тяжести каретки создают опрокидывающий момент, действующий на опорные колеса и приводной ролик. Следовательно, на наклонном участке монорельсового пути сила прижатия  $R_n$  от упругой деформации резинового обода складывается с силой  $R_m$ , в результате чего создается давление на приводной ролик, что и обеспечивает движение тележки с грузом под любым углом вплоть до вертикального.

Управление тележкой возможно непосредственно оператором или в автоматическом режиме с дистанционным управлением и адресованием. Питающий кабель подвешивается на трос. Движение тележки реверсивное.

В зависимости от угла наклона монорельса сила прижатия приводного ролика к монорельсу изменяется. Деформация футеровки приводного ролика по мере увеличения угла наклона будет увеличиваться.

Сопротивление перемещения загруженной тележки при горизонтальном расположении монорельса с учетом уклона пути определяется по формуле:

$$W = \frac{Q + G_T}{D_{кр}} (2\mu + fd) k_1 + (Q + G_T) \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

где  $D_{кр}$  – диаметр ходовых роликов;  
 $Q$  – грузоподъемность тележки;  
 $G_T$  – собственная масса тележки;  
 $\mu$  – коэффициент трения качения (плечо реактивной силы);  
 $f$  – коэффициент трения качения подшипников;  
 $k_1$  – коэффициент, учитывающий потери от приводного ролика;  
 $\beta$  – допустимый угол наклона монорельса.  
Необходимое усилие прижатия приводного ролика.

$$R_n = \frac{W}{f_1}, \quad (2)$$

где  $f_1$  – коэффициент, учитывающий сцепление обрезаемого ролика.

При движении тележки по наклонному монорельсу силу прижатия приводного ролика к монорельсу увеличивает сама тележка на величину  $R_m$  за счет конструкции тележки, т.е. шарнирной подвески грузонесущего органа.

$$R_m = \frac{\alpha \cdot \psi \cdot (Q + G_T) \cdot y \cdot \sin \alpha}{x}, \quad (3)$$

где  $\psi$  – коэффициент приведения силы тяжести тележки к подвеске груза;  
 $\alpha$  – угол наклона монорельса;

Величины  $x$  и  $y$  принимаем конструктивно:  
 $x = 550$  мм – расстояние между ходовыми роликами;  
 $y = 710$  мм – расстояние между линией контакта приводного ролика и шарниром подвески грузонесущего органа.

График зависимости силы прижатия приводного ролика  $R_m$  от угла наклона монорельса ( $\alpha = 5^\circ \dots 90^\circ$ ) представлен на рисунке 2.

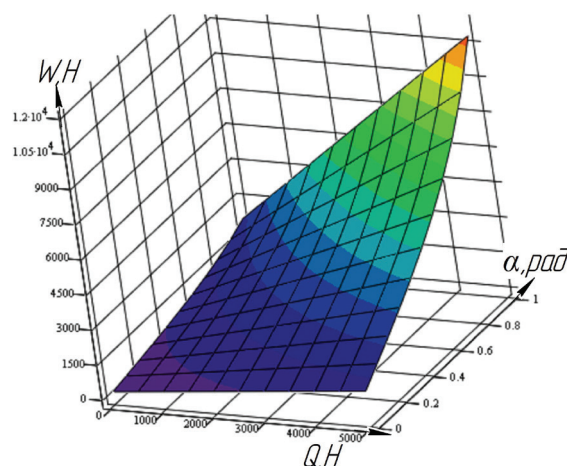


Рис. 2. Сопротивление перемещения загруженной тележки при наклонном расположении монорельса



Для обеспечения отсутствия пробуксовки приводного ролика в период движения тележки по наклонному монорельсу сила сцепления должна быть не меньше суммы сопротивления движения:

$$F\varphi = (Rn + Rm) \geq W_n, \quad (4)$$

Для создания надежного сцепления принимаем запас сцепления  $K_{сц} = 1,2$ . Тогда  $F\varphi = 1,2W_n$ , где  $F\varphi = Rn + Rm$  – сцепной вес;  $\varphi$  – коэффициент сцепления резинового обода приводного ролика с монорельсом. Значения  $F\varphi$  показаны на рис. 3. Условия надежного сцепления соблюдаются  $F\varphi \geq W_n$ .

Общее усилие сопротивления передвижению  $W_{нобц}$  определяется по формуле:

$$W_n = \frac{Q + G_T}{D_{кр}} (2\mu + fd) + \frac{R_n + R_m}{D_{п.р.}} + (2\mu + fd) + (Q + G_T) \sin \alpha, \quad (5)$$

где  $D_{п.р.}$  – диаметр приводного ролика;  
 $d$  – диаметр вала приводного ролика.

Условие для нормальной работы подвесной тележки при различных углах наклона монорельса выполнено, поэтому тележку можно рекомендовать к применению на различных углах наклона, вплоть до вертикального. Пробуксовки приводного ролика не наблюдается.

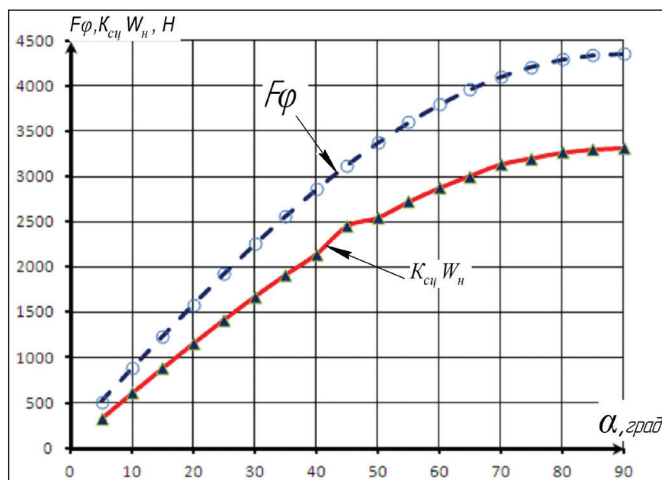


Рис. 3. График зависимости тягового усилия и сопротивления движению от угла наклона монорельса

Мощность электродвигателя определяется для наибольшего общего усилия сопротивления передвижению  $W_n$ , что характерно для монорельса, установленного под  $\alpha < 90^\circ$ , при грузоподъемности 200 кг.

$$N = K \frac{W_n v}{102 \cdot \eta_{пр}}, \quad (6)$$

где  $K$  – коэффициент запаса мощности;  
 $\eta_{пр}$  – КПД всего привода;  
 $v$  – скорость движения тележки.

Была рассчитана и проанализирована зависимость мощности двигателя от грузоподъемности. По результатам расчета был построен график зависимости мощности электродвигателя от грузоподъемности (рис. 4).

Зависимость деформации  $\Delta H(F)$  резинового обода приводного колеса в зависимости от усилия прижатия ( $F$ ), при которой оно воздействует на монорельс с усилием  $F = \varphi(R_m + R_n)$ :

$$\Delta H(F) = H \sqrt[3]{\frac{32 F^2}{9 H r E^2 B^2 K_k}}, \quad (7)$$

где  $r$  – наружный радиус резинового обода, м;  
 $H = 0,02$  м,  $B = 0,065$  м – толщина и ширина резинового обода колеса;  
 $K_k$  – коэффициент, зависящий от размеров и конструкции колеса;  
 $E$  – модуль упругости резины обода, МПа.

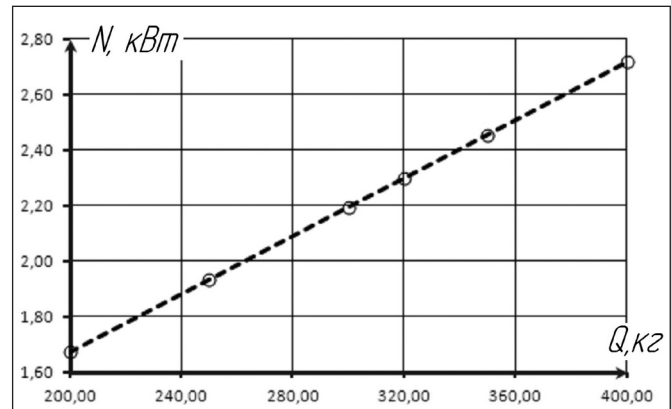


Рис. 4. График зависимости мощности от грузоподъемности

График деформации резинового обода приводного колеса в зависимости от усилия прижатия (рис. 5).

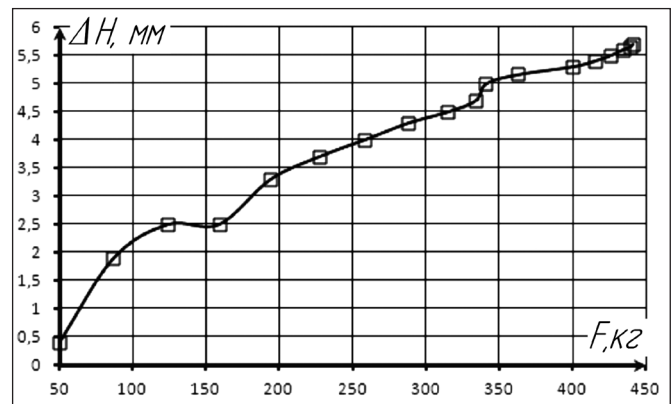
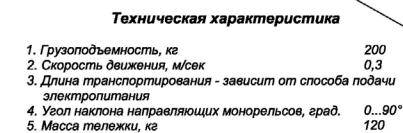


Рис. 5. График деформации резинового обода приводного колеса в зависимости от усилия прижатия

Анализируя величину деформации резинового обода приводного колеса, можно сделать вывод, что для уменьшения деформации следует принимать более твердую резину или резину, армированную стальными канатиками, т.е. следует довести модуль упругости до величины, равной 0,08-0,09 МПа.

Спроектированная подвесная самоходная тележка (рис. 6) для перемещения штучных грузов по монорельсам имеет следующую техническую характеристику: грузоподъемность 200...500 кг; скорость движения 0,3...0,4 м/с; угол наклона направляющих монорельсов

(рис. 6) состоит из тележки 1, устройства грузонесущего 2, монорельса линейного 3 и переходного 4. Конструкция привода состоит из электродвигателя, редуктора, колодочного тормоза и цепной передачи на приводной ролик.



## ВЫВОДЫ

3. Спроектированная самоходная подвесная тележка предназначена для перемещения различных грузов внутри зданий машиностроительных производств и предприятий строительной индустрии. Тележка может перемещать грузы и между отдельными зданиями. Подвесная тележка имеет возможность перемещать штучный груз по горизонтальным и вертикальным монорельсам без перегрузок.

1. Бацанов, А. Ф. Самоходные погрузчики. [Текст] / А. Ф. Бацанов, Г. В. Забеганов – М.: Машиностроение, 1979 г. 146 с.
2. Вербицкий, В. Г. Моделирование динамического поведения монорельсовой тележки [Текст] / В. Г. Вербицкий, Л. Г. Лобас // Прикладное моделирование. – 2000. – Т. 18. – С. 119–130.
3. Вершинина, Н. В. Внедрение монорельса в транспортно-логистическую структуру региона [Текст] / Н. В. Вершинина, М. Б. Трапезников // Транспорт Урала. – 2014. – 1(40). – С. 3–7.
4. Гутаревич, В. О. Динамическая нагруженность монорельсовых тележек и подвесного пути [Текст] / В. О. Гутаревич // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 4 – С. 85–88.

5. Денищенко, А. В. Определение коэффициентов сопротивления движению подвижного состава и каната напочвенной дороги [Текст] / А. В. Денищенко // Науковий вісник НГУ. — 2007. — № 4. — С. 65–72.
6. Иванченко, И. И. Метод подконструкций в задачах динамики скоростной монорельсовой дороги [Текст] / И. И. Иванченко // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. — 2008. — № 6. — С. 101–117.
7. Иванченко, Ф. К. Подъемно-транспортные машины: Учебник для студ. Техн. Вузов. [Текст] / Ф. К. Иванченко — К.: Высшая школа, 1993. — 443 с.
8. Лысяков, А. Г. Вспомогательные оборудования для перемещения грузов. [Текст] / А. Г. Лысяков — М.: Машиностроение, 1989г. 255 с.
9. Никонов, И. Л. Монорельсовая тележка для перемещения грузов по пространственной трассе. [Текст] / И. Л. Никонов // М.: Промышленный транспорт 1986 г.— № 9. — С. 20 – 21.
10. Пат. RU 187 244 U1 Российская Федерация, МПК В61В 3/02 ; В61В 13/04. Ходовая тележка надземной монорельсовой транспортной системы [Текст] / Мелюк Е. Г., Ярицын В. В. ; патентообладатель ООО «Русское техническое общество». — № 2018141079 ; заявл. 22.11.2018 ; опубл. 26.02.2019, Бюл. № 6. — 8 с.
11. Besa, B. Numerical Modelling of Monorail Support Requirements in Decline Development [Text] / B. Besa, M. Kuruppu, E. K. Chanda // Mine Planning & Equipment Selection (MPES 2010)', The AusIMM, 1–3 December 2010, Fremantle, Western Australia, 2010. — Fremantle, 2010. — P. 209–224.
12. Chanda, E. K. A computer simulation model of a monorail based mining system for decline development [Text] / E. K. Chanda, B. Besa // International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Taylor & Francis Publishers. — 2011. — Vol. 25, Iss. 1. — P. 52–68.
13. Gutarevych, V. A Mathematical Model Study of Suspended Monorail [Text] / V. A Gutarevych // Transport Problems. — 2012. — Vol. 7, Iss. 3. — P. 61–66.
14. Gutarevych, V. O. Mathematical Modeling of End Carriage Motion on the Overhead Monorail [Text] / V. O. Gutarevych // Metallurgical and Mining Industry. — 2014. — No. 5. — P. 52–56.
15. Liu Xi. Study on the Application and Development of Monorail Transit System [Text] / Liu Xi, Sun Huan, Liu Fang-gang // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). — 2014. Vol. 3 Iss. 5. P. 213-216. ISSN: 2278-0181.
16. Naeimi, M. Dynamic interaction of the monorail–bridge system using a combined finite element multibody-based model [Text] / M. Naeimi [et al.] // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K : Journal of Multi-body Dynamics — 2015. — Vol. 229. — P. 132–151.
17. Popp, K. Ground Vehicle Dynamics [Text] / K. Popp, W. Schiehlen. — Berlin : Springer-Verlag, 2010. — 366 p.
18. Pros and cons of electrified monorails, an effective and high-speed transport system for goods [Electronic resource] / Mecalux, S.A. — 2018. — URL: <https://www.mecalux.com/logistics-items/electrified-monorails-pros-cons> (date of treatment: 30.03.2021).



## ПЕРВЫЙ В ИСТОРИИ ДОНБАССА И РЕГИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ШКОЛЫ ГОУ ВПО «ДОННАСА» ВЫПУСК БАКАЛАВРОВ-ГРАДОСТРОИТЕЛЕЙ



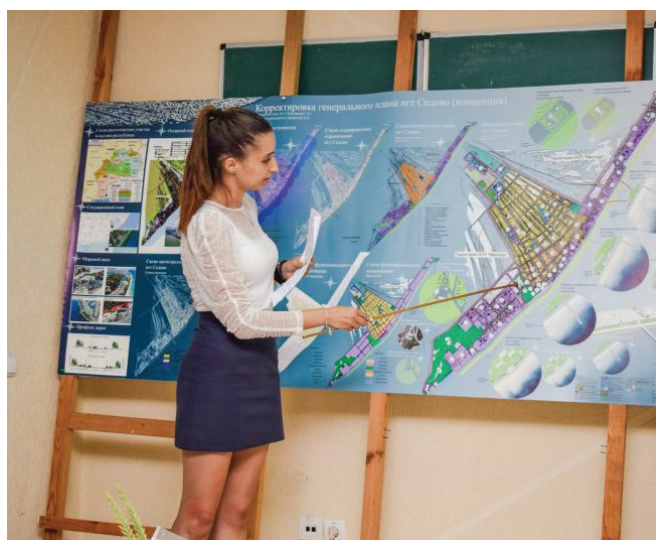
На архитектурном факультете ГОУ ВПО «ДОННАСА» 14-15 июня состоялась защита выпускных квалификационных работ бакалавров по специальности 07.03.04 «Градостроительство».

Это поистине знаменательное историческое событие в истории Донбасса и Донецкого региона — состоялся первый выпуск специалистов градостроительного профиля в региональной архитектурной школе.

Выпускные работы были подготовлены на актуальные для Республики темы, в том числе:



«Корректировка генерального плана  
центральной части г. Снежного»  
(студ. Егор Захаров,  
рук. — ст. преподаватель Д. М. Навроцкий);



«Корректировка генерального плана  
пгт Седово»  
(студ. Элина Бондаренко,  
рук. — канд. архит., доц. Д. А. Джерелей);





«Концепция архитектурно-градостроительной и ландшафтной организации лагеря патриотического воспитания молодежи»  
(студ. Станислав Петюкин,  
рук. — ассист. Л. М. Михайлова);



«Концепция архитектурно-градостроительного развития центральной части города Иловейска»  
(студ. Евгений Одиночкин,  
рук. — ст. преподаватель  
Д. М. Навроцкий);



«Градостроительное обоснование размещения многофункционального культурно-зрелищного объекта в г. Донецке»  
(студ. Анастасия Соколовская,  
рук. — ст. преподаватель  
Д. М. Навроцкий);

Градостроительное обоснование размещения транспортно-пересадочного узла в восточной части г. Донецка»  
(студ. Наталья Фёдорова,  
рук. — ст. преподаватель  
Д. М. Навроцкий);

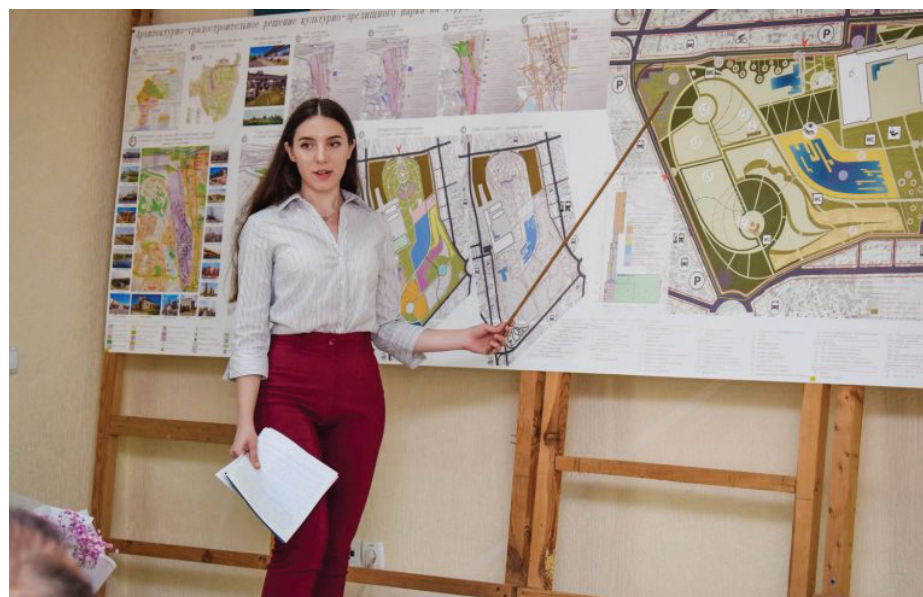
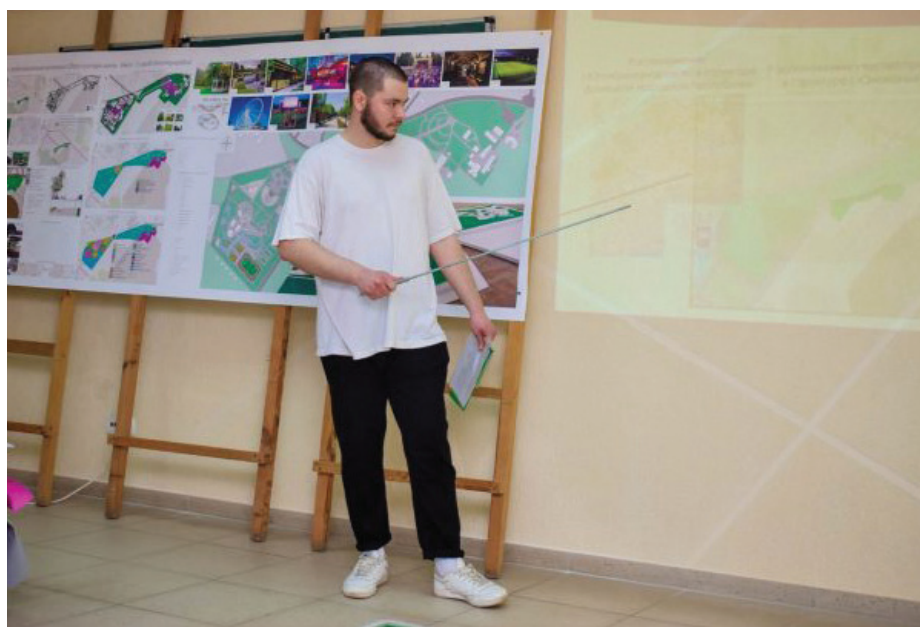






*«Архитектурно-градостроительная реинтеграция Дворца культуры им. С. М. Кирова в г. Макеевке»  
(студ. Евгений Воробьёв,  
рук. — докт. архит,  
проф. Е. А. Гайворонский);*

*«Архитектурно-градостроительная регенерация Дворца культуры шахты «Юнком» в г. Юнокоммунаровске»  
(студ. Илья Занченко,  
рук. — докт. архит,  
проф. Е. А. Гайворонский);*



*«Архитектурно-градостроительное решение культурно-образовательного парка на территории недействующего Макеевского металлургического завода»  
(студ. Юлия Гавриш,  
рук. — ст. преподаватель  
Д. М. Навроцкий);*



*«Архитектурно-градостроительная реконструкция исторических кварталов застройки центральной части г. Донецка» (студ. Александр Решетов, рук. — маг. архит., ассист. А. А. Григорьев);*



*«Архитектурно-градостроительная реновация промышленной группы предприятий в г. Донецке» (студ. Сергей Тарасов, рук. — канд. архит., доц. И. М. Лобов);*

*«Градостроительное формирование рекреационных зон Кировского района г. Донецка» (студ. Алексей Колесниченко, рук. — канд. архит., доц. И. М. Лобов).*



Государственная комиссия особо отметила качество и степень проработанности решений в дипломных работах уже бакалавров А. Соколовской, Ю. Гавриш, Н. Фёдоровой.

Огромную сердечную благодарность очень хочется выразить всем, кто причастен к подготовке и выпуску первых градостроителей-бакалавров в Донбассе:

– Ректорату ГОУ ВПО «ДОННАСА», который инициировал и курировал открытие образовательного направления «Градостроительство», и особо – Президенту Академии д.т.н., профессору Е. В. Горохову и ректору д.т.н., профессору Н. М. Зайченко;

– Министерству образования и науки Донецкой Народной Республики, одоббившему и поддерживавшему идею открытия образовательного направления «Градостроительство»;

– Министерству строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики в лице Министра С. С. Наумца и директора Департамента территориального развития Министерства, Почётного архитектора Республики Л. В. Семченкову;

– Коммунальному предприятию «Управление генерального плана города Донецка» и его директору В. С. Лозинскому;

– Деканату Архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА», который заботливо сопровождал обучение ребят на протяжении всего срока обучения, лично декану докт. архит., проф. Хафизулле Аминулловичу Бенаи и секретарю деканата Л. В. Глебовой.

Огромное значение для профессиональной подготовки ребят и выполнения проектов на всём протяжении их обучения имели лекции и консультации Дмитрия Михайловича Навроцкого – главного архитектора КП «Управление генплана г. Донецка» – потомственного архитектора, градостроителя и последователя известных донецких архитекторов Георгия Ивановича Навроцкого и Михаила Георгиевича Навроцкого.

С первого курса подготовку ребят курировала Дарья Александровна Джерелей, доцент кафедры градостроительства и архитектуры, воспитанница известного донецкого архитектора и градостроителя

Анатолия Ефимовича Емельянова, основателя КП «Управление генерального плана г. Донецка».

В подготовке градостроителей активно участвовали старшие преподаватели И. И. Ананян и Л. Н. Богак – выходцы из знаменитой градостроительной архитектурно-планировочной мастерской № 4 регионального проектного института «Донбассгражданпроект» им. Н. И. Травкина.

И, конечно, огромная заслуга, в том, что этот первый выпуск бакалавров-градостроителей успешно состоялся, принадлежит дружному и талантливому коллективу выпускающей кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура».

Замечательно выполнила свою важную и ответственную задачу – доброжелательно, но весьма тщательно и беспристрастно рассмотрела все дипломные работы Государственная аттестационная комиссия, в состав которой вошли:

– председатель – Лозинский В. С., директор КП «Управление генерального плана г. Донецка»;

– заместитель председателя – Гайворонский Е. А., доктор архитектуры, профессор и заведующий кафедрой градостроительства и ландшафтной архитектуры, Почётный архитектор Республики;

– члены комиссии:

Лобов И. М., кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «ДОННАСА»;

Джерелей Д. А., кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «ДОННАСА»;

Шамраевский В. В., доцент кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «ДОННАСА», Заслуженный архитектор Донецкой Народной Республики;

Ананян И. И., старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров ГОУ ВПО «ДОННАСА»;

Плотников Д. А., ассистент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «ДОННАСА»;

– секретарь комиссии – Борознов С. А., магистр архитектуры, ассистент кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «ДОННАСА».

Особое значение состоявшийся выпуск градостроителей имеет в преддверии ещё одного знаменательного события – в 2022 г. исполнится 50 лет ГОУ ВПО «ДОННАСА» и Архитектурному факультету – региональной архитектурной школе Донбасса.

Все ребята-выпускники решили продолжить обучение в магистратуре по направлению 07.04.04 «Градостроительство», в том числе бакалавры А. Соколовской и Ю. Гавриш – по новой актуальной для региона научной программе «Особенности реконструкции и реставрации архитектурного наследия Донецкой Народной Республики».





## **УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

**Планируемый к изданию 16-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 сентября 2021 г. по адресу:  
286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, дом 2,  
ГОУ ВПО «ДОННАСА». Электронная почта: [strdon@donnasa.ru](mailto:strdon@donnasa.ru)  
При подаче материалов придерживайтесь «Требований для авторов»  
с целью обеспечения наиболее быстрой публикации ваших статей.  
С уважением, редакционная коллегия**

# ПРЕДСТАВИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ ДНР ПОСЕТИЛИ ЗАЩИТЫ МАГИСТЕРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ В ДОННАСА



В Донбасской национальной академии строительства и архитектуры 17 июня 2021 года состоялись защиты магистерских диссертаций по программе «Техническая эксплуатация объектов жилищно-коммунального хозяйства».

Председатель ГАК Найманова Асият Аубекировна, кандидат технических наук, доцент, начальник службы разрешительных и правоустанавливающих документов КП «Компания «Вода Донбасса» пожелала ребятам удачной защиты своих работ, а также успешного дальнейшего трудоустройства по полученной специальности.

В этот день на защите присутствовали представители ГК «Донбассгаз», ГУП ДНР «Донавтодорпроект», отдела технической инвентаризации, учета и оценки недвижимого имущества Министерства юстиции, МУП АГД «СЕЗ Ворошиловского района города Донецка», МУП АГД «УК Ленинского района города Донецка», МУП АГД «УК Буденовского района города Донецка», ООО «АРК-96», заинтересованные в молодых специалистах.

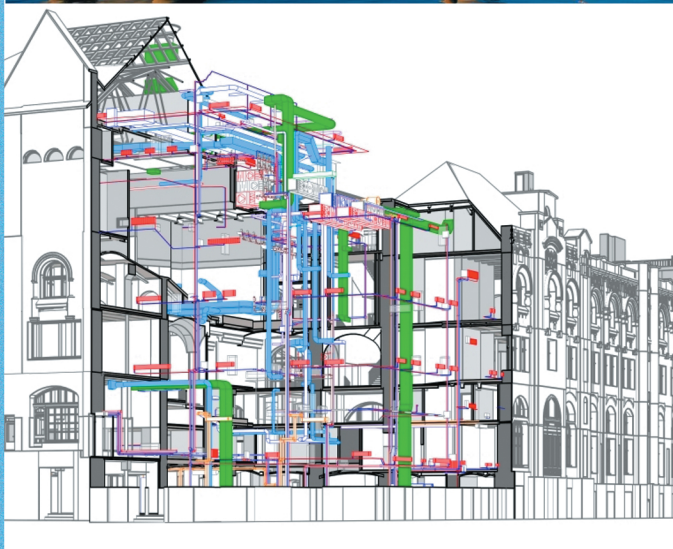
Представленные магистерские диссертации были посвящены таким очень важным и актуальным вопросам жизнедеятельности городов, как санитарная очистка и уборка городских

территорий, благоустройство и озеленение городских территорий, оптимизация городских транспортных сетей и использование территорий недействующих промышленных предприятий, расположенных в городской черте.

Члены Государственной аттестационной комиссии и все присутствующие отметили высокий уровень представленных к защите работ.







ГОУ ВПО «Донецкая национальная академия строительства и архитектуры»



ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 43-70-33



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