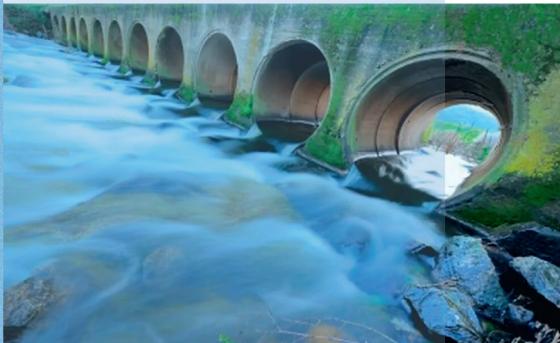




СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 1 (22) март 2023



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования
и науки ДНР

Губернатор Югры обсудила проекты молодёжной политики со студентами ДонНАСА



В конце 2022 года, во время встречи с победителями конкурса на получение гранта Губернатора автономного округа в направлении #Югра-Макеевка Губернатор Ханты-Мансийского автономного округа – Югры Наталья Комарова и представители молодежи Макеевки договорились об участии главы региона в медиапроекте ДонНАСА.

18 февраля текущего года, в рамках рабочего визита в Макеевку, губернатор Ханты-Мансийского автономного округа Югры приняла участие в записи молодёжного подкаста в студенческом медиацентре ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

В формате интервью студенты ВУЗа поинтересовались мнением Натальи Комаровой о проектах молодёжной политики, гражданских инициативах, сотрудничестве между Юграй и Макеевкой.

Студентов интересовали воспоминания губернатора Югры о студенческих годах, проведённых на Донбассе, распорядок дня и осознанность выбора профессии, сходство между макеевчанами и югорчанами.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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 27.03.2023

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

«Свободная цена»

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

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

Подписано в печать 29.03.2023. Формат 60 x 90^{1/8}.
Бум. мелов. Усл. печ. л. 5,70. Тираж 300 экз. Заказ № 3.

Отпечатано ФЛП Дмитриев С.Г. Свидетельство о государственной регистрации физического лица-предпринимателя № 04543
Серия АА03 от 02.04.2015 г.
86156, г. Макеевка, м-н Зеленый, 76/66.

№ 1(22),
Март 2023 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАУЧНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНО-
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ГОРОДСКИХ
ТЕРРИТОРИЙ ГРАЖДАНСКОГО И
ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Д.А. Джерелей

- ПЕРВЫЙ ВЫПУСК АРХИТЕКТОРОВ –
ГРАДОСТРОИТЕЛЕЙ БАКАЛАВРИАТА
В ГОУ ВПО «ДОННАСА» 4

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

А.В. Писаренко

- РОЛЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ГРУНТА
И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В РАЙОНАХ ПРОХОЖДЕНИЯ
НЕФТЕПРОВОДОВ 10

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ
СТОЧНЫХ ВОД**

В.В. Маркин, В.А. Маркин

- ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДООЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД
В БИОПРУДАХ 16

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ
ВЕНТИЛЯЦИИ**

*В.Н. Андрийчук, В.И. Соколов,
Н.Д. Андрийчук, Т.Е. Шевцова*

- УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ
СИСТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИХ
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 24

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И КОМПЛЕКСОВ**

Д.А. Зареченский, В.В. Воробьев, Н.А. Пестунова

- ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
СТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
СТРОИТЕЛЬНОЙ, ДОРОЖНОЙ И
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 29

Н.В. Савенков, Т.И. Савенкова, Е.А. Власенко

- АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ
АВТОМОБИЛЬНОГО ДВС 34

SUMMARY

D.A. Dzhereley

**THE FIRST BACHELOR ARCHITECTS-URBAN
PLANNERS' GRADUATION IN DONNACEA**

The article analyzed results of the first Urban planning's bachelors graduation in Donbass' history. This specialty was created in the regional architectural school – at the architectural faculty of the State Educational Institution of Higher Professional Education "Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture". The modern regional prerequisites for the beginning of the architects-urban planners' training are considered. Besides, the features of choosing and substantiating the themes of graduation student works that are relevant for the Donetsk People's Republic are described here. The importance of getting as close to reality as possible, but taking into account the individual qualification and creative potential of future specialists, is emphasized. This information was put by the staff of the department "Urban planning and landscape architecture" as the basis for choosing directions and topics for diploma projects for bachelors. The successful experience of applying this practice is taken into account when searching for sites for accommodating the most significant objects in Donetsk – the Donbass Arena stadium, Auchan, Amstор, Metro chain stores and other city-forming objects.

A.V. Pisarenko

**THE ROLE OF CONSTRUCTION METHODS TO
ENSURE SOIL REHABILITATION AND ITS FURTHER
USE IN OIL PIPELINE REGIONS**

The article shows the role of pipeline transport in the world and Russian economy. The Russian legislation regulating the activity of this type of transport is analyzed. Generally, in terms of the legal regulation of the main pipeline transport and the implementation of supervision over it by the relevant authorities. The importance of ensuring the reliability of technical systems at the stages of their development, design, construction and operation are described. In pipeline transport systems that ensure uninterrupted supply of consumers with oil, gas and oil products, failures and accidents may happen, as we noted. Literature data on the current state of methods for cleaning oil-contaminated soils are summarized. Traditional cleaning methods are outlined. It is shown that the use of the recommended method of biological remediation of contaminated soil with oil products provides a synergistic effect when microbiological oxidation is combined with a natural or forced increase in temperature.

V.V. Markin, V.A. Markin

RESEARCH OF THE URBAN WASTEWATER PURIFICATION'S EFFICIENCY IN BIOPONDS

The article is researching the efficiency of post-treatment condition in urban wastewater in biological ponds with natural aeration. Our research based on the example of bioponds of the treatment plant in Dobropolye city. As a result of the research, a high efficiency of wastewater treatment for suspended solids (73%) and BOD (86%), a significant efficiency for nitrates (51%) and a low one for phosphates (24%) were established. In addition, an increase in the concentration of ammonium and nitrite in the effluents after bioponds was revealed, due to the processes of assimilation and incomplete dissimilation denitrification, respectively. As a result of comparing the quality of wastewater treatment in 2016 and 2021. It was found that without periodic measures to clean the bioponds, their efficiency gradually decreases. The existing methods of intensification of wastewater treatment in bioponds are considered and it is determined that the most rational way is the cultivation of higher aquatic vegetation in reservoirs, provided that it is removed and disposed of in a time periodic manner.

V.N. Andriychuk, V.I. Sokolov, N.D. Andriychuk, T.E. Shevtsova

**IMPROVING OPERATIONAL CHARACTERISTICS
OF VENTILATION SYSTEMS BY IMPROVEMENT OF
ITS STRUCTURAL COMPONENTS**

S U M M A R Y

The article is devoted to improving the performance of ventilation systems by improving the structural components, that connect the air duct with the discharge pipe of the fan. Fan installations with centrifugal (radial) fans are considered, the feature of which is a significant non-uniformity of the air flow velocity field at the outlet of the discharge pipe, deformation of its structure and the occurrence of large-scale vortices. To improve the aerodynamic characteristics of the fan installation, recommendations for designing a diffuser behind the outlet pipe, which reduces the resistance of the ventilation system, are summarized. Numerical simulation of the turbulent flow in the structural elements at the outlet of the discharge pipe substantiates the expediency of making the leveling plate in the diffuser expansion in the form of component parts. Experimental studies of the aerodynamic characteristics of a fan installation were carried out when using a composite leveling plate in a diffuser expansion. Based on the results of experimental studies, recommendations were formulated for placing a composite plate in an asymmetric diffuser, with which the maximum increase in the performance of a centrifugal fan is achieved. The depth of immersion of the front part of the plate into the discharge pipe and the distance of the rear part of the plate from the side surface of the diffuser were taken as the main geometric parameters that determine the improvement in the aerodynamic characteristics of the fan installation. Increasing fan performance improves the features of the ventilation system.

D.A. Zarechensky, V.V. Vorobyov, N.A. Pestunova

INCREASING THE OPERATIONAL DURABILITY OF WORKING BODIES OF CONSTRUCTION, ROAD AND AGRICULTURAL MACHINERY

This article analyzed the materials, recommended for the restoration and strengthening of the working elements of parts of construction, road and agricultural machinery. The technological features of electric arc surfacing of alloys used to increase the wear resistance of the working surfaces of machine parts operating under conditions of intense abrasive and shock-abrasive wear are determined. The ways of increasing the service life of parts hardened by arc welding with wear-resistant alloys are considered. The influence of technological parameters of hardfacing of wear-resistant alloys on the nature of the formation and development of cracks, leading to spalling from the surface of the part during hardfacing and operation, has researched. Using austenitic surfacing materials for restoring parts made of high-manganese steels before surfacing a wear-resistant layer recommended. The temperature regime of multilayer electric arc surfacing of high-alloy alloys with flux-cored wire has developed. This developing makes possible to obtain a favorable nature of crack formation and reduce the likelihood of premature wear of the hardened surface.

N.V. Savenkov, T.I. Savenkova, E.A. Vlasenko

ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE TOXICITY OF THE VEHICLE INTERNAL COMBUSTION ENGINE'S EXAUST GASES

The article reviews the substances contained in the composition of the exhaust gases of internal combustion engines of road transport and related to harmful according to international standards. For these substances, the corresponding maximum allowable specific indicators established by various environmental standards in the field of road transport, common reasons for exceeding them, as well as methods for experimental determination are considered in our research. The paper considers the main ways to reduce harmful emissions and substantiates the corresponding direction based on the improvement of methods and means for measuring the composition of exhaust gases, taking into account the dynamics of unsteady operating modes of power plant units, as well as their design and adjustment parameters. The results in the course of further research will make it possible to choose a rational combination of the above parameters for specific operating conditions in order to improve the environmental properties of vehicles.

C O N T E N T S

DETERMINATION OF SCIENTIFIC AND PRACTICAL DIRECTIONS IN DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES, CIVIL AND INDUSTRIAL CITY TERRITORIES

D.A. Dzhereley

THE FIRST BACHELOR ARCHITECTS-URBAN PLANNERS' GRADUATION IN DONNACEA

ENSURING THE SAFETY OF CONSTRUCTION OBJECTS IN THE EVENT OF A MAN-MADE EMERGENCY

A.V. Pisarenko

THE ROLE OF CONSTRUCTION METHODS TO ENSURE SOIL REHABILITATION AND ITS FURTHER USE IN OIL PIPELINE REGIONS

INTENSIFICATION OF PROCESSES FOR BIOLOGICAL TREATMENT OF URBAN WASTEWATER

V.V. Markin, V.A. Markin

RESEARCH OF THE URBAN WASTEWATER PURIFICATION'S EFFECIENCY IN BIOPONDS

ENERGY SAVING IN VENTILATION SYSTEMS

*V.N. Andriychuk, V.I. Sokolov,
N.D. Andriychuk, T.E. Shevtsova*

IMPROVING OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF VENTILATION SYSTEMS BY IMPROVEMENT OF ITS STRUCTURAL COMPONENTS

OPERATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES AND COMPLEXES

D.A. Zarechensky, V.V. Vorobyov, N.A. Pestunova

INCREASING THE OPERATIONAL DURABILITY OF WORKING BODIES OF CONSTRUCTION, ROAD AND AGRICULTURAL MACHINERY

N.V. Savenkov, T.I. Savenkova, E.A. Vlasenko

ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE TOXICITY OF THE VEHICLE INTERNAL COMBUSTION ENGINE'S EXAUST GASES

ПЕРВЫЙ ВЫПУСК АРХИТЕКТОРОВ–ГРАДОСТРОИТЕЛЕЙ БАКАЛАВРИАТА В ГОУ ВПО «ДОННАСА»

Д. А. Джерелей, кандидат архитектуры

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

Аннотация. Статья посвящена анализу результатов подготовки и первого в истории Донбасса выпуска бакалавров по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство» в региональной архитектурной школе – на архитектурном факультете ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Рассматриваются современные региональные предпосылки начала подготовки архитекторов-градостроителей, особенности выбора и обоснования тем дипломных студенческих работ, которые актуальны для Донецкой Народной Республики. Подчёркивается значение максимального приближения к реальности, но с учетом индивидуального квалификационного и творческого потенциала будущих специалистов. Эти сведения были положены коллективом кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» в основу выбора направлений и тем дипломных проектов для бакалавров. Учитывается успешный опыт применения подобной практики при поисках площадок для размещения наиболее значимых объектов г. Донецка – стадиона «Донбасс Арена», сетевых гипермаркетов «Ашан», «Амстор», «Метро», и других градообразующих объектов.

Ключевые слова: архитектурный факультет, кафедра градостроительства и ландшафтной архитектуры, Донбасс, ГОУ ВПО «ДОННАСА», подготовка архитектурно-градостроительных кадров, региональные особенности.



**Джерелей
Дарья Александровна**

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В июне 2021 г. на кафедре градостроительства и ландшафтной архитектуры ГОУ ВПО «ДОННАСА» состоялся первый в истории Донецкого региона выпуск архитекторов-градостроителей бакалавриата. Это является поистине знаменательным событием. Открытие направления подготовки 07.03.04 «Градостроительство», а в последствии и магистратуры по этой специальности произошло не внезапно. Начиная с создания в 1972 г. архитектурного факультета в Макеевском инженерно-строительном институте, в становлении градостроительного направления в разные периоды времени принимали активное участие опытные архитекторы-градостроители Донбасса: В. В. Шамраевский, А. Е. Емельянов, М. Я. Ксеневич, М. Г. Навроцкий, заслуженные архитекторы УССР В. П. Кишкань, М. Я. Ксеневич и П. М. Жук. В их числе в прошлом выпускники архитектурного факультета – главные архитекторы городов региона С. Л. Ващинский, В. И. Онищенко, А. Б. Шимко, В. П. Сидорчук, Л. В. Семченков, районные архитекторы В. И. Вакуленко, А. Л. Яценко, ведущие архитекторы градостроительной архитектурно-планировочной мастерской (АПМ-4) «Донбассгражданпроект» И. И. Ананян, Н. П. Гайворонская и др. [1,2].

На всем протяжении существования архитектурного факультета большое внимание уделялось градостроительной подготовке студентов. Для этого осуществлялось преподавание таких дисциплин, как история градостроительства, инженерное благоустройство и транспорт, экспериментальное проектирование (в рамках курсового и дипломного проектирования) генпланов объектов различного назначения, жилых районов, а также проектов градостроительного освоения нарушенных территорий и недействующих промышленных предприятий.

Важное значение для развития на архитектурном факультете градостроительного направления и последующей организации кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» имело создание действующего с 1999 г. центра историко-архитектурных исследований «Архитектурное наследие» (в настоящее время – научно-проектный центр «Архитектурное наследие Донбасса») и научной лаборатории «Градостроительство» (с 2004 г. по настоящее время ЛНИПроект «Градостроительство и землеустройство»).

Логическим продолжением всех этих процессов формирования градостроительного направления в Академии стало создание летом 2018 г. кафедры

«Градостроительство и ландшафтная архитектура» (заведующий кафедрой – д. арх., Е. А. Гайворонский) путем реорганизации двух основных подразделений архитектурного факультета – кафедры «Архитектурное проектирование и дизайн архитектурной среды» (заведующий – д. арх., профессор Х. А. Бенай) и кафедры «Градостроительство, землеустройство и кадастры» (заведующий – д. арх., профессор Н. В. Шолух).

В организации, последующем становлении и работе кафедры принимали и принимают участие выпускники архитектурного факультета – д. арх. Е. А. Гайворонский, к. арх., доц. И. М. Лобов, арх. Д. М. Навроцкий, к. арх. Д. А. Джерелей, ассистенты А. Э. Ступина, О. И. Княжик и А. А. Григорьев, ст. преподаватель Н. Ю. Холодова, асс. Н. И. Сидорова.

Нельзя не отметить особый вклад в становление и развитие архитектурно-градостроительной школы Донбасса ректора ДонНАСА академика, д.т.н., профессора Е. В. Горохова; ректора ГОУ ВПО «ДОННАСА» д.т.н., профессора Н. М. Зайченко; первого проректора ГОУ ВПО «ДОННАСА», д.э.н., профессора В. Г. Севки, декана архитектурного факультета, д. арх., профессора Х. А. Бенай, заведующего кафедрой «Градостроительство и ландшафтная архитектура» д. арх. Е. А. Гайворонского (выпуск 1983 г.), к. арх., доцента кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» И. М. Лобова (выпуск 1983 г.), Л. В. Семченкова (выпуск 1987 г.), директора Департамента территориального развития Министерства строительства и ЖКХ ДНР, Д. М. Навроцкого (выпуск 1996 г.), главного архитектора КП «Управление генерального плана г. Донецка» к. арх., доц. М. А. Черныш (выпуск 2009 г.).

Тематика выпускных квалификационных работ является также экспериментальной площадкой апробирования результатов научных направлений, развивающихся на кафедре ГиЛА:

– «Региональные особенности формирования и развития архитектуры и градостроительства Донбасса» (руководитель – д. арх. Е. А. Гайворонский), в рамках которого осуществляются также исследования по современной архитектурно-градостроительной реинтеграции объектов историко-культурного наследия Донбасса;

– «Архитектурно-градостроительное освоение нефункционирующих предприятий угольной промышленности (территорий, зданий, сооружений и их комплексов), нарушенных территорий в городах Донецкой Народной Республики» (руководитель – к. арх., доц. И. М. Лобов);

– «Особенности формирования и развития архитектуры зданий и сооружений с подземными структурами в городах Донбасса» (руководитель – к. арх., Д. А. Джерелей).

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблему выбора тем выпускных квалификационных работ при обучении по профилю «Градостроительство» в своей работе «Тематика выпускных квалификационных работ по направлению 07.03.04

«Градостроительство» в региональной архитектурной школе Донбасса» рассматривают Д. М. Навроцкий, Е. А. Гайворонский, Д. А. Джерелей.

Достаточно широко изложена история развития архитектурной школы Донбасса в работе авторов Х. А. Бенай, Е. А. Гайворонского, Н. В. Шолуха «История региональной архитектурной школы Донбасса».

Цель статьи: проанализировать работу кафедры, предпосылки и результаты первого выпуска архитекторов-градостроителей бакалавриата в ГОУ ВПО «ДОННАСА».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Подготовка градостроительных кадров в ГОУ ВПО «ДОННАСА» стала реальным ответом на возникшую в современных геополитических условиях острую необходимость восполнить существующие пробелы в подготовке кадров, способных эффективно, оперативно и с учётом региональной специфики решать задачи градостроительной направленности и на современном научно-практическом уровне.

На кафедре уделяется большое внимание выбору и обоснованию тем дипломных студенческих работ, которые актуальны для Донецкой Народной Республики, методам максимально приближенным к реальности, но с учетом действительного индивидуального квалификационного и творческого потенциала будущих архитекторов-градостроителей.

Изначально выбран курс на комплексную подготовку специалистов, включающую вопросы градостроительного анализа и планировки, архитектурного проектирования, ландшафтной архитектуры. С этой целью максимально учитывается потенциал преподавателей не только кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры, других кафедр архитектурного факультета и ГОУ ВПО «ДОННАСА», но и градостроителей-практиков в качестве совместителей, таких как Д. М. Навроцкий (главный архитектор КП «Управление генерального плана г. Донецка», старший преподаватель кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры), Л. В. Семченков (директор Департамента территориального развития Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики), В. С. Лозинский (директор КП «Управление генерального плана г. Донецка»), И. И. Ананян (старший преподаватель кафедры «Землеустройство и кадастры»).

В настоящее время из всех видов градостроительной документации становится наиболее востребованным градостроительное обоснование. Этот вывод былложен коллективом кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» в основу выбора направлений и тем дипломных проектов для бакалавров. В них были сформулированы основные задачи, стоящие перед специалистами-градостроителями городов ДНР. Для студентов предложены созвучные (подобные) темы градостроительной документации, но, местного уровня.

Учитывается успешный опыт применения подобной практики при поисках площадок для размещения в г. Донецке стадиона «Донбасс Арена»,

сетевых гипермаркетов «Ашан», «Амстор», «Метро», завода по сжиганию мусора, ледовых дворцов, железнодорожного вокзала в г. Донецке и других градообразующих объектов.

Набор студентов и магистрантов по направлению подготовки «Градостроительство» кафедра стала производить с 2016 г. Кафедра является выпускающей, готовит бакалавров и магистров архитектуры – специалистов по планировке, застройке и реконструкции поселений, транспортным системам, инженерной подготовке территорий под застройку, инженерному благоустройству и озеленению поселений, городскому и региональному планированию. Учебный процесс строится на решении реальных проектных архитектурно-градостроительных задач, поставленных в результате взаимодействия кафедры с региональными городскими хозяйственными и проектными организациями, а также частными предприятиями. Важную роль при этом играет постоянное участие сотрудников кафедры в работе архитектурно-градостроительного совета при Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства, а также в составе ряда Республиканских экспертных комиссий по охране культурного наследия Министерстве культуры ДНР.

Развитие творческой личности студента рассматривается в качестве главной педагогической ценности, и руководство осуществляется на всем протяжении их подготовки [3]. В связи с этим кафедра ставит следующие типы задач профессиональной деятельности выпускников:

- проектно-технологический (градостроительное проектирование) – техническое обеспечение разработки градостроительной документации и сопутствующих исследований, формирование комплекта градостроительной документации применительно к территориальному объекту, обеспечение композиционной целостности территориально-пространственных комплексов применительно ко всем уровням территориальных градостроительных объектов;

- аналитический (предпроектный анализ) – сбор и систематизация информации, сопутствующие исследования для разработки градостроительной документации;

– социально-коммуникативный (популяризация, согласования) – подготовка и осуществление мероприятий публичных слушаний и обсуждений градостроительной документации, организационная деятельность по согласованию действий смежных специалистов в процессе реализации объекта, внесение необходимых коррективов в проектную документацию.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются искусственная материально-пространственная среда жизнедеятельности человека и общества с ее компонентами. Это: города и иные населенные места, городская и региональная среда, системы расселения, территориально-пространственные комплексы (комплексы зданий и сооружений, градостроительные ансамбли), объекты благоустройства территорий, объекты ландшафта и садово-паркового искусства [4].

Кафедра делает особый акцент на выбор тем выпускных квалификационных работ, которым должны быть присущи такие характеристики как: прогнозирование, комплексный анализ, систематизация, актуальность, востребованность, необходимость и методичность. Для направления подготовки 07.03.04 «Градостроительство» формулирование тем выпускных квалификационных работ осуществляется с позиции территориальной проблематики (региональный контекст) [5] (Рисунок 1-3).

Эти сведения были положены коллективом кафедры «Градостроительство и ландшафтная архитектура» в основу выбора направлений и тем дипломных проектов для бакалавров. В них были сформулированы основные задачи, стоящие перед специалистами-градостроителями городов ДНР. Для студентов предложены созвучные (подобные) темы градостроительной документации, но местного уровня. Были разработаны следующие темы:

1. Корректировка генерального плана г. Снежное с двухстадийным проектированием (концепция, проект) (студ. Е. Захаров, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий).

2. Корректировка генерального плана пгт. Седово с двухстадийным проектированием (концепция, проект) (студ. Э. Бондаренко, рук. – к. арх. Д. А. Джерелей).



Рис. 1. Общий вид экспозиции ВКР «Архитектурно-градостроительная реинтеграция Дворца культуры им. С. М. Кирова в г. Макеевке» (студ. Е. Воробьёв, рук. – д. арх. Е. А. Гайворонский)



Рис. 2. Общий вид ВКР «Архитектурно-градостроительная реинтеграция территории Макеевского металлургического завода с созданием культурно-образовательного парка» (студ. Ю. Гавриш, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий, к. арх. Д. А. Джерелей)

3. Градостроительное обоснование размещения и концепция архитектурно-градостроительной и ландшафтной организации лагеря патриотического воспитания молодежи (студ. С. Петюкин, рук. – ст. преподаватель Л. В. Михайлова).

4. Градостроительное обоснование размещения многофункционального культурно-зрелищного объекта в центре г. Донецка (студ. А. Соколовская, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий).

5. Градостроительное обоснование размещения транспортно-пересадочного узла в восточной части г. Донецка (студ. Н. Федорова, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий).

6. Градостроительное обоснование реконструкции и современной архитектурно-градостроительной реинтеграции Дворца культуры им. С. М. Кирова в г. Макеевке (студ. Е. Воробьев, рук. – д. архит. Е. А. Гайворонский).

7. Архитектурно-ландшафтная регенерация (реконструкция) Дворца культуры шахты «Юнком» и парка в г. Юнокоммунаровске (студ. И. Занченко, рук. – д. арх. Е. А. Гайворонский).

8. Архитектурно-градостроительная реинтеграция территории Макеевского металлургического завода с созданием культурно-образовательного парка

(студ. Ю. Гавриш, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий, к. арх. Д. А. Джерелей).

9. Реконструкция кварталов исторической застройки с разработкой и архитектурно-градостроительной интеграцией объектов нового строительства (студ. А. Решетов, рук. – асс. А. А. Григорьев).

10. Разработка комплексной схемы рекреационных зон Кировского района с созданием досугового общественно-зрелищного (спортивного) центра (студ. Е. Одиночкин, рук. – асс. О. И. Княжик).

11. Архитектурно-градостроительная реновация промышленной группы недействующих предприятий с созданием общественно-административного центра в г. Донецке (студ. С. Тарасов, рук. – к. арх., доц. И. М. Лобов).

Все вышеперечисленные темы в названии или в смысловой нагрузке несут в себе градостроительные обоснования размещения новых объектов строительства с подбором вариантов развития одной или нескольких территорий. Формирование тем и целей квалификационных работ было увязано с иерархией градостроительной документации.

Результаты работы коллектива архитектурного факультета ГОУ ВПО «ДОННАСА» были продемонстрированы 14-15 июня 2021 г. в процессе защиты



Рис. 3. Общий вид экспозиции ВКР «Градостроительное обоснование размещения многофункционального культурно-зрелищного объекта в центре г. Донецка» (студ. А. Соколовская, рук. – ст. преподаватель Д. М. Навроцкий)



a)



б)

Рис. 4. Свои выпускные квалификационные работы защищают студентки А. Соколовская (а) и Ю. Гавриш (б)

выпускных квалификационных работ бакалавров по специальности 07.03.04 «Градостроительство» (Рисунок 4а, 4б, 5). Это поистине знаменательное историческое событие в истории архитектурной школы Донбасса и Донецкого региона, так как состоялся первый выпуск специалистов градостроительного профиля. Государственная аттестационная комиссия под председательством директора КП «Управление

генерального плана г. Донецка» В. С. Лозинского отметила высокое качество, оригинальность и степень проработанности решений в дипломных работах всех выпускников, а также актуальность представленных тем для Донецкой Народной Республики.

Полученные при разработке перечисленных ВКР результаты используются в учебном процессе кафедры, могут в дальнейшем применяться в реальных проект-



Рис. 5. После защиты ВКР – бакалавры, члены государственной аттестационной комиссии и кафедры градостроительства и ландшафтной архитектуры (фото 2020 г.)

ных разработках, в дипломных проектах, магистерских работах. Все выпускники были трудоустроены, многие решили продолжить обучение в магистратуре.

ВЫВОДЫ

Таким образом, длительная и напряженная работа по созданию системы архитектурно-градостроительного образования в Донецком регионе принесла существенные результаты. Аттестация выпускников показала, что их компетенции соответствуют современным критериям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство» (Приказ МОН ДНР от 19.04.2016 г. № 392), Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство» и показала перспективность его дальнейшего успешного совершенствования.

Список литературы

1. Гайворонский, Е. А. Градостроительство, ландшафтная и садово-парковая архитектура Донбасса: прошлое, настоящее, будущее [Текст] / Е. А. Гайворонский, Н. П. Гайворонская // Архитектурная школа Донбасса: наука и практика в условиях современного развития: Электронный сборник научных трудов республиканской очно-заочной научно-практической конференции / Редкол.: Н. М. Зайченко, В. И. Нездойминов, В. Ф. Мущанов и др. – Макеевка, ДонНАСА, 2020. – С. 112–114.
2. Бенаи, Х. А. История региональной архитектурной школы Донбасса [Текст] / Х. А. Бенаи, Е. А. Гайворонский, Н. В. Шолух // Строитель Донбасса № 1-2019. – Макеевка, 2019. – С. 62–75.
3. Энгель Б., Козлов, В. Градостроительное образование в эпоху перемен // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 4 (19). С. 190–201. DOI: 10.21285/2227-2917-2016-4-190-201
4. Гайворонский, Е. А. Концепция охраны объектов культурного наследия на территории Донецкой Народной Республики [Текст] / Е. А. Гайворонский, М. Д. Алексин // Строитель Донбасса. Выпуск 2019-1(6). – Макеевка, 2019. – С. 47–61. [http://donna.su/publish_house/journals/sd/2019/sd_2019-1\(6\).pdf](http://donna.su/publish_house/journals/sd/2019/sd_2019-1(6).pdf)
5. Навроцкий, Д. М. Тематика выпускных квалификационных работ по направлению 07.03.04 «Градостроительство» в региональной архитектурной школе Донбасса [Текст] / Д. М. Навроцкий, Е. А. Гайворонский, Д. А. Джерелей // Архитектурная школа Донбасса: наука и практика в условиях современного развития: Электронный сборник научных трудов республиканской очно-заочной научно-практической конференции / Редкол.: Н. М. Зайченко, В. И. Нездойминов, В. Ф. Мущанов и др. – Макеевка, ДонНАСА, 2020. – С. 86–89.

РОЛЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ГРУНТА И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЙОНАХ ПРОХОЖДЕНИЯ НЕФТЕПРОВОДОВ

А. В. Писаренко, к.т.н.

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

Аннотация. В статье показана роль трубопроводного транспорта в мировой и российской экономике. Проанализировано российское законодательство, регламентирующее деятельность данного вида транспорта, в части правового регулирования магистрального трубопроводного транспорта и осуществления надзора за ним со стороны соответствующих органов; описана важность обеспечения надежности технических систем на этапах их разработки, проектирования, строительства и эксплуатации. Отмечено, что в системах трубопроводного транспорта, обеспечивающих бесперебойное снабжение потребителей нефтью, газом и нефтепродуктами, на магистралях случаются отказы и аварии. Обобщены литературные данные о современном состоянии способов очистки нефтезагрязненных грунтов, изложены традиционные методы очистки. Показано, что применение рекомендуемого метода биологической реабилитации загрязненного грунта нефтепродуктами обеспечивает возникновение синергического эффекта при комбинировании микробиологического окисления с естественным или принудительным повышением температуры.

Ключевые слова: строительство, надежность, анализ, реабилитация нефтезагрязненного грунта, надежность нефтепровода, биологический способ рекультивации грунта



**Писаренко
Анастасия Валерьевна**

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обеспечение надежности технических систем охватывает самые разные аспекты деятельности человека. Надежность является одним из важнейших свойств, которые учитываются на этапах разработки, проектирования и эксплуатации различных технических систем. При анализе надежности технических систем выделяют ранние отказы, когда проявляется влияние отказов, не выявленных при изготовлении, испытаниях и (или) приемочном контроле, и поздние деградационные отказы. Последние появляются на завершающих стадиях эксплуатации объекта, когда в результате естественных процессов старения, износа и т. п. объект или его составные части приближаются к предельному состоянию в условиях физического износа. В основном надежность зависит от трех основных факторов – свойств материала, внешних нагрузок и общих условий эксплуатации (и расчетных) конструкций. С развитием и усложнением техники углублялась и развивалась проблема ее надежности. Изучение причин, приводящих к отказам объектов, определение закономерностей, которым они подчиняются, разработка метода проверки надежности изделий и методов контроля надежности, методов расчета и испытаний, поиск путей и средств повышения надежности являются предметом рассмотрения. Современный мир неотъемлемо связан с транспортом товаров и услуг. Для транспорта высокореакционных энергоносителей (нефть и природный газ), некоторых химических соединений (аммиак) используется, в основном, трубопроводный транспорт. Трубопроводный транспорт играет в современной жизни ключевую роль не только в энергообеспечении страны, но и формировании государственного бюджета. От успешного функционирования трубопроводных систем в значительной степени зависит энергетическая и национальная безопасность страны. В 2002 году организациями группы «Газпром» было транспортировано 554,0 млрд. м³ газа. Доступ к Единой системе газоснабжения (ЕСГ) имело 28 организаций. В прошлом году в систему «Транснефть» принято 374,4 млн. тонн нефти, в том числе 354 млн. тонн – российской [1].

В российском законодательстве на уровне федеральных законов нет нормативных актов, определяющих, какие объекты следует относить к трубопроводному транспорту. Понятие трубопроводного транспорта дается в Правилах

подключения нефтеперерабатывающих заводов к магистральным нефтепроводам и (или) нефтепродуктопроводам и учета нефтеперерабатывающих заводов в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства РФ от 21.12.2009 № 1039, – «это совокупность технологически взаимосвязанных объектов, обеспечивающих транспортировку нефти или нефтепродуктов, соответствующих требованиям законодательства Российской Федерации, от мест приема до мест сдачи или перевалки на другие виды транспорта», однако его можно отнести только к нефте- и нефтепродуктопроводам. В ряде подзаконных нормативных актов содержатся определения разновидностей трубопроводного транспорта [2]. Росстат при ведении статистики руководствуется рядом определений, которые приводятся в Методологических положениях по статистике транспорта [3]. Среди нормативных актов, регламентирующих вопросы безопасности при строительстве и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, следует выделить Федеральный закон от 21.07.1997 № 116- ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в соответствии с ним объекты трубопроводного транспорта относятся к категории опасных производственных объектов, соответственно, на них распространяются требования промышленной безопасности; Правила охраны магистральных трубопроводов [4] обращают на себя внимание, что ранее действовавшие Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта [5] распространялись на трубопроводный транспорт; принятые в результате «регуляторной гильотины» новые правила, утвержденные приказом Минтруда России от 18.11.2020 № 814н.

Роль национального трубопроводного транспорта еще более повышается в условиях глобализации мировой экономики, приводящей к расширению межгосударственных хозяйственных связей. Действующие и перспективные трубопроводные системы России, благодаря выигрышному расположению на Евроазиатском континенте, смогут оказывать серьезное влияние на geopolитическое развитие энергетического рынка. Энергетическая безопасность ряда европейских стран напрямую связана со снабжением нефтью и газом из России. В 2002 году за пределы России былоэкспортировано 170,9 млрд. м³ газа, из них 128,6 млрд. м³ – в Европу. В страны ближнего и дальнего зарубежья поставлено 186,4 млн. тонн нефти.

Высокие темпы развития нефтедобычи, большая капиталоемкость строительства объектов нефтяных промыслов требуют поиска путей повышения эффективности капиталовложений. Это возможно при внедрении современных технологий в систему сбора и подготовки нефти. Снижение капитальных затрат и потерь нефтяного газа реализуется в системах совместного сбора и транспорта нефти и газа. Несмотря на то, что системы трубопроводного транспорта обеспечивают бесперебойное снабжение потребителей нефтью, газом и нефтепродуктами, на магистралях случаются отказы и аварии. По данным Госгортехнадзора, только в 2001 году на внутрипромысловых трубопроводах произошло 42 тыс. случаев разгерметизации. При этом вылилось более 65 тыс. м³ нефти и пластовой воды. Авария на продуктопроводе ши-

рокой фракции под Уфой вошла в десятку наиболее серьезных техногенных катастроф прошлого века [6].

Трубопровод – это важнейшее инженерное сооружение современного мира. Он используется для транспортировки жидких и газообразных веществ под воздействием давления или естественных ландшафтно-геодезических особенностей. На современном этапе развития сети магистральных нефтепроводов проблема обеспечения безопасности приобретает все большую значимость. Достигнуты значительные успехи в области проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов и обеспечения их надежности и безопасности. Несмотря на это, на магистральных нефтепроводах продолжают возникать аварийные ситуации. Проблемы обеспечения надежности и безопасности нефтепроводов обостряются в силу естественного их старения и возрастания влияния разрушающих факторов как природного, так и искусственного характера.

Цель работы. Исследование теоретических и практических методов обеспечения реабилитации грунта и дальнейшего его использования в районах прохождения нефтепроводов.

Методы исследования основываются на использовании современных методов и принципов теории движения жидкостей, выявлении и оценке степени значимости факторов, влияющих на безопасность нефтепроводов, сборе, анализе и обобщении литературных данных по опыту проведения реабилитационных работ на территориях с нефтезагрязненными участками почв, с использованием фотоэлектролориметрии, газовой хроматографии, и расчетных методов, а также на классических методах теории надежности строительных конструкций.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Развитие производственных и транспортных инфраструктур вблизи магистральных нефтепроводов создает дополнительные проблемы обеспечения их надежности. Технический отказ нефтепроводов влечет за собой, кроме материальных убытков, значительный экологический ущерб и повышение пожароопасности.

В результате исследований В. Л. Березина, А. Г. Гумерова, Э. М. Ясина, Р. С. Зайнуллина, К. М. Ямалеева, М. Х. Султанова, К. М. Гумерова, Р. Х. Идрисова, Х. А. Азметова и других ученых созданы методы и средства обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов.

Началом российского трубопроводного транспорта можно считать 1908 год, когда был сооружен нефтепровод, а в 1944 г. был сооружен трубопровод по транспортировке природного газа. Оба трубопровода находятся в эксплуатации до настоящего времени. Сеть трубопроводного транспорта покрывает огромные расстояния и составляет 230 тысяч километров, из них 143 тысячи километров – трубопроводы природного газа и 87 тысяч километров трубопроводов для транспортировки опасных жидкостей (нефть, газовый конденсат, нефтепродукты, жидкий аммиак и пр.). Трубопроводы проложены по территории с пересечением более 6 000 рек [7].

Авария на нефтепроводах сопровождается выходом продукта в окружающую среду, в ряде случаев большого объема. Физико-химическое воздействие нефти на грунт и воду часто приводит к трудновосстановливаемому (или практически невосстановляемому) режиму естественного самоочищения.

Воздействие объектов нефтяной и газовой промышленности на окружающую среду может быть очень велико. Поэтому при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов, промыслов и других нефтегазовых объектов предусматриваются специальные мероприятия с тем, чтобы ликвидировать или значительно уменьшить ущерб, который наносится окружающей среде, и снизить пожароопасность.

Негативное влияние нефти на землю, атмосферу, водные объекты, грунтовые воды напрямую зависит от объема нефти, вылившейся в окружающую среду через аварийный разрыв, и продолжительности контакта нефти с окружающей средой.

Основные причины разрушения трубопроводов следующие: коррозия металла труб под напряжением, конструкционные дефекты, влияние природного воздействия, неудовлетворительный анализ рисков, низкое качество менеджмента [8].

В связи с этим с целью снижения негативного влияния аварий на окружающую среду необходимо уменьшить объем выхода нефти через аварийный разрыв в окружающую среду и в короткие срок собрать разлившуюся нефть. Разлившаяся нефть представляет большую пожарную опасность. С увеличением объема нефти и площади разлива эта опасность становится еще больше. Устранение этой опасности возможно только путем полного сбора разлившейся нефти.

Выработка методологии борьбы с загрязнением окружающей среды нефтью и нефтепродуктами крайне сложное дело. Реакция грунта на загрязнение нефтью, его чувствительность к этим загрязнителям отличаются в разных грунтовых слоях, также в пределах сопряженных ландшафтов. Предельно допустимые концентрации нефтяных загрязнений в грунтах зависят от вида нефтепродуктов (НП) и составляют 0,1 мг/кг. Однако ПДК суммарного содержания нефтепродуктов в грунте не стандартизовано; установлены ПДК для некоторых видов нефтепродуктов: бензол – 0,3 мг/кг, толуол – 0,3 мг/кг, ксиол – 0,3 мг/кг [9]. Минимальный уровень содержания нефтепродуктов в грунтах, выше которого наступает ухудшение качества природной среды, рассматривается как верхний безопасный уровень концентрации (ВБУК) [10].

Верхний безопасный уровень концентрации НП в грунтах можно принять за ориентировочный уровень допустимой концентрации (ОДК) в грунтах. Ориентировочным допустимым уровнем загрязнения грунтов НП предлагается считать нижний допустимый уровень загрязнения, при котором в данных природных условиях грунт в течение одного года восстановит свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза могут быть самопроизвольно ликвидированы. Такая оценка ОДК как общесанитарного показателя может быть дана

для верхнего гумусо-аккумулятивного горизонта грунта (примерно до глубины 20–30 см) [11].

В обзоре МакДжила [12] приводятся данные исследователей из разных стран по установлению безопасных пределов содержания нефти и НП в грунтах. Эти оценки существенно расходятся по причине резко различных климатических условий тех районов, где проводились эксперименты.

На основе сообщения мирового опыта и данных экспериментов МакДжилом составлена таблица ориентировочных нормативов содержания НП в грунтах, подлежащих рекультивации (таблица 1).

Таблица 1.
Относительная степень разрушения грунта, содержащего различные количества нефти

| Степень разрушения грунта | Содержание нефти в грунте, мг/кг сухого грунта |
|---|--|
| От легкой до умеренной: в отсутствие каких-либо специальных мер отмечается некоторое временное ослабление роста растительности | 5 000-20 000 |
| От умеренной до высокой: нормально развиваться способны лишь некоторые виды растений; восстановление грунта возможно в течение трех лет; без рекультивации восстановление потребует в 2-3 раза больше времени | 20 000-50 000 |
| От высокой до очень высокой: нефть фронтально пропитывает грунт на глубину 10 см; лишь немногие растения выживают; при рациональной рекультивации восстановление грунта займет 20 и более лет | Свыше 50000 |

Вполне очевидно, что ОДК нефти и НП в грунте не может быть единым для всех типов грунта и природных зон. Он зависит от факторов, определяющих влияние вещества на свойства грунта и растений, от потенциала самоочищения грунта, от данного вида загрязнения. Главные из таких факторов – химический состав загрязняющего вещества, свойства и состав грунта, физико-географические (главным образом, климатические) условия данной территории [13].

В настоящее время не существует научно обоснованных критериев допустимого содержание углеводородов нефти и нефтепродуктов в грунте, учитывающих многообразие их строения, происхождения и свойств. Наиболее часто применяемая градация нефтезагрязненных грунтов: не загрязненный – меньше 0,2 % углеводородов, слабозагрязненный – 0,2-1,0 % углеводородов, среднезагрязненный – 1,0 – 5,0 % углеводородов, сильно загрязненный – больше 5,0 % углеводородов в грунте.

Однако такой подход достаточно условен, так как не учитывает свойства грунта, которые значительно различаются между собой по содержанию собственного органического вещества, механическому составу и общей поглотительной способности.

Известны три основные группы методов и технологий очистки нефтезагрязненных территорий:

- механические (сбор, вывоз и захоронение загрязненных грунта и земель);

- физико-химические (промывка грунта растворителями различного вида, выжигание, разложение химическими реактивами и т.д.);
- микробиологические (внесение в нефтезагрязненные грунты и грунты углеводородокисляющих штаммов микроорганизмов) [14].

Первые две группы являются не экономичными, не обеспечивают снижение содержания нефтепродуктов для норм ПДК и, как правило, приводят к вторичному загрязнению объектов окружающей природной среды. Третья группа является малоизученной и при содержании нефтепродуктов в грунте более 60 % мало эффективна без совмещения с механическим методом.

В ряде случаев традиционные технологии рекультивации и детоксикации нефтезагрязненных грунтов не приводят к ожидаемым результатам: восстановительный потенциал загрязненных земельных участков остается весьма низким в течение длительного времени при проведении комплекса мелиоративных работ.

Полностью предотвратить загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами невозможно, поскольку объективной необходимостью является создание и освоение эффективных технологий детоксикации нефтезагрязненных грунта и земель. Основой рационального подхода к этому

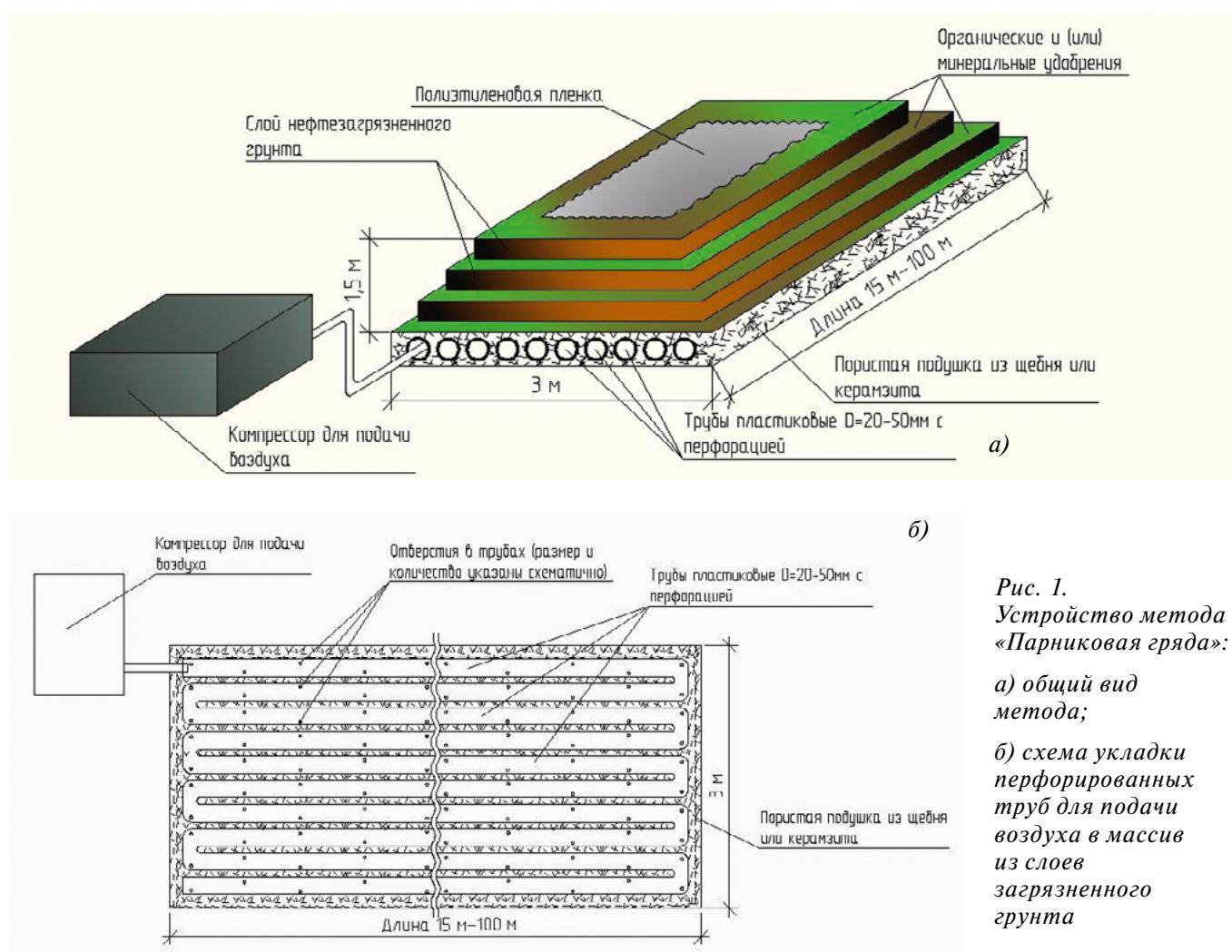
является максимальное использование природных процессов самоочистки в условиях их интенсификации уже проверенными приемами и природосовместимыми веществами.

В связи с этим важнейшим элементом успешного решения проблемы детоксикации и восстановления плодородия грунтов, загрязненных углеводородами нефти и нефтепродуктов, является разработка, освоение и широкое применение новых эффективных технологий, основанных на использовании препаратов, содержащих гуминовые кислоты и их соли [15].

Автором рекомендуется биологический способ рекультивации грунта с применением строительных материалов, машин и механизмов, который не капризен к температуре, не требует инвестиций в специальную технику и постоянного технического персонала. Способ очень гибкий, позволяет модифицировать, используя различные материалы, микробиологические препараты, удобрения.

Условное назвали метода – «парниковая грядка», потому что в основе метода лежит микробиологическое окисление с естественным повышением температуры. Устройство гряды представлено на рис. 1.

До начала работ проводится первичное обследование участка отбором проб и составлением плана производства работ.



*Рис. 1.
Устройство метода
«Парниковая грядка»:
а) общий вид
метода;
б) схема укладки
перфорированных
труб для подачи
воздуха в массив
из слоев
загрязненного
грунта*

На грунтовую подушку шириной 3 метра укладываются змейкой перфорированные пластиковые трубы, которые затем засыпаются слоем гравия, щебня или керамзита, или материала типа «дорнит». На эту пористую подушку сэндвичем укладываются чередующиеся слои нефтезагрязненного грунта и гуминовых веществ. В качестве последнего используются отходы добычи бурого угля, торф, сапропель (донные отложения пресноводных водоемов, образующиеся из остатков растений и животных), можно добавлять микробиологические препараты. Применение для детоксикации нефтезагрязненных грунтов указанных препаратов позволяет максимально задействовать и использовать все существующие природные механизмы самоочищения. Внесение препаратов способствует снижению токсичности углеводородов, ускорению процессов их биохимического разложения и восстановлению плодородия грунта и растительного покрова на загрязненной территории.

Увеличение количества гуминовых веществ в грунте вызывает интенсификацию естественных процессов самоочищения нефтезагрязненных земель. Имея в своем составе гидрофобные и гидрофильтры фрагменты структуры, гуминовые вещества хорошо сорбируют нефтепродукты, обеспечивая возможность для дальнейшего их разложения почвенной микрофлорой.

Внесение предлагаемых веществ в нефтезагрязненные грунты является целесообразным и при применении нефтеокисляющих микроорганизмов (бакпрепаратов), так как в течение 1-2 недель после обработки грунта гуминовыми препаратами снимается острая токсичность углеводородов нефти и исключается гибель вносимых бактерий.

После внесения препаратов в нефтезагрязненные грунты с содержанием нефти и нефтепродуктов менее 5 % уже в течение 2-3 месяцев формируются оптимальные водно-воздушный и окислительно-восстановительные режимы, что способствует нормальному функционированию почвенного покрова и восстановлению сложившейся на данной территории экосистемы. [16].

При высоких уровнях загрязнения грунтов нефтью и нефтепродуктами (от 5 % до 15 %) под влиянием вносимых веществ процессы деструкции углеводородов значительно ускоряются, при этом сроки восстановления нефтезагрязненных грунтов сокращаются с 2-3 десятков лет, которые потребовались бы в случае естественного протекания процессов их самовосстановления, до 1-2 лет.

Гряды укрываются полиэтиленовой пленкой, в трубы подается воздух от компрессора соответствующей мощности. Компрессор может работать или на топливе, или на электричестве – если есть подключение. Воздух распыляется в пористой подушке и способствует быстрому окислению. Трубы можно использовать многократно. Пленка предотвращает охлаждение; если подавать нагретый воздух и дополнительно утеплить гряду торфом или «дорнитом», то способ будет эффективен и зимой.

Потребность в технике определяется, исходя из объема очищаемого грунта. Ниже в таблице 2 дан перечень основных машин и механизмов, необходимых для

осуществления работ по биоремедиации. С увеличением объемов очищаемого грунта, количество единиц по позициям будет увеличено до необходимого.

Биологическая реабилитация предполагает обработку загрязненных грунтов и ее очистку непосредственно на месте образования и скопления отходов. Однако, в ряде случаях (глубокое – свыше метра проникновение загрязнения, исторические свалки грунта, загрязненного мазутом и амбары, карты полигонов и пр.) требуется осуществить выемку грунта и его распределение на поверхности. Для этих целей требуется подготовить участок, на котором будет осуществлен процесс очистки.

В качестве такого участка может выступать существующий полигон по обезвреживанию отходов при условии наличия требуемых площадей, участки компостирования либо неэксплуатируемые территории на месторождениях компании Заказчика.

При обустройстве площадки возводится обваловка высотой 60 см по периметру, исключающая смытие нефтепродуктов с ее поверхности. Размещение площадки не допускается на участках с высокой водопроницаемостью. Возможно формирование водоупорного слоя из глины, полиэтиленовой пленки. До начала производства работ следует обустроить дренажную систему для улавливания излишков нефтезагрязненной воды и повторного ее использования в очистке. Важно исключить привнесение новых объемов нефтесодержащих отходов на участок. Расположение новой площадки должно быть лимитировано расстоянием до ближайшего водного объекта (открытого водоема, скважины), размером и ожидаемой производительностью. Площадку необходимо размещать в месте, позволяющем обеспечить подъезд техники. Подъездные пути должны соответствовать классу и грузоподъемности машин и механизмов, вовлеченных в процесс. Выезды должны быть оборудованы местами для мытья шасси транспорта. Размер площадки должен позволять разместить на ней планируемое количество грунта слоем в 0,3 - 0,4 метра, т.е. для одновременной обработки 10 000 м³ (16 500 тонн) загрязненного грунта требуемая площадь участка составит 25 000-30 000 м², или 2,5-3,0 Га.

Таблица 2.
Перечень основных машин и механизмов, необходимых для осуществления работ по биоремедиации

| № п/п | Позиция | Марка (или аналог) | Кол-во | Техническая характеристика |
|-------|---|--------------------|--------|---|
| 1 | Гусеничный или колесный экскаватор | Hitachi, CAT | 1 | Объем ковша 1,3 м ³ , глубинакопания 6 м |
| 2 | Бульдозер | Shantui | 1 | |
| 3 | Самосвал (при необходимости для доставки на спец. площадку) | КАМАЗ, Shacman | 4 | Грузоподъемность 20 т |
| 4 | Гусеничный или колесный трактор | ДТ-75, К-700, | 1 | Тяговый класс 3-5 |
| 5 | Дизель-генератор | AKSA, Kipor | 1 | 12-15 KWt |
| 6 | Воздушный компрессор | Airstat | 1 | 500 л. |

ВЫВОДЫ

На основании результатов анализа безопасности нефтепроводов показана необходимость совершенствования методов и средств обеспечения их безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Установлено, что основными направлениями повышения безопасности нефтепроводов в аварийных чрезвычайных ситуациях являются разработка методов и средств, направленных на снижение объема выхода нефти в окружающую среду и исключение попадания нефти, выходящей через аварийный разрыв, в грунт, на территории близлежащих населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений.

Установлено, что из существующих методов очистки нефтезагрязненных грунтов на территориях стран постсоветского пространства целесообразно применять микро-биологический метод с применением строительных технологий.

Представленный метод реабилитации нефтезагрязненного грунта «Парниковая грядка» повышает эффективность существующих методов микробиологической очистки грунта.

Список литературы

1. Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Объекты промыслового трубопроводного транспорта углеводородного сырья : учебное пособие / В. В. Шайдаков, К. В. Чернова, А. А. Селуянов [и др.]. – Москва : Инфра-Инженерия, 2019. – 132 с. – ISBN 978-5-9729-0255-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/86576.html> (дата обращения: 01.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. ГОСТ 34182-2017 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание» магистральный трубопровод (для нефти и нефтепродуктов) // СПС «Гарант». UR L: <https://docs.cntd.ru/document/1200146117>.
3. Методологические положения по статистике транспорта (утв. приказом Россстата от 29 декабря 2017 г. № 887) // СПС «Гарант». UR L: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metod-transp\(I\).pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metod-transp(I).pdf)
4. Правила охраны магистральных трубопроводов (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2017 г. N 1083) // СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/71764524/>
5. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция (утв. Приказом Госстроя от 25.12.2012 № 108/ГС) // СПС «Гарант». UR L: <https://docs.cntd.ru/document/1200103173>.
6. Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (утв. приказом Минтруда России от 27 августа 2018 г. № 553н) // СПС «Гарант».
7. Шацкая, Л. А. Трубопроводный транспорт газонасыщенных нефтей : учебное пособие / Л. А. Шацкая, Г. М. Орлова, Ю. В. Великанова. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС ACB, 2021. – 65 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/122193.html> (дата обращения: 16.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
8. RUSANOVA, G. V. 1997. Evolution of human-affected soils along a gas pipeline in the Northern Urals. In Eurasian Soil Science C/C of Pochvovedenie, vol. 30, no. 7, pp. 889–897.
9. SZÉPLAKY, D. – VASZI, Z. – VARGA, A. 2013. Effect of tem.
10. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» : Приказ Ростехнадзора от 21.12.2021 № 444 // Министерство России. – 2022. – 1 июня. – С. 48.
11. Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Объекты промыслового трубопроводного транспорта углеводородного сырья : учебное пособие / В. В. Шайдаков, К. В. Чернова, А. А. Селуянов [и др.]. – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 132 с. – ISBN 978-5-9729-0255-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/86576.html> (дата обращения: 20.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
12. Папуша, А. Н. Транспорт нефти и газа подводными трубопроводами. Проектные расчеты в компьютерной среде Mathematica / А. Н. Папуша. – Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. – 388 с. – ISBN 978-5-4344-0022-0. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/16646.html> (дата обращения: 23.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
13. McGill W.W. Soil restoration following oil spills – a review // J. Canad. Petrol. Technol., 1977.-V.16, №2. – P.60-67.
14. Пиковский, Ю. И. Углеводородное состояние почв в условиях загрязнения атмосферы локализованным промышленным источником / А. Н. Геннадьев, А. П. Жидкин, Ю. И. Пиковский и др. // Почвоведение. – 2016. – № 9. – С. 1-11.
15. Шамаева, А. А. Исследование процессов биоремедиации грунта и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология Башкирский гос. ун-т, Уфа, 2007. 23 с.
16. Лукашина, Е. В., Мадякин, В. Ф., Ганеев, И. Г. Технология детоксикации и рекультивации площадок нефтедобычи, выведенных из промышленного оборота // Вестник Казан. технол. ун-та, специальный выпуск – 2008 С. – 99-104
17. Шарибуллин, А. В. Сооружения и оборудование для хранения, транспортировки и отпуска нефтепродуктов : учебное пособие / А. В. Шарибуллин, Л. Р. Байбекова, С. Г. Смердов ; под редакцией А. В. Шарибуллин. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. – 135 с. – ISBN 978-5-7882-0973-9. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63996.html> (дата обращения: 26.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В БИОПРУДАХ

В. В. Маркин, к.т.н.; В. А. Маркин, к.т.н., доцент

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

Аннотация. Статья посвящена исследованию эффективности доочистки городских сточных вод в биологических прудах с естественной аэрацией на примере биопрудов очистной станции г. Доброполья. В результате исследования установлена высокая эффективность доочистки сточных вод по взвешенным веществам (73 %) и БПК (86 %), значительная эффективность по нитратам (51 %) и низкая – по фосфатам (24 %). Кроме того, выявлено повышение концентрации аммония и нитритов в стоках после биопрудов, вследствие процессов ассимиляционной и неполной диссимиляционной денитрификации соответственно. В результате сравнения качества доочистки сточных вод в 2016 и 2021 гг. установлено, что без проведения периодических мероприятий по очистке биопрудов их эффективность постепенно снижается. Рассмотрены существующие способы интенсификации очистки стоков в биопрудах и определено, что наиболее рациональным способом является культивирование в водоемах высшей водной растительности при условии ее своевременного удаления и последующей утилизации.

Ключевые слова: сточные воды, биологические пруды, доочистка, эффективность, взвешенные вещества, БПК, аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты



**Маркин
Вячеслав Владимирович**



**Маркин
Виктор Алексеевич**

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Биологические пруды представляют собой искусственно созданные водоемы для биологической очистки сточных вод (СВ), основанной на процессах, которые происходят при самоочищении природных водоемов. Биологические пруды устраиваются на водонепроницаемых или слабопроницаемых грунтах. Они предназначаются для очистки СВ прежде всего от органических соединений и могут быть применены в качестве сооружений основного этапа биологической очистки либо для доочистки стоков [1]. Данная работа посвящена исследованию эффективности биопрудов, используемых для доочистки городских СВ.

Процесс очистки СВ в биопрудах обычно предусматривается в аэробных условиях. Аэрация может быть естественная за счет диффузии кислорода из атмосферы или искусственная с применением пневматических или механических аэраторов. Кроме того, кислород выделяется фототрофными гидробионтами (микроводорослями, водными растениями) в процессе фотосинтеза. При этом водоросли поглощают углекислый газ, азот, фосфор и другие макро- и микроэлементы, снижая их содержание в СВ. Органические вещества, присутствующие в исходных СВ, а также образующиеся при отмирании фототрофных организмов, минерализуются сапроптической микробиотой, использующей растворенный кислород. Между фототрофными и сапроптическими организмами существует, с одной стороны, симбиоз, с другой стороны – антагонизм, так как некоторые водоросли выделяют бактерицидные вещества (фитонциды), которые приводят к гибели бактерий, в том числе и патогенных [2;3]. Таким образом в биопрудах возможно осуществление очистки СВ не только от органических веществ, но и от биогенных элементов – азота и фосфора, а также частичное снижение патогенной микрофлоры. Удаление азота и фосфора является особо актуальной современной природоохранной задачей, обусловленной острой необходимостью снижения темпов антропогенного эвтрофирования природных водоемов.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время биологические пруды редко применяются при новом строительстве городских канализационных очистных сооружений (КОС). Поскольку для их устройства требуются большие площади, предпочтение отдается более высокоэффективным и индустриальным способам доочистки [4]. Тем не менее, биологические пруды входят в состав многих существующих очистных станций малой, средней, а иногда и большой производительности. Кроме того, действующим сводом правил СП 32.1330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» биологические

пруды рекомендуется использовать для доочистки СВ среди прочих видов сооружений [5]. Однако, методологическая база по проектированию биопрудов является устаревшей, так как основная методика расчетов, приведенная в различной специализированной литературе, позволяет выполнить расчет только по одному показателю – БПК [6,7]. Данная методика взята из «старого» СНиП 2.04.03-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения» [8]. Рекомендации по расчету эффективности удаления из СВ биогенных соединений: азота аммонийного, нитритов, нитратов, фосфатов в специальной и нормативной литературе отсутствуют.

При этом в некоторых литературных источниках имеются данные об эффективности доочистки СВ в биопрудах по ряду показателей. Так, в источнике [9, с. 420] приведена информация об эффективности доочистки СВ в биопрудах в холодный и теплый периоды года. Недостатком приведенных данных является то, что диапазон значений эффективности и показателей довольно широкий. Из приведенной информации следует, что в холодный период эффект доочистки по взвешенным веществам, БПК и азоту аммонийному увеличивается по сравнению с теплым периодом (до 70-100 %), а по нитратам уменьшается (до 10 % зимой, в то время как летом – 10-30 %). По фосфатам данные вовсе не представлены.

В работе [10] были исследованы показатели эффективности нескольких биопрудов в Курской области. В частности, установлено, что биологические пруды ООО «Суджанский маслодельный комбинат» обеспечивают высокую эффективность доочистки СВ по взвешенным веществам (94,3 %), БПК_s (94,1 %), аммонийному азоту (72 %), нитритам (62,3 %), нитратам (70,2 %) в весеннее и летнее время. Данная тенденция противоречит источнику [9]. Также в исследовании [10] проанализирована работа биопрудов с высшей водной растительностью (ВВР) после очистных сооружений Курскводоканала и отмечена высокая эффективность доочистки по взвешенным веществам (90,7 %), фосфатам (82,4 %), нитритам (65,4 %), нитратам (65,4 %), общему железу (50 %). Столь высокие показатели могут быть объяснены применением в данных биопрудах ВВР. Достаточно высокая эффективность доочистки была обнаружена у биопрудов МУП «Водозабор»: 90,5 % – по взвешенным веществам, 87,1 % – по фосфатам, 96 % – по азоту аммонийному, 85,6 % – по нитритам, 25 % – по нитратам [10].

В целом, имеющиеся литературные данные по исследуемому вопросу в некоторой степени противоречивы. Кроме того, в изученных литературных источниках не описывается хронология изменения качества доочистки СВ в биопрудах за длительный период времени. Таким образом, дополнительные исследования эффективности доочистки СВ в биопрудах актуальны и имеют практическую ценность.

Целью работы является исследование эффективности доочистки городских СВ в биологических прудах на примере биопрудов канализационных очистных сооружений г. Доброполье.

Основной материал. Проектная производительность КОС г. Доброполья – 10 000 м³/сут. Фактиче-

ское количество поступающих на очистку стоков составляет около 2 350 м³/сут. СВ поступают в основном от жилых массивов города и от ряда предприятий хозяйственно-бытового сектора.

В состав технологической линии очистной станции г. Доброполья последовательно входят следующие сооружения: решетки с ручной очисткой, песковолки горизонтальные с круговым движением жидкости, первичные вертикальные отстойники, двухкоридорный аэротенк (реконструированный контактно-стабилизационный аэротенк), вторичные вертикальные отстойники, контактный резервуар и три биопруда. Обеззараживание осуществляется электролизным гипохлоритом натрия.

Сточные воды проходят через биологические пруды последовательно. Аэрация биопрудов естественная. Площадь первого биопруда составляет около 2 450 м², второго – 5 200 м², третьего – 4 700 м². Гидравлическая глубина биопрудов – около 1 м. Время пребывания СВ в первом биопруду – 1,02 суток, во втором – 2,2 суток, в третьем – 2,04 суток. Общее время пребывания – 5,26 суток. Нагрузка на поверхность зеркала воды первого пруда – 0,959 м³/(м²•сут), второго – 0,452 м³/(м²•сут), третьего – 0,5 м³/(м²•сут). В биопрудах отсутствуют направляющие дамбы или другие сооружения, повышающие степень использования объема, поэтому коэффициент его задействования невелик и согласно литературным данным составляет около 0,35.

Спутниковая фотография площадки очистных сооружений с биопрудами представлена на рис. 1. КОС располагаются фактически на границе городской застройки г. Доброполье.



Рис. 1. Спутниковая фотография площадки КОС г. Доброполья с биопрудами

Особенностью технологического режима сооружений биологической очистки КОС г. Доброполья является низкая нагрузка на активный ил – 100...200 мгБПК_s/(гб.в.•сут) (время аэрации – 22-24 часа), благодаря чему происходит глубокая нитрификация и концентрация азота аммонийного в сточной жидкости после вторичных отстойников снижается до 0,5...2 мг/дм³ (отдельные периоды даже до 0,1 мг/дм³).

Так как в аэротенке не предусмотрена денитрификация, то нитраты при этом повышаются до 100...200 мг/дм³.

Вторая особенность работы КОС г. Доброполья – хроническое «вспухание» активного ила. Иловый индекс обычно составляет 180...250 г/см³, а зачастую повышается и 300 г/см³. При таких чрезвычайно высоких значениях илового индекса происходит постоянный повышенный вынос хлопьев активного ила из вторичных отстойников в контактный резервуар и далее в первый биопруд. Вследствие этого в сточных водах, поступающих в первый биопруд, содержание взвешенных веществ и БПК₅ составляет 25...60 мг/дм³. Такие значения содержания взвесей и БПК₅ обусловлены именно наличием в биологически очищенных стоках неосевших хлопьев ила, так как после дополнительного отстаивания в лабораторном цилиндре и отбора проб воды из верхней части цилиндра данные показатели снижаются до 10...15 мг/дм³. Причины «вспухания» активного ила в рамках темы работы не описываются.

Реагентное или улучшенное биологическое удаление фосфатов на КОС г. Доброполья не предусмотрено, поэтому эффективность их снижения составляет около 30 %, а содержание в стоках после вторичных отстойников – 10...20 мг/дм³. Таким образом, в биопруды после очистных сооружений поступают СВ с повышенным содержанием взвешенных веществ, БПК, нитратов, фосфатов и низкой концентрацией азота аммонийного и нитритов.

Для оценки эффективности доочистки СВ в биопрудах КОС г. Доброполья были проанализиро-

ваны результаты лабораторно-производственного контроля работы очистных сооружений химико-бактериологической лабораторией Добропольского ПУВХ.

Исследование показателей качества СВ осуществлялось следующими методами: содержание взвешенных веществ – гравиметрическим методом по методике, аналогичной [11]; биохимическая потребность в кислороде – йодометрическим методом [12]; концентрация аммония в сточных водах – фотометрическим методом с реагентом Несслера [13]; концентрация нитрит-ионов – фотометрическим методом с реагентом Грисса [14]; концентрация нитратов – фотометрическим методом с салициловой кислотой [15]; концентрация фосфатов – фотометрическим методом с молибдатом аммония [16]. Фотометрические анализы проводились на фотоэлектроколориметре КФК-3. Содержание взвешенных веществ и азота аммонийного определялось пять раз в неделю, БПК₅, нитритов, нитратов и фосфатов – по два раза в неделю.

Данные проанализированы за 2016 и 2021 гг. с целью определения динамики изменения эффективности биопрудов при том, что их чистка в течение указанного периода не проводилась. Концентрации взвесей, БПК₅, азота аммонийного, нитритов и нитратов в СВ перед биопрудами и после них в 2016 г. (средние значения по неделям года) приведены на рисунках 2-6. Средние, максимальные и минимальные значения указанных показателей, а также эффективность доочистки СВ в биопрудах за 2016 г. приведены в таблице 1.

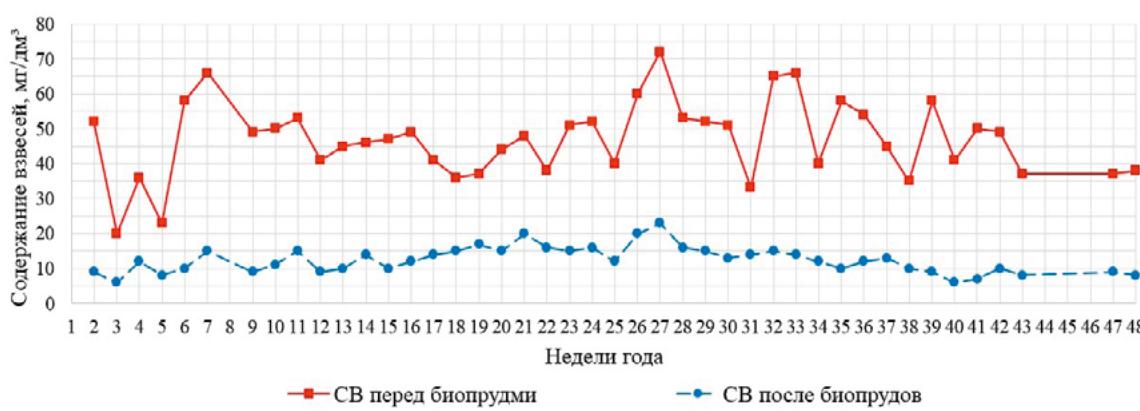


Рис. 2. Содержание взвешенных веществ в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2016 г.

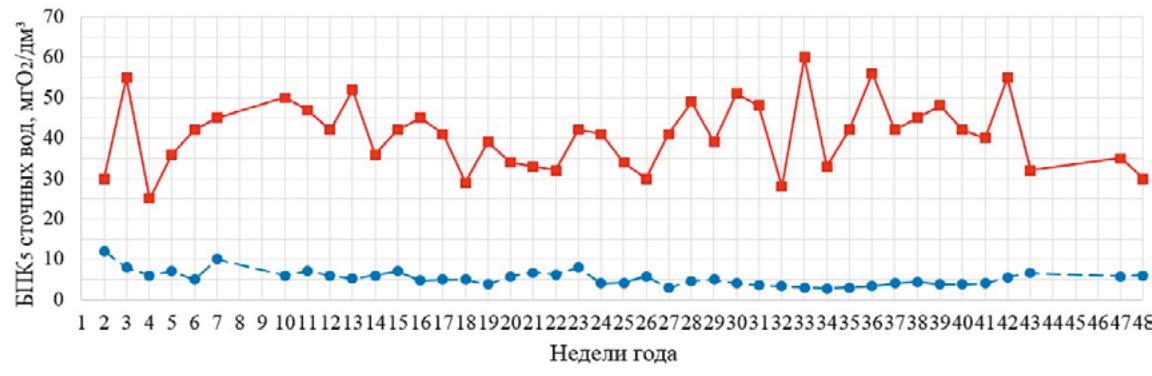


Рис. 3. БПК₅ сточных вод до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2016 г.

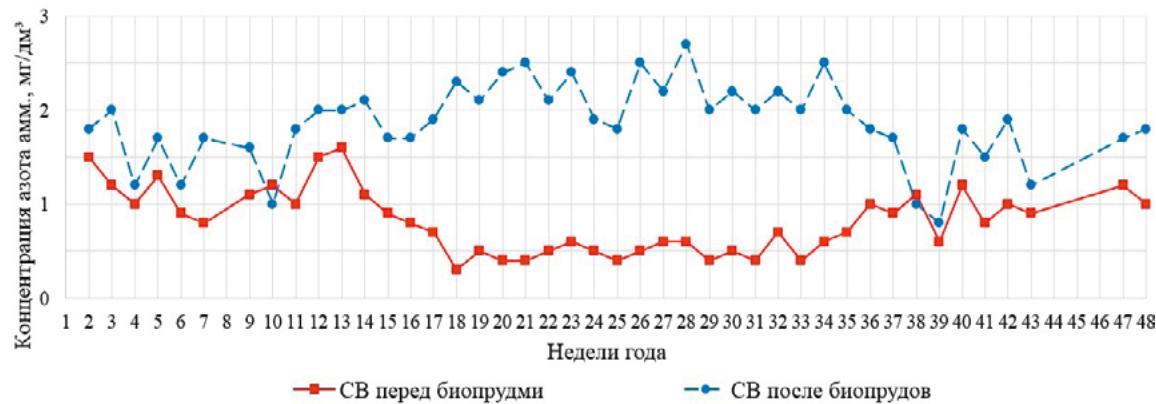


Рис. 4. Концентрация азота аммонийного в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2016 г.

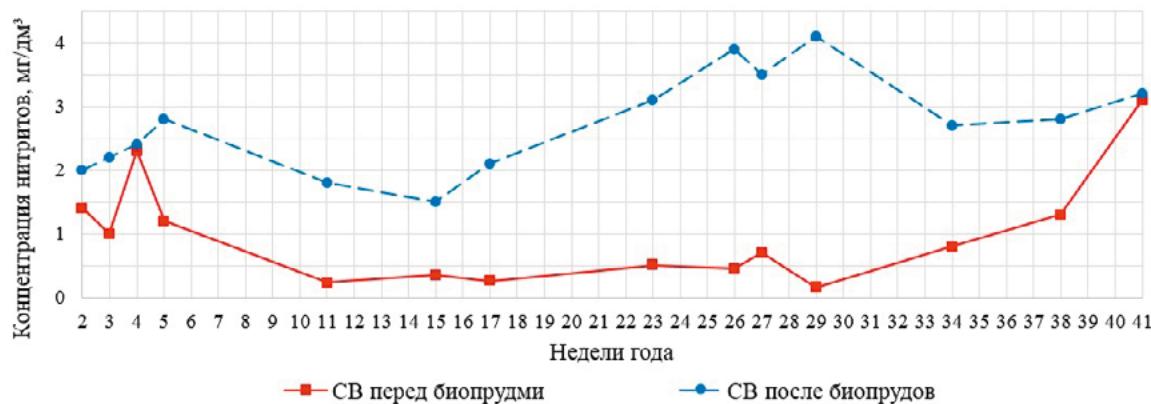


Рис. 5. Концентрация нитритов в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2016 г.

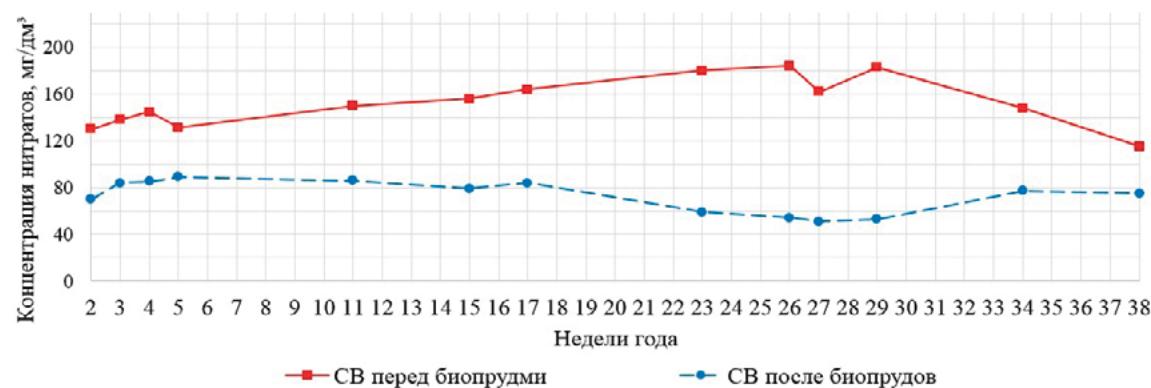


Рис. 6. Концентрация нитратов в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2016 г.

Таблица 1.

Эффективность доочистки СВ в биопрудах КОС г. Доброполья в 2016 г.

| Показатель | Ед. изм | Вход | | | Выход | | | Эффективность очистки, % | | |
|------------------|------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------------------------|------|-------|
| | | Макс. | Мин. | Сред. | Макс. | Мин. | Сред. | Макс. | Мин. | Сред. |
| Взвеш. в-ва | мг/дм³ | 72 | 20 | 43 | 23 | 6 | 12 | 86 | 54 | 73 |
| БПК ₅ | мг О ₂ /дм³ | 60 | 25 | 41 | 12 | 3 | 5 | 95 | 60 | 86 |
| Азот аммон. | мг/дм³ | 1,6 | 0,3 | 0,8 | 2,7 | 0,8 | 1,9 | - | - | - |
| Нитриты | мг/дм³ | 3,1 | 0,2 | 1 | 4,1 | 1,5 | 2,7 | - | - | - |
| Нитраты | мг/дм³ | 184 | 115 | 153 | 89 | 51 | 73 | 71 | 32 | 51 |

В приведенных данных прослеживаются следующие тенденции. Биологические пруды обеспечивают достаточно высокую эффективность доочистки СВ по взвешенным веществам – 73 %, со средней конечной концентрацией взвесей – 12 мг/дм³. При этом необходимо отметить, что в холодный период времени эффективность очистки несколько выше, чем в теплый, а конечное содержание взвесей соответственно ниже: 6-12 мг/дм³ – в холодное время и 10-23 мг/дм³ – в теплое (рис. 2).

Эффективность снижения БПК очень высокая в течение всего года. Средний эффект очистки составляет 86 %, конечные показатели – 3-12 мгО₂/дм³ (в среднем – 5 мгО₂/дм³).

Весьма интересные тенденции выявлены в изменениях содержания азота аммонийного и нитритов – их концентрации после биопрудов стабильно увеличиваются. При низких значениях на входе – 0,3-1,6 мг/дм³ азота аммонийного и 0,2-3,1 мг/дм³ нитритов – их содержание после биопрудов повышается до 0,8-2,7 мг/дм³ и 1,5-4,1 мг/дм³ соответственно. В изученных литературных источниках сведения об увеличении аммония и нитритов после биопрудов отсутствуют, напротив – даже при низких исходных концентрациях происходит дальнейшее снижение этих соединений [9;10]. Объяснить увеличение аммония и нитритов можно за счет процесса интенсивной денитрификации. Эффективность снижения нитратов составляет 32-71 %. Учитывая, что в СВ, поступающих в биопруды, количество легкодоступных растворенных органических веществ невелико,

можно предположить, что, наряду с диссимиляционной денитрификацией, в значительной мере проходит и ассимиляционная, в ходе которой нитраты поглощаются бактериями и водными растениями, используются для построения их клеточных структур (выработки белков, ферментов и т.д.), а после отмирания, распада и гидролиза клеточного вещества образуется, в конечном итоге, аммоний. Повышение нитритов может быть объяснено протеканием неполной диссимиляционной денитрификации, при которой некоторая часть нитритов не восстанавливается до N₂. В подтверждение этих предположений свидетельствует тот факт, что концентрации азота аммонийного и нитритов в большей степени повышаются в теплое время года, когда денитрификация происходит более интенсивно.

С целью определения динамики изменения эффективности доочистки СВ в биопрудах с течением времени при отсутствии мероприятий по их чистке, по аналогии была проанализирована эффективность биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г. (рис. 7-12, таблица 2).

Эффективность доочистки СВ в биопрудах по взвешенным веществам в 2021 г. составила в среднем 65 %, что на 8 % ниже по сравнению с 2016 г. При этом среднее конечное содержание взвесей повысилось с 12 мг/дм³ до 17 мг/дм³. На графике (рис. 7) также можно заметить некоторое повышение содержания взвешенных веществ в теплый период года по сравнению с холодным: 10-18 мг/дм³ – в холодное время и 15-28 мг/дм³ – в теплое.

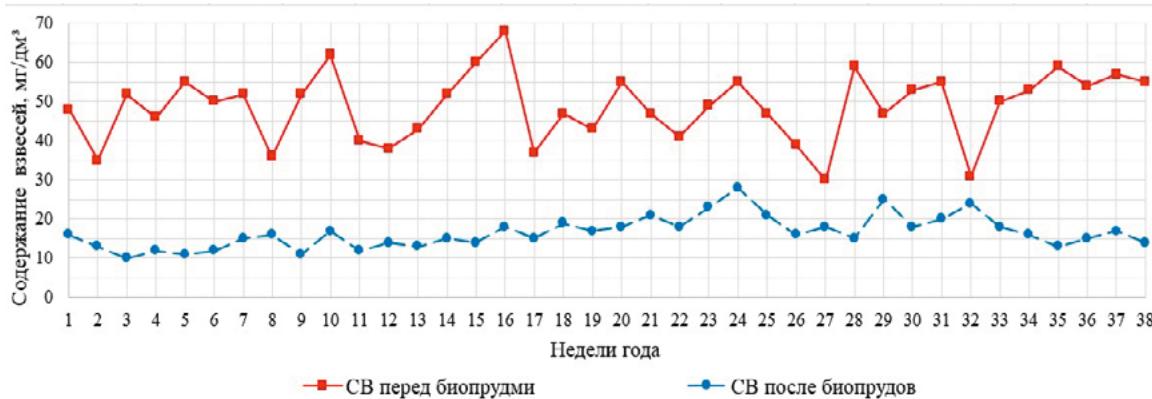


Рис. 7. Содержание взвесей в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

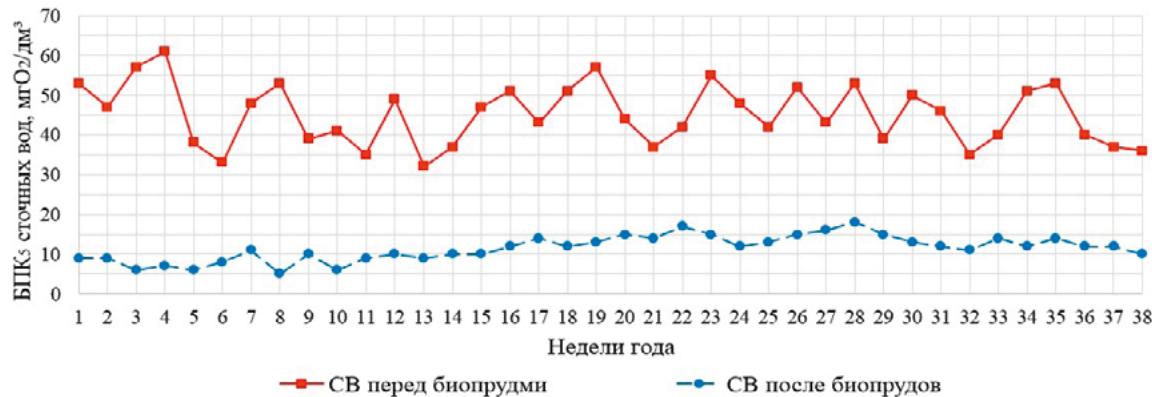


Рис. 8. БПК₅ сточных вод до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

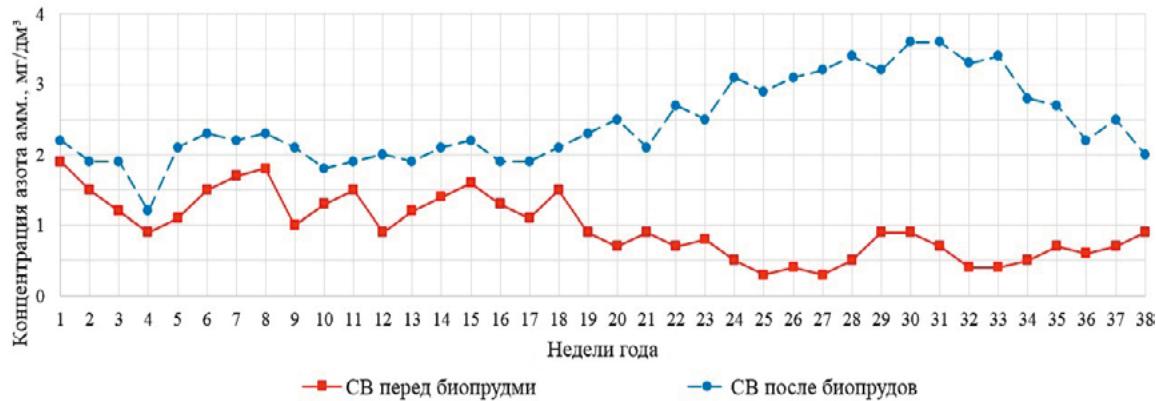


Рис. 9. Концентрация азота аммонийного в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

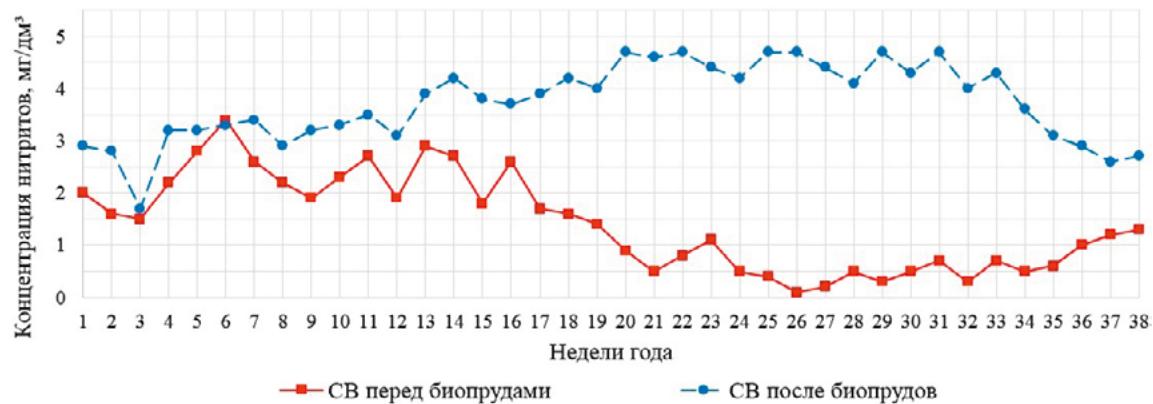


Рис. 10. Концентрация нитритов в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

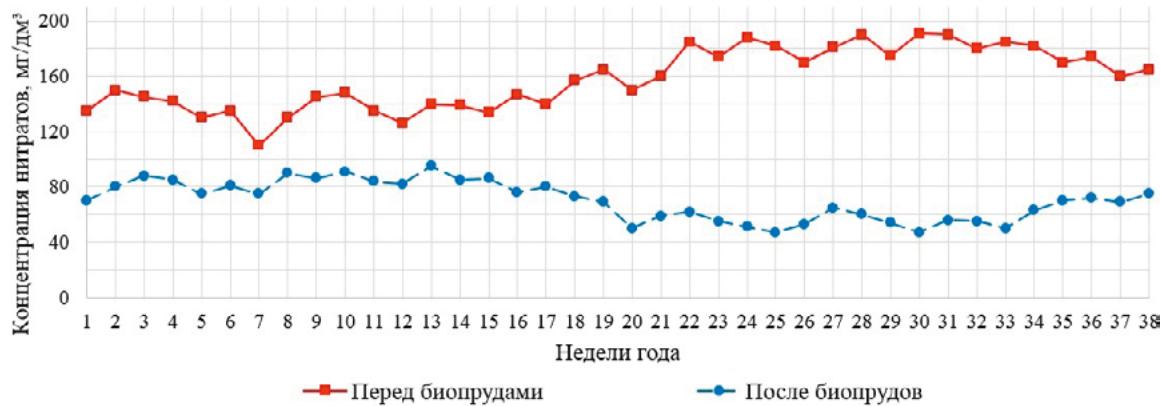


Рис. 11. Концентрация нитратов в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

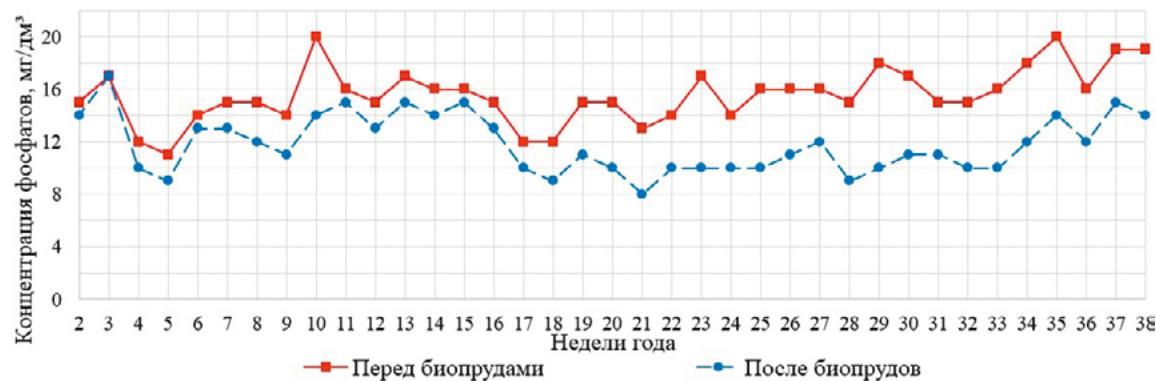


Рис. 12. Концентрация фосфатов в СВ до и после биопрудов КОС г. Доброполья в 2021 г.

Таблица 2.

Эффективность доочистки СВ в биопрудах КОС г. Доброполья за 2021 г.

| Показатель | Ед. изм | Вход | | | Выход | | | Эффективность очистки, % | | |
|------------------|-----------------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------------------------|------|-------|
| | | Макс. | Мин. | Сред. | Макс. | Мин. | Сред. | Макс. | Мин. | Сред. |
| Взвеш. в-ва | мг/дм ³ | 68 | 30 | 49 | 28 | 10 | 17 | 81 | 23 | 65 |
| БПК ₅ | мгO ₂ /дм ³ | 61 | 32 | 45 | 18 | 5 | 11 | 91 | 60 | 74 |
| Азот амм. | мг/дм ³ | 1,9 | 0,3 | 1,0 | 3,6 | 1,2 | 2,5 | — | — | — |
| Нитриты | мг/дм ³ | 3,4 | 0,1 | 1,4 | 4,7 | 1,7 | 3,7 | — | — | — |
| Нитраты | мг/дм ³ | 191 | 110 | 158 | 95 | 47 | 70 | 75 | 30 | 54 |
| Фосфаты | мг/дм ³ | 20 | 11 | 16 | 17 | 8 | 12 | 0 | 44 | 24 |

Эффект доочистки по БПК₅ снизился по сравнению с 2016 г. на 12 % и составил в среднем 74 %, среднее конечное значение БПК₅ – 11 мгO₂/дм³. В отличие от 2016 г. в 2021 г., по аналогии со взвешенными веществами, прослеживается тенденция снижения эффекта очистки по БПК в теплый период года: конечное БПК₅ в теплый период – 11-18 мгO₂/дм³, в холодный – 6-11 мгO₂/дм³.

Концентрация азота аммонийного в СВ перед биопрудами в 2021 г. находилась в пределах от 0,3 до 1,9 мг/дм³, то есть была практически на таком же уровне, как и в 2016 г. После биопрудов концентрация азота аммонийного, как и в 2016 г., стабильно возрастает, однако, конечные значения уже выше – 1,2-3,6 мг/дм³. Тенденция увеличения концентрации аммония после биопрудов в теплый период года сохраняется (рис. 9).

Похожая картина наблюдается и с нитритами: их содержание на выходе выросло по сравнению с 2016 г. в среднем до 3,7 мг/дм³, что на 1 мг/дм³ выше. В теплое время года концентрации нитритов в стоках после биопрудов также возрастают (1,7-3,5 мг/дм³ – в холодное время и 2,6-4,7 мг/дм³ – в теплое).

Показатели доочистки СВ от нитратов практически сопоставимы с 2016 г.: средняя эффективность снижения – 54 %, концентрации нитратов в СВ после биопрудов 47-95 мг/дм³ (в среднем 70 мг/дм³). В теплый период года интенсивность денитрификации повышается с 31-48 % до 43-75 %.

Эффективность доочистки СВ от фосфатов составила в среднем 24 %. Концентрация фосфатов перед биопрудами – 11-20 мг/дм³, после них – 8-17 мг/дм³. При этом эффект очистки в теплое время года (17-44 %) значительно выше, по сравнению с холодным (0-20 %).

Подводя итог анализа эффективности биопрудов КОС г. Доброполья, можно заключить, что они обеспечивают высокий эффект доочистки СВ по взвешенным веществам и БПК, довольно значительный по нитратам за счет ассимиляционной и диссимиляционной денитрификации, однако, азот аммонийный и нитриты при этом наоборот увеличиваются. Кроме того, эксплуатация биопрудов без проведения мероприятий по поддержанию их очистительной способности приводит к постепенному накоплению в водоемах органических веществ, биогенных элементов, эвтрофированию и снижению качества очистки.

Необходимо отметить, что показатели эффективности биопрудов КОС г. Доброполья значительно

ниже по сравнению с эффективностью биопрудов со специальным культивированием ВВР и другими интенсифицирующими технологиями, особенно по азоту аммонийному, нитритам и фосфатам [10]. На территории ДНР довольно много биопрудов, аналогичных биологическим прудам КОС г. Доброполья, и, соответственно, имеется возможность существенно повысить качество доочистки СВ за счет интенсификации их работы.

Повышение эффективности доочистки СВ в биопрудах возможно несколькими способами:

- устройством систем искусственной аэрации;

- строительством внутри водоемов насыпных валов, образующих «змеевидные» коридоры (повышается процент задействования объема, скорость потока жидкости и исключается образование застойных зон);

- устройством подводных фильтрационных дамб из сорбционных материалов с выращиванием на их поверхности ВВР;

- культивированием в биопрудах ВВР.

Последний способ наиболее перспективный и наименее затратный. Он заключается в специальном выращивании в биопрудах ВВР. Вдоль берегов высаживаются такие растения как: камыш, рогоз, тростник, аир, сусак, ирис, стрелолист и др. Они же могут быть определенным образом высажены и по всей площади водоема. Кроме того, в водоеме эффективно культивирование придонных водорослей и растений – элодеи, урути, телореза, а также свободноплавающих – рдеста, эйхорния и др. ВВР выгодны тем, что они выделяют кислород не только в поверхностных слоях водоема, как сине-зеленые планктонные водоросли, но и в глубинных. ВВР быстро поглощают различные растворенные вещества (в т. ч. аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты) и являются конкурентами одноклеточных и мелких водорослей, при этом их гораздо проще удалять из водоема, не допуская разложения растений и протекания процессов эвтрофирования [11]. Отмершие растения можно утилизировать различными способами, например, в качестве корма для скота.

ВЫВОДЫ

В работе исследована эффективность доочистки городских СВ в биологических прудах с естественной аэрацией КОС г. Доброполья. Установлена высокая эффективность доочистки СВ по взвешенным веще-

ствам (73 %) и БПК (86 %), значительная эффективность по нитратам (51 %), низкая – по фосфатам (24 %) и повышение концентраций аммония и нитритов. Установлено, что без проведения периодических мероприятий по очистке водоемов их эффективность постепенно снижается. Рассмотрены существующие способы интенсификации очистки СВ в биопрудах и в качестве наиболее рационального способа выделено культивирование в биопрудах ВВР при условии ее своевременного удаления и последующей утилизации.

Список литературы

1. Кутузов, А. Г. Очистка сточных вод / А. Г. Кутузов, Г. Р. Патракова, М. А. Рузанова. – Казань : Издательство КНИТУ, 2020. – 108 с. – ISBN 978-5-7882-2849-5. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/121020.html> (дата обращения: 11.01.2023).
2. Барабаш, Н. В. Биохимические методы очистки сточных вод / Н. В. Барабаш. – Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. – 98 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63076.html> (дата обращения: 11.01.2023).
3. Garcia-Rodríguez, A. The ability of biologically based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants – a review / A. Garcia-Rodríguez, V. Mata-moros, C. Fontas, V. Salvado. – Text: direct / Environmental Science and Pollution Research. – 2014. – V. 21. – P. 11708-11728.
4. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с. – Текст: непосредственный.
5. СП 32.13330.2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 / Введ. взамен СП 32.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.; введ. 2019-06-26. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 76 с. – Текст: непосредственный.
6. Корзун, Н. Л. Биотехнологии очистки сточных вод городов и предприятий / Н. Л. Корзун. – Саратов : Вузовское образование, 2014. – 187 с. – Текст: электронный// Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/20405.html> (дата обращения: 11.01.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
7. Гудков, А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод / А. Г. Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с. – Текст: непосредственный.
8. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 1985-05-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 87 с. – Текст: непосредственный.
9. Ковальчук В. А. Очистка сточных вод / В. А. Ковальчук. – Ровно: ОАО «Рівненська друкарня», 2002. – 622 с. – Текст: непосредственный.
10. Лукьянчиков, Д. И. Защита поверхностных вод Курской области от антропогенного загрязнения путем применения биологических прудов с высшей водной растительностью : специальность 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Лукьянчиков Дмитрий Игоревич. – Курск, 2012. – 24 с. – Текст: непосредственный.
11. ПНДФ 14.1:2:4.254-2009. Методика измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом : утв. ФБУ «ФЦАО» 28.08.2012 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2012. – 14 с. – Текст : непосредственный.
12. ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах : утв. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды 21.03.1997 : дата актуализации 2004-03-03 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2004. – 37 с. – Текст : непосредственный.
13. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реагентом Несслера : утв. ФБУ «ФЦАО» 28.05.2017 : аттестована Центром метрологии и сертификации «СЕРТИМЕТ» Уральского отделения РАН : дата введ. 2017-09-01 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2017. – 26 с. – Текст : непосредственный.
14. НДП 10.1:2:3.91-06. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реагентом Грасса : утв. ЗАО «РОСА» 12.09.2011 : дата введ. 2011-03-05 : дата актуализации 2017-05-05 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2017. – 10 с. – Текст : непосредственный.
15. ПНД Ф 14.1:2:4.4-95. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой : утв. ФБУ «ФЦАО» 23.03.2011 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2011. – 18 с. – Текст : непосредственный.
16. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония : утв. ФБУ «ФЦАО» 23.03.2011 / разраб. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2011. – 18 с. – Текст : непосредственный.
17. Сардина, А. С. Возможности использования макрофитов для очистки сточных вод / А. С. Сардина, А. М. Капизова, А. Э. Усынина, Н. С. Шубаев. – Текст: непосредственный // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы : Материалы III Междунар. научно-практической конференции, Астрахань, 27–28 ноября 2020 года / Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2020. – С. 250-255.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. Н. Андрийчук; В. И. Соколов, д.т.н., профессор; Н. Д. Андрийчук, д.т.н., профессор; Т. Е. Шевцова
ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

Работа посвящена улучшению эксплуатационных характеристик вентиляционных систем совершенствованием конструктивных элементов, связывающих воздуховод с нагнетательным патрубком вентилятора. Рассмотрены вентиляторные установки с центробежными (радиальными) вентиляторами, особенностью которых является существенная неравномерность поля скоростей воздушного потока на выходе нагнетательного патрубка, деформация его структуры и возникновение крупномасштабных завихрений. Для улучшения аэродинамических характеристик вентиляторной установки обобщены рекомендации по проектированию за выходным патрубком диффузора, обеспечивающего снижение сопротивления вентиляционной системы. Численным моделированием турбулентного потока в конструктивных элементах на выходе нагнетательного патрубка обоснована целесообразность выполнения выравнивающей пластины в диффузорном расширении в виде составных частей. Выполнены экспериментальные исследования аэродинамических характеристик вентиляторной установки при использовании в диффузорном расширении составной выравнивающей пластины. По результатам экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по размещению составной пластины в несимметричном диффузоре, при котором достигается максимальное увеличение производительности центробежного вентилятора. В качестве основных геометрических параметров, определяющих улучшение аэродинамических характеристик вентиляторной установки, принималась глубина погружения передней части пластины в нагнетательный патрубок и расстояние задней части пластины от боковой поверхности диффузора. Повышение производительности вентилятора обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик вентиляционной системы.

Ключевые слова: вентиляционная система, центробежный вентилятор, несимметричный диффузор, выравнивающая пластина, аэродинамические характеристики.



**Андрійчук
Владислав Николаевич**



**Соколов
Владимир Ильич**



**Андрійчук
Ніколай Данилович**



**Шевцова
Татьяна Евгеньевна**

ВВЕДЕНИЕ

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК) являются одной из наиболее важных составляющих проектирования и разработки промышленных и административных зданий и жилых помещений [1-3]. Системы ОВК с помощью подачи наружного воздуха поддерживают в них безопасные и комфортные условия по температуре, влажности, скорости движения воздуха и чистоте воздушной среды. Основными задачами управления системами ОВК являются [4-6]: создание и поддержание микроклимата в пределах здания, сооружения или помещения, комфорtnого для человека или животных и растений, а также материальных предметов (оборудования, веществ, изделий, произведений искусства и т. п.); энергосбережение или экономия энергии, затрачиваемой на создание и поддержание микроклимата; технологическая безопасность системы и снижение затрат на ее эксплуатацию.

Затраты на системы ОВК и, в частности, системы вентиляции составляют значительную часть затрат на эксплуатацию здания и во многом определяются правильным подходом к их проектированию. При анализе совокупных затрат в ряде случаев получается, что покупная стоимость составляет иногда очень небольшую часть, часто около 10 %. Остальные 90 % идут на эксплуатационные затраты [4, 7, 8].

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ

Улучшение эксплуатационных характеристик вентиляционных систем, снижение их эксплуатационных затрат требует установки элементов присоединения центробежного вентилятора к вентиляционной системе, конструкции которых обеспечивали бы оптимальные аэродинамические характеристики вентиляторных установок [3, 4, 9]. Центробежные вентиляторы присоединяются к системе воздуховодов через диффузоры, отводы, гибкие вставки, а также участки воздуховодов [10-13].

Расположение таких элементов сразу после нагнетательного патрубка требует дополнительного изучения, поскольку на выходе из него воздушный поток характеризуется неравномерным полем скорости, наклоном потока, значительной турбулентностью и крупномасштабными завихрениями [14-16]. Поэтому для эффективной работы вентиляционной системы необходимо определить оптимальные геометрические параметры самих конструктивных элементов и их размещения, обеспечивающих минимальные потери.

В этой связи актуальной является задача улучшения эксплуатационных характеристик вентиляционных систем путем совершенствования их конструктивных элементов. Совершенствование элементов, связывающих выходной патрубок центробежного вентилятора с нагнетательным воздуховодом, позволит снизить аэродинамическое сопротивление системы, уменьшить потери давления и, как следствие, повысить производительность вентиляторной установки.

Целью работы является улучшение эксплуатационных характеристик вентиляционных систем совершенствованием конструктивных элементов, связывающих воздуховод с нагнетательным патрубком вентилятора.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Достижение сформулированной цели выполнено на основе комплексного подхода в теоретических и экспериментальных исследованиях. В работе использованы методы компьютерного моделирования и методы экспериментальных исследований на лабораторных стендах.

Как отмечено выше, улучшение аэродинамических характеристик вентиляторных установок достигается совершенствованием конструктивных элементов соединения воздуховодов с выходными патрубками вентиляторов, в качестве которых могут быть использованы различного вида диффузоры [4, 15]. Исследования диффузоров с равномерным распределением скоростей на входе показывают, что для предупреждения больших потерь давления в них, угол раскрытия должен быть небольшим $\alpha_d \leq 14$ (рис. 1, а), поскольку дальнейшее увеличение этого угла способствует крупномасштабному турбулентному перемешиванию потока, отрыву пограничного слоя от стенки диффузора и связанным с этим сильным вихреобразованием, вследствие чего коэффициент потерь диффузора существенно возрастает. Вместе с тем, значительное увеличение длины диффузора

(при небольших углах расширения) является неудобным с точки зрения монтажной целесообразности, поэтому вместо относительно длинных диффузоров применяют более короткие, хотя и с увеличенными потерями давления в них. Условия протекания потока в коротких диффузорах (с большими углами раскрытия) могут быть существенно улучшены, а сопротивление уменьшено, если предотвратить отрыв потока или ослабить вихреобразование. Основные способы и мероприятия, способствующие улучшению течения в диффузорах [10-13], представлены на рис. 1-4.

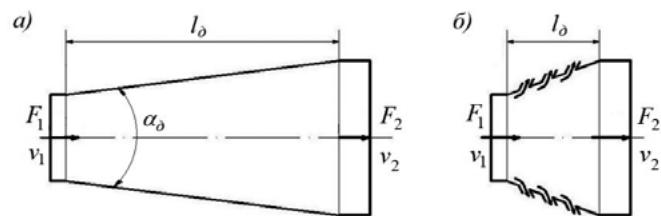


Рис. 1. Повышение эффективности диффузоров:
а) уменьшения угла раскрытия диффузора;
б) отсос пограничного слоя

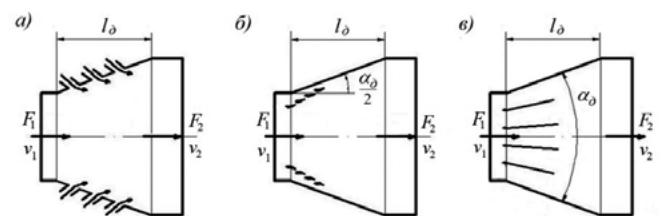


Рис. 2. Повышение эффективности диффузоров:
а) сдув пограничного слоя;
б) установка направляющих лопаток (дефлекторов);
в) установка укороченных разделяющих стенок

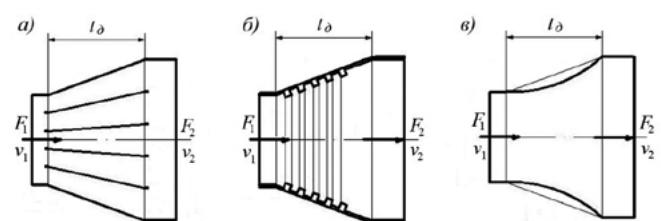


Рис. 3. Повышение эффективности диффузоров:
а) установка удлиненных разделяющих стенок;
б) обребение внутренних поверхностей стенок диффузора;
в) изоградиентный криволинейный диффузор

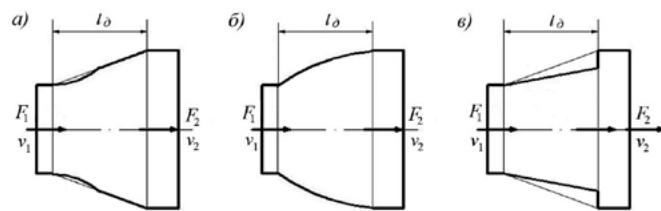


Рис. 4. Повышение эффективности диффузоров:
а) криволинейный диффузор;
б) предотрывный диффузор;
в) ступенчатый диффузор

Как отмечалось нами ранее, особенностью диффузора, размещенного непосредственно после нагнетательного патрубка центробежного вентилятора, является формирование неравномерного и несимметричного поля скоростей в начальном его сечении. Поэтому нагнетательный поток в диффузоре вентиляторной установки отличен от течений в диффузорах с равномерным распределением скорости.

Для дополнительного анализа структуры потока в конструктивных элементах, связывающих выходной патрубок и воздуховод, проведено численное моделирование турбулентного течения в модуле Flow Simulation программного комплекса SOLIDWORKS [17].

При описании турбулентного течения применялась стандартная $k-\epsilon$ модель турбулентности [14, 16], в основу которой положен анализ изменения кинетической энергии k турбулентного потока и скорости ее диссипации ϵ . Для расчета дополнительных турбулентных напряжений использовалась концепция турбулентной вязкости с определением кинематического коэффициента турбулентной вязкости vt по «связке» Прандтля-Колмогорова.

На рис. 5-6 показаны двумерные графики с векторами скоростей (длина стрелок показывает величину скорости) и изолиниями, которые показывают линии и области одинаковых диапазонов результирующих скоростей (каждая область закрашена в разный цвет).

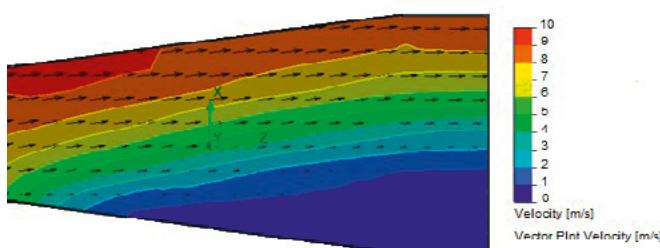


Рис. 5. Распределение скоростей, изолиний и векторов скоростей в диффузоре с неравномерным полем скоростей в начальном сечении

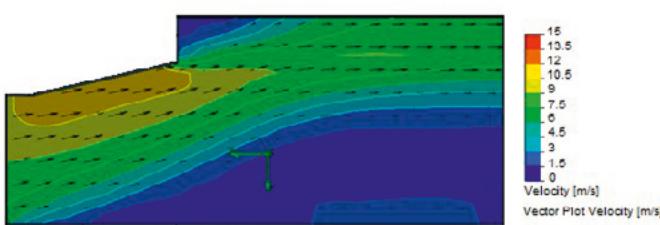


Рис. 6. Распределение скоростей, изолиний и векторов скоростей в несимметричном ступенчатом диффузоре с неравномерным полем скоростей в начальном сечении

Численное моделирование убедительно показывает, что для выравнивания потока целесообразным является установка в диффузоре составной выравнивающей пластины с разными углами ее частей и погружением передней по потоку части в зону выходного патрубка вентилятора. И в большей степени дан-

ную рекомендацию следует применить, когда в силу монтажных требований в качестве конструктивного элемента соединения воздуховода с выходным патрубком вентиляторов используется несимметричный диффузор.

На рис. 7 показана составная выравнивающая пластина в несимметричном диффузоре. Благодаря разным углам наклона α_1 и α_2 соответственно составных частей пластины (рис. 7, а), их направления приближаются к линиям тока воздушного потока, поэтому уменьшается дополнительная деформация потока и вихреобразование на отдельных участках пластины. Это обеспечивает снижение потерь энергии воздушного потока в зоне выхода потока из центробежного вентилятора и в зоне несимметричного диффузора. Снижение потерь энергии позволяет повысить напор и производительность центробежного вентилятора, тем самым, улучшить его аэродинамические характеристики.

Исследование аэродинамических характеристик вентиляторной установки с центробежным вентилятором при наличии составной выравнивающей пластины проведено на экспериментальном стенде, схема которого показана на рис. 8. Здесь обозначены: 1 – центробежный вентилятор (В), 2 – входной патрубок вентилятора, 3 – всасывающий воздуховод (ВВ) с установленным коллектором (К) для измерения расхода воздуха, 4 – выходной патрубок вентилятора, 5 – несимметричный диффузор (НД), 6 – нагнетательный воздуховод (НВ), в котором установлен дроссель-клапан (ДК) для регулирования режимов работы вентилятора, 7 – составная выравнивающая пластина. На экспериментальной установке использован вентилятор ВР 80-75.1 № 2,5 с частотой вращения рабочего колеса $n = 1450$ об/мин.

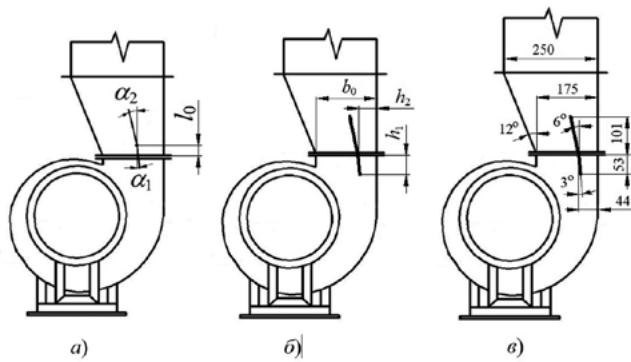


Рис. 7. Составная выравнивающая пластина в несимметричном диффузоре

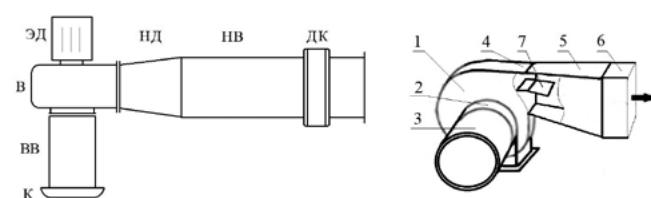


Рис. 8. Схема экспериментальной установки

Экспериментальные исследования убедительно показывают повышение производительности вентиляторной установки с центробежным вентилятором

при наличии составной выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре. На рис. 9 показано сравнение аэродинамических характеристик вентиляторной установки без пластины и с пластиной, размеры которой приведены на рис. 7, в.

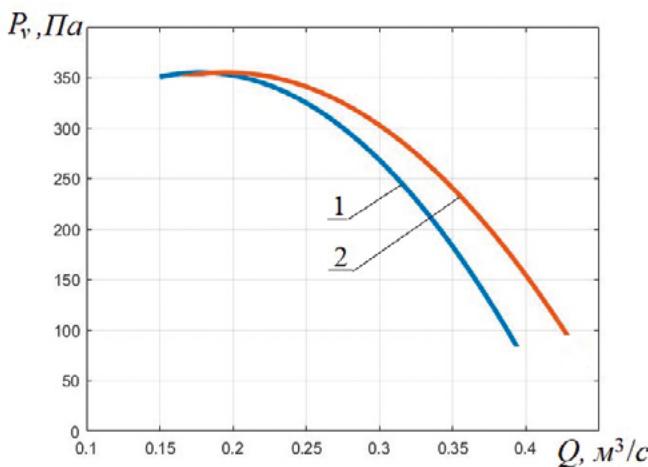


Рис. 9. Аэродинамические характеристики вентиляторной установки
(1 – без пластины, 2 – при наличии составной выравнивающей пластины)

Экспериментальные исследования показали, что расположение точки изгиба составных частей выравнивающей пластины относительно плоскости соединения выходного патрубка вентилятора с несимметричным диффузором в диапазоне расстояний $l_0 = \pm 0,05b_0$ (рис. 7, а, б) оказывало влияние в диапазоне погрешности измерений. Поэтому в дальнейших исследованиях по разработке рекомендаций для установки выравнивающей пластины было принято оптимальным считать выполнение различных углов наклона частей пластины на линии присоединения выходного патрубка к диффузору, т.е. положить $l_0 = 0$ (рис. 7, а). Следует отметить, что вышеизложенное имеет место в зоне номинальных режимов работы центробежного вентилятора и при угле раскрытия несимметричного диффузора $\alpha_d \leq 14^\circ$.

При проведении экспериментальных исследований выполнялся анализ влияния на аэродинамические характеристики вентиляторной установки следующих геометрических параметров составной выравнивающей пластины (рис. 7, б):

α_1 – угол наклона участка выравнивающей пластины к нормали поперечного сечения в зоне выходного патрубка вентилятора;

α_2 – угол наклона участка выравнивающей пластины к нормальной оси поперечного выходного патрубка в зоне несимметричного диффузора;

- безразмерная глубина вхождения передней части пластины в выходной патрубок

$$\bar{h}_1 = h_1/b_0, \quad (1)$$

где h_1 – глубина вхождения передней (по отношению к воздушному потоку) части пластины в выходной патрубок центробежного вентилятора; b_0 –

размер стороны выходного патрубка, поперек которого устанавливается пластина;

- безразмерное расстояние от прямой стенки несимметричного диффузора

$$\bar{h}_2 = h_2/b_0, \quad (2)$$

где h_2 – безразмерное расстояние от прямой стенки несимметричного диффузора до точки изгиба составных частей выравнивающей пластины. h_2 – расстояние от стенки;

- безразмерная суммарная длина пластины

$$\bar{b} = b/b_0, \quad (3)$$

где b – суммарная длина наклонных частей составной выравнивающей пластины.

Экспериментальные исследования показали, что оптимальные геометрические параметры размещения выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре, при которых наблюдается максимальное повышение производительности центробежного вентилятора, зависят от режима его работы, поскольку режим работы существенно влияет на кинематику и структуру потока в конструктивных элементах вентиляторной установки.

Для зоны номинальных режимов работы вентилятора и безразмерной суммарной длины наклонных частей пластины $\bar{b} = 0,6...1$ оптимальными следует считать следующие диапазоны линейных размеров которые обеспечивают относительное повышение расхода центробежного вентилятора не менее 8 %.

$$\bar{h}_1 = 0,25...0,35; \bar{h}_2 = 0,2...0,3, \quad (4)$$

Повышение производительности в большей степени достигается для более узкого диапазона линейных размеров

$$\bar{h}_1 = 0,25...0,3; \bar{h}_2 = 0,25...0,3, \quad (5)$$

в котором для зоны максимального КПД вентилятора относительное повышение расхода составляет 10...12 %.

Результаты проведенных исследований показали, что зоне максимального улучшения аэродинамических характеристик вентиляторной установки соответствуют следующие углы наклона составных частей выравнивающей пластины

$$\alpha_1 \approx \alpha_d/4; \alpha_2 \approx \alpha_d/2. \quad (6)$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе проведены исследования по улучшению эксплуатационных характеристик вентиляционных систем совершенствованием конструктивных элементов, связывающих воздуховод с нагнетательным патрубком вентилятора.

Рассмотрены вентиляторные установки с центробежными (радиальными) вентиляторами, особенностью которых является существенная

неравномерность поля скоростей воздушного потока на выходе нагнетательного патрубка, деформация его структуры и возникновение крупномасштабных завихрений. Для улучшения аэродинамических характеристик вентиляторной установки обобщены рекомендации по проектированию за выходным патрубком диффузора, обеспечивающего снижение сопротивления вентиляционной системы.

Численным моделированием турбулентного потока в конструктивных элементах на выходе нагнетательного патрубка обоснована целесообразность выполнения выравнивающей пластины в диффузорном расширении в виде составных частей. Выполнены экспериментальные исследования аэродинамических характеристик вентиляторной установки при использовании в диффузорном расширении составной выравнивающей пластины. По результатам экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по размещению составной пластины в несимметричном диффузоре, при котором достигается максимальное увеличение производительности центробежного вентилятора. В качестве основных геометрических параметров, определяющих улучшение аэродинамических характеристик вентиляторной установки принималась глубина погружения передней части пластины в нагнетательный патрубок и расстояние задней части пластины от боковой поверхности патрубка.

Повышение производительности вентилятора обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик вентиляционной системы.

Список литературы

1. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балуева, А. Д. Гальперин [и др.]. – Москва: ЕвроКлимат, 2003. – 416 с.
2. Howell, R. Principles of heating ventilating and air conditioning / Ronald H. Howell. – Atlanta: ASHRAE, 2017. – 594р.
3. Свистунов, В. М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В. М. Свистунов, Н. К. Пушняков. – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 423 с.
4. Каменев, П. Н. Вентиляция. Учебное пособие / П. Н. Каменев, Е. И. Тертичник. – Москва: АСВ, 2008. – 624 с.
5. Ahmed, A. Q. Energy saving and indoor thermal comfort evaluation using a novel local exhaust ventilation system for office rooms / A.Q. Ahmed, S. Gao, A.K. Kareem // Applied Thermal Engineering. – 2017. – No 110. – P. 821-834.
6. Sokolov, V. Measurement of Impurity Concentration in Turbulent Flows of Ventilation Systems Channels / V. Sokolov, O. Krol // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 2096. – 012102.
7. Беккер, А. М. Системы вентиляции / А. М. Беккер. – Москва: Техносфера, ЕвроКлимат, 2005. – 232 с.
8. Sokolov, V. Increasing Efficiency of Ventilation Systems with Vortex Regulation Devices / V. Sokolov // Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2023. – P. 1012-1022.
9. Sokolov, V. Increased measurement accuracy of average velocity for turbulent flows in channels of ventilation systems / V. Sokolov // Proceedings of the 6th international conference on industrial engineering. ICIE 2020. Lecture notes in mechanical engineering. – Cham: Springer, 2021. – Vol. 2. – P. 1182-1190.
10. Временные методические рекомендации по проектированию входных и выходных элементов вентиляторных установок. – Москва: ЦНИИПромзданий, 1976. – 25 с.
11. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – Москва: Машиностроение, 1975. – 554 с.
12. Франкфурт, М. О. Экспериментальное исследование диффузоров с щелевым отсасыванием воздуха из пограничного слоя / М. О. Франкфурт // Промышленная аэrodинамика. – М.: Машиностроение, 1973. – Вып. 30. – С. 41–49.
13. Идельчик, И. Е. Исследование коротких диффузоров с разделительными стенками. / И. Е. Идельчик // Теплоэнергетика. – 1958. – №8. – С. 21–26.
14. Effect of the turbulence model on the heat ventilation analysis in a box prototype / Hani Benguesmia, Badis Bakri, Zied Driss [etc.] // Diagnostyka. – 2020. – Vol. 21. – No. 3. – P. 55-66.
15. Соколов, В. І. Гідравліка / В. І. Соколов, О. С. Кроль, О. В. Єніфанова. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. – 160 с.
16. Zhai, Z. J. Evaluation of various turbulence models in predicting airflow and turbulence in enclosed environments by cfd: Part 1—summary of prevalent turbulence models / Z.J. Zhai, Z. Zhang, W. Zhang, Q.Y. Chen // HVAC and R Research. – 2007. – Vol. 13(6). – P. 853-870.
17. SolidWorks. Компьютерное моделирование в современной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Однцов [и др.]. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ, ДОРОЖНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

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

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Аннотация: Проанализированы материалы, рекомендуемые для восстановления и упрочнения рабочих элементов деталей строительной, дорожной и сельскохозяйственной техники. Определены технологические особенности электродуговой наплавки сплавов, применяемых для повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей машин, работающих в условиях интенсивного абразивного и ударо-абразивного изнашивания. Рассмотрены пути повышения эксплуатационной стойкости деталей, упрочненных электродуговой наплавкой износостойкими сплавами. Исследовано влияние технологических параметров наплавки износостойких сплавов на характер образования и развития трещин, приводящих к отколам с поверхности детали в процессе наплавки и эксплуатации. Рекомендовано применение аустенитных наплавочных материалов для восстановления деталей из высокомарганцевых сталей перед наплавкой износостойкого слоя. Разработан температурный режим многослойной электродуговой наплавки высоколегированных сплавов порошковой проволокой, позволяющий получить благоприятный характер трещинообразования и снизить вероятность преждевременного износа упрочненной поверхности.

Ключевые слова: электродуговая наплавка, интенсивный ударо-абразивный износ, износостойкий сплав, карбидная фаза, характер трещинообразования, сколы наплавленного слоя.



**Зареченский
Денис Александрович**



**Воробьев
Владимир Викторович**



**Пестунова
Наталья Александровна**

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для упрочнения и восстановления деталей, эксплуатируемых в условиях интенсивных ударных нагрузок и абразивного изнашивания, широко применяется электродуговая наплавка [1-6]. Наплавку деталей дробильного и размольного оборудования (конуса и била дробилок, броневых плит), работающих при ударных нагрузках, рекомендуют выполнять самоупрочняющимся высокомарганцевым сплавом типа 110Г13. Для деталей землеройного оборудования и сельхозтехники, контактирующих с мелкими абразивными частицами (почвообрабатывающие фрезы, диски культиваторов, лемеха плугов, лезвия скребков, ковшей землечерпалок и экскаваторов), эффективно применяют высокоуглеродистые твердые сплавы типа высокохромистых чугунов. Детали строительной и дорожной техники (лопатки для смешивания асфальта, ножи и смесители цементной промышленности, подающие шнеки), контактирующие с абразивом при внешней статической и ударной нагрузке, упрочняют высокоуглеродистыми износостойкими сплавами с повышенной концентрацией карбидной фазы в наплавленном слое [7-9].

При восстановительном упрочнении рабочих органов машин, имеющих критический износ, основной технологической трудностью является повышенная хрупкость высокоуглеродистых сплавов, которая определяет предельную толщину износостойкого слоя [9-11]. Проявляется это в виде роста количества и раскрытия трещин, по мере увеличения высоты наплавленного слоя и соответствующей кон-

центрации износостойкой карбидной составляющей сплава [12,13]. Как показывает практика, увеличение раскрытия трещин интенсифицирует износ [12,15], а при ударных нагрузках по ним образуются отколы, выкрашивания и отслаивания наплавленного слоя от детали (рис.1).

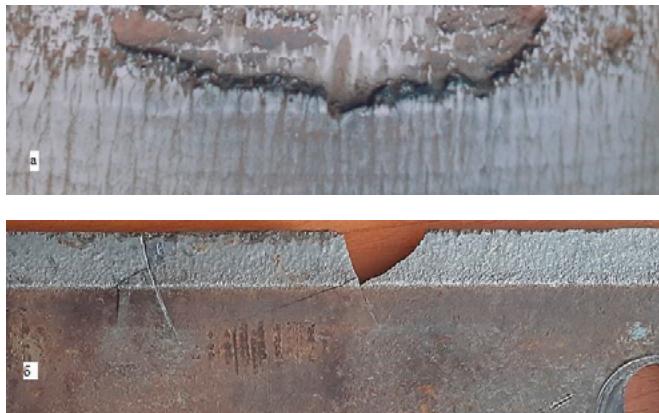


Рис. 1. Отколы износостойкого слоя, образовавшиеся на поверхности детали в результате интенсивного износа (а) и в результате удара (б)

Зарождение и развитие трещин при электродуговой износостойкой наплавке в основной металле деталей, изготовленных из марганцовистых или закаливающихся сталей, происходит под воздействием термодеформационного цикла и является естественным свойством наплавляемых твердых сплавов [10,11,13]. В ряде случаев сплав с меньшей износостойкостью может показать более высокую эксплуатационную стойкость за счет качественных характеристик наплавленного слоя, к которым относится характер ориентации и раскрытие трещин.

ЦЕЛЬ

Целью настоящей работы явилось определение влияния технологических режимов электродуговой износостойкой наплавки на формирование и развитие трещин, которые при эксплуатации приводят к сколам наплавленного слоя, и разработка технологических рекомендаций по повышению эксплуатационного ресурса деталей машин при их восстановлении и упрочнении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследований был выбран наплавочный материал в виде порошковой проволоки, обеспечивающий состав износостойкого наплавленного слоя типа 530Х11Б7Ф6РС, рекомендованный для наплавки деталей, работающих при интенсивном удароабразивном износе [5, 6]. Наплавку выполняли на пластину из ст. 3 размером 450×150×18 мм наплавочным аппаратом АД-231 с источником питания КИУ-1201. Базовым режимом автоматической наплавки самозащитной порошковой проволокой Ø2,8 мм был выбран режим, рекомендованный производителем: постоянный ток обратной полярности $I_h = 250-300\text{A}$; $U_d = 35\text{V}$; $V_h = 24 \text{ м/ч}$; вылет – 25 мм.

Наплавку austenитного подслоя на сталь 110Г13Л выполняли проволокой Св-08Х20Н9Г7Т Ø1,2 мм полуавтоматическим способом на аппарате А-547 в среде углекислого газа на оптимальном режиме. Температуру металла в процессе наплавочных работ контролировали пирометром DT-450.

Геометрические размеры наплавленных валиков измеряли штангенциркулем с цифровой индикацией «Digital» в их поперечном сечении после порезки пластин на темплеты. Величину раскрытия трещин определяли с помощью лупы измерительной ЛИ-10. Металлографический анализ проводили на микроскопе МИМ 7 при 50 и 100-кратном увеличении. Твердость по высоте наплавленного слоя измеряли микротвердомером ПМТ-3 при нагрузке 100 г.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой серии опытов изучали характер формирования износостойкого сплава и образование трещин в наплавленном слое при регулировании тепловой мощности электродуговой наплавки за счет изменения силы тока. При изменении силы тока остальные параметры режима не изменялись. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Как показали результаты исследований, увеличение силы тока наплавки увеличивает ширину валика, высоту усиления и глубину проплавления. Наиболее оптимальным значением силы тока являются 250-350А, так как при наплавке на токах ниже 200А и выше 400 А дуга горит нестабильно, увеличивается разбрзгивание и ухудшается формирование

Таблица 1.

Влияние силы тока наплавки на формирование износостойкого слоя

| Сила тока, А | Глубина проплавления, мм | Ширина слоя, мм | Высота слоя, мм | Количество трещин, мм | Раскрытие трещин, мм | Высота мартенситно-карбидного слоя, мм |
|--------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------------|--|
| 500 | 3,5 | 20,7 | 3,5-4 | 5 | 0,5-0,7 | 2,6 |
| 400 | 2,4 | 20,4 | 3-3,2 | 7 | 0,3-0,5 | 2,0 |
| 300 | 1,6 | 17,4 | 2-2,3 | 7 | 0,1-0,2 | 1,6 |
| 200 | 1,6 | 14,5 | 1,5-2 | 6 | 0,1 | 0,7 |

наплавленного слоя. Анализ характера трещинообразования показал, что с увеличением тепловой мощности дуги увеличивается раскрытие трещин при уменьшении их количества. Трещины ориентируются перпендикулярно валику или под углом 30–45°, что обусловлено переходом растягивающих напряжений в напряжения сжатия по мере охлаждения наплавленного слоя при удалении его от дуги.

С целью анализа условий развития трещин по высоте слоя были проведены металлографические исследования наплавленных образцов и измерение твердости. На поверхности наплавленных валиков твердость всех однослойных наплавок находится в пределах HRC 55–57. В результате металлографических исследований установлено, что чем больше раскрытие трещин на поверхности слоя, тем глубже они распространяются в его глубину, а отдельные трещины пересекают линию сплавления (рис. 2).

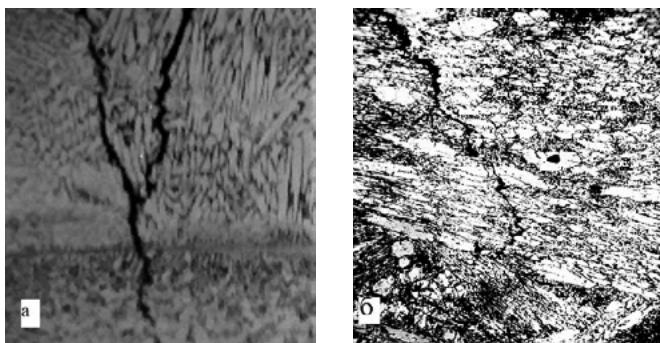


Рис. 2. Распространение трещин в микроструктуре наплавленного слоя (100) с переходом в основной металл (а) и по границам карбидной фазы (б)

Микроанализ показал, что от линии сплавления со стороны углеродистого металла расположен преимущественно феррит, а в наплавленном слое – мелкодисперсная аустенитно-мартенситная структура сменяется зоной, состоящей на 50 % из мартенсита (с микротвердостью 5038–5613 кгс/мм²) и карбидной эвтектики (микротвердость 8083–10762 кгс/мм²), по границам которой распространяется трещина. Размер мартенситно-карбидной зоны имеет прямо пропорциональную зависимость от высоты наплавленного износостойкого слоя (таблица 1).

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что наплавка порошковыми проволоками подобного типа сплавов при необходимости упрочнения поверхности на высоту более 2-х мм и ширину более 15 мм потребует нанесения дополнительных слоев, как по ширине, так и по высоте рабочей поверхности детали. Учитывая низкую стойкость к термоциклированию исследуемого типа износостойкого сплава и необходимость восстановления деталей из марганцовистых и закаливающихся сталей, важной научно-практической задачей является исключение перехода трещин из наплавленного слоя в основной металл и их горизонтальное распространение по зоне сплавления.

Для решения первого технологического вопроса были выполнены сравнительные исследования многослойной наплавки вышеуказанной порошковой про-

волокой на сталь 110Г13Л по двум технологическим вариантам: без предварительной наплавки промежуточного слоя и с наплавкой промежуточного аустенитного слоя. Как показал металлографический анализ, в металле обеих наплавок имеются трещины (рис. 3).

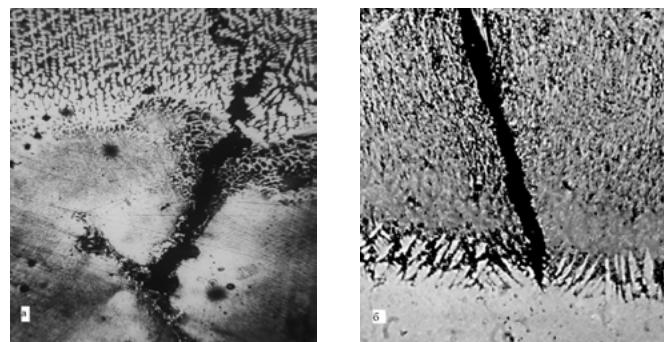


Рис. 3. Микроструктура зоны распространения трещины у линии сплавления износостойкого сплава со сталью 110Г13Л (а) и у линии сплавления с предварительно наплавленным аустенитным подслоем (б)

Большая часть трещин при наплавке без аустенитного подслоя пересекает линию сплавления и углубляется в основной металл на глубину до 4 мм. При наплавке на аустенитный подслой трещины в нем гасятся и не переходят из наплавленного в основной металл, что подтверждает эффективность нанесения буферных слоев перед наплавкой износостойких сплавов. Наплавка подслоя обеспечивает необходимый запас пластических свойств металла в зоне, претерпевающей при охлаждении металла термопластическую и структурную деформацию, предотвращая развитие трещин откола износостойкого слоя от основного металла.

При наплавке последующих слоев высококолегированного сплава на уже наплавленный первый износостойкий слой, состоящий из хрупких структур, исключается необходимый запас пластичности по зоне их сплавления. Поэтому для предупреждения образования горизонтальных трещин откола в многослойной износостойкой наплавке необходимо снизить уровень и перераспределить направление скальывающих напряжений. Регулирование температурного режима электродуговой наплавки позволяет управлять скоростью охлаждения металла и влиять на сопутствующие процессы структурообразования и термической деформации.

Для исследований влияния температурного режима наплавки на характер развития и распространения трещин в износостойком слое были наплавлены контрольные образцы, имитирующие упрочняющую наплавку рабочих органов деталей машин. Автоматическую наплавку образцов выполняли исследуемой выше порошковой проволокой на оптимальных параметрах режима в два слоя на пластину из стали 3 размером 450×150×18 мм с предварительно наплавленным аустенитным подслоем. Общая высота наплавки составила 8 мм. Регулирование температурного режима наплавки выполняли по трем технологическим схемам:

1 схема – с остыванием каждого наплавленного валика до температуры окружающего воздуха;

2 схема – с предварительным подогревом поверхности детали до $T = 200^{\circ}\text{C}$ перед наплавкой первого износостойкого слоя. Наплавка второго износостойкого слоя осуществлялась с остыванием каждого наплавленного валика до температуры окружающего воздуха;

3 схема – с остыванием каждого наплавленного валика первого износостойкого слоя до температуры окружающего воздуха. Наплавка второго износостойкого слоя осуществлялась с предварительным подогревом поверхности детали до $T = 200^{\circ}\text{C}$.

После наплавки образцы подвергались механической порезке для анализа поперечного сечения наплавленного слоя и шлифовке по плоскости с целью изучения ориентации и раскрытия трещин. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Как следует из полученных результатов, температурный режим многослойной электродуговой наплавки износостойких сплавов оказывает заметное влияние на характер развития и ориентацию трещин в наплавленном слое. Наплавка по технологической схеме № 1 приводит к образованию сетки трещин. В местах пересечения трещин наблюдаются локальные выкрашивания наплавленного слоя, что свидетельствует о создании температурных условий, способствующих разрушению карбидной фазы и отколам ее частиц по границам трещин. После шлифовки наплавленной по первой схеме поверхности произошло скальвание краевых участков наплавленного слоя, которое произошло по границам сетки трещин, пересекающих сечение наплавки в вертикальной и горизонтальной плоскости.

При наплавке по технологической схеме № 2 наблюдается иной характер трещинообразования. Как

видно из таблицы 2, на поверхности наплавленного слоя наблюдаются направленные трещины с раскрытием 0,3–0,5 мм и пересекающие их под углом волосовидные трещины. Горизонтальных трещин и отколов в наплавленном слое не обнаружено. Однако такой характер трещинообразования при совпадении направления трещин с направлением основной изнашивающей нагрузки может приводить к повышенному износу по границам трещин и, как следствие, к снижению эксплуатационной стойкости упрочненных деталей [9].

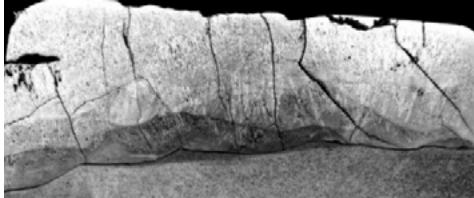
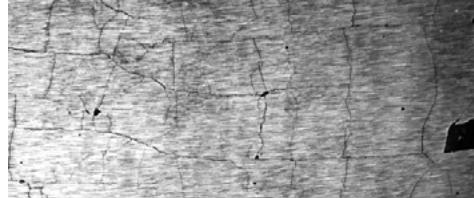
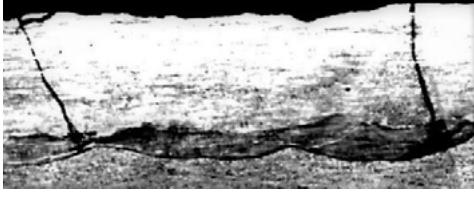
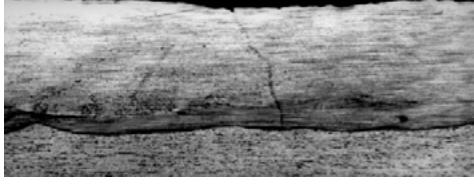
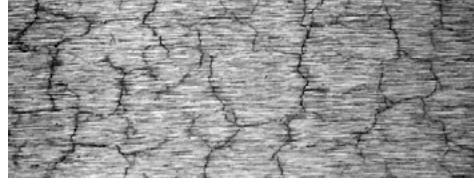
Наиболее оптимальный характер трещинообразования в виде хаотичной сетки трещин получен при наплавке по технологической схеме № 3, так как при ней образуются волосовидные трещины разной направленности, имеющие по толщине наплавленного слоя ломаный характер. Это свидетельствует о том, что применение такой технологической схемы наплавки способствует замедленному остыванию наплавленного слоя и смещению вектора горизонтальных скалывающих напряжений в наиболее опасной зоне перехода остаточных сжимающих напряжений остивающего наплавленного валика в растягивающие напряжения первого износостойкого слоя наплавки. Полученный в результате ломаный характер трещины по толщине износостойкого слоя при наплавке устраняет образование горизонтальных трещин откола, а при эксплуатации будет способствовать повышению ресурса упрочненной поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При восстановлении и упрочнении рабочих органов машин, подверженных при эксплуатации интенсивному ударо-абразивному износу, с приме-

Таблица 2.

Влияние технологии износостойкой наплавки на характер развития и распространения трещин

| Технологическая схема | Поперечное сечение упрочненного слоя | Упрочненная поверхность после шлифовки |
|-----------------------|---|---|
| № 1 |  |  |
| № 2 |  |  |
| № 3 |  |  |

нением способов электродуговой наплавки высоколегированных износостойких сплавов порошковыми электродными материалами, для повышения их эксплуатационной стойкости следует руководствоваться следующими выводами, полученными в результате выполненной работы:

1. Увеличение тепловой мощности электродугового процесса наплавки износостойких высоколегированных сплавов снижает количество и увеличивает раскрытие трещин за счет интенсивного роста растягивающих напряжений в хрупком наплавленном слое, что может привести к преждевременному износу упрочненной поверхности;

2. Упрочняющую и восстановительную наплавку рабочих элементов деталей машин из марганцовистых и закаливающихся сталей целесообразно выполнять с предварительной наплавкой буферного аустенитного слоя, чтобы предотвратить распространение трещин из наплавленного износостойкого слоя в основной металле детали и их разрушение;

3. Соблюдение разработанного температурного режима электродуговой наплавки износостойкого сплава порошковой проволокой позволяет получить благоприятный характер трещинообразования и снизить вероятность преждевременного износа упрочненной поверхности.

Список литературы

1. Пенсин, М. В. Актуальные решения в упрочнении высоконагруженных поверхностей деталей бурового и нефтепромыслового оборудования / М. В. Пенсин, В. Ф. Макаров, Е. С. Макаренов и др. // Сфера Нефть и Газ. 2022. № 2. С. 56–60.
2. Щербаков, А. П. Выбор материала и метода повышения износостойкости элементов строительных машин/ А. П. Щербаков // Вестник СибАДИ. 2020. Том 17 № 4. С. 464–475.
3. Серов, Н. В. Технологические аспекты повышения работоспособности плугов/ Н. В. Серов, А. В. Серов, П. И. Бурак // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 4. С. 81–90.
4. Малышев, В. И. Повышение эффективности автоматической наплавки изношенных деталей сельхозтехники / В. И. Малышев// Сварочное производство. 1983. № 10. С. 18–20.
5. Федоровский, Л. Е. Повышение долговечности деталей сельхозмашин / Л. Е. Федоровский // Технология и организация производства. 1976. № 3. С. 42–43.
6. Сучков, О. К. Износостойкая наплавка деталей / О. К. Сучков. М. «Колос». 1974, 95 с.
7. Сварка и наплавка. Пособие по выбору наплавочных материалов ЭСАБ [Интернет ресурс]: <https://www.studyfile.net/preview/4500142/>.
8. BOHLER PRODUCTION [Интернет ресурс]: <https://www.bohler.com/>.
9. Степанов, Б. В. Электродные материалы для сварочных и наплавочных работ / Б. В. Степанов, В. В. Яковлев // Сварочное производство. 1983. № 7. С. 10–12.
10. Рыжков, Ф. Н. Трещиностойкость твердых наплавленных сплавов / Ф. Н. Рыжков, В. Я. Воротников, И. Н. Замулина // Сварочное производство. 1994. № 2. С. 15–16.
11. Chigarev, V.V. Zurnadzhy High-temperature solid particle erosion of Cr–Ni–Fe–Carb cladded coatings/ V.V. Chigarev, B.V. Efremenko, K. Chimizu// Wear. November 2020. P. 129–133.
12. Юзденко, Ю. А. Влияние трещин на газо-абразивный износ наплавленного металла / Ю. А. Юзденко, В. П. Шимановский// Автоматическая сварка. 1971. № 2. С. 61–62.
13. Лившиц, Л. С. Оптимизация состава наплавленного металла и параметров технологии износостойкой наплавки / Л. . Лившиц, О. Ю. Елагина // Сварочное производство. 1992. № 8. С. 19–20.
14. Ксендзык, Г. В. Структурные изменения наплавленного хромистого чугуна при термоциклировании / Г. В. Ксендзык, Д. П. Новикова, Ю. М. Кусков// Автоматическая сварка. 1978. № 1. С. 27–30.
15. Шимановский, В. П. Влияние содержания углерода и твердости наплавленного металла типа X25H3C3 на его сопротивление газо-абразивному износу / В. П. Шимановский, Ю. А. Юзденко, А. Ф. Терещенко и др. // Автоматическая сварка. 1970. № 3. С. 48–50.

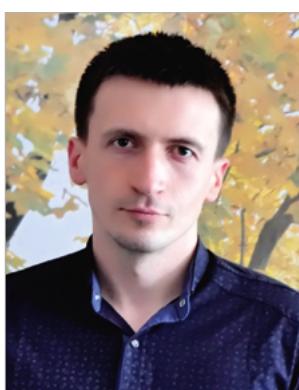
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВС

Н. В. Савенков, к.т.н., доцент; Т. И. Савенкова, к.т.н., доцент; Е. А. Власенко

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

Аннотация. В статье выполнен обзор веществ, содержащихся в составе отработавших газов ДВС автомобильного транспорта и относящихся к вредным, согласно международных нормативов; для этих веществ рассмотрены соответствующие максимально допустимые удельные показатели, установленные различными экологическими стандартами в области автомобильного транспорта, распространенные причины их превышения, а также способы для экспериментального определения. В работе рассмотрены основные пути снижения вредных выбросов и обосновано соответствующее направление, основанное на совершенствовании методов и средств измерения состава отработавших газов с учетом динамики неустановившихся режимов работы агрегатов силовой установки, а также их конструктивных и регулировочных параметров. Результаты в ходе дальнейших исследований позволяют выбрать для конкретных эксплуатационных условий рациональное сочетание перечисленных выше параметров с целью улучшения экологических свойств автотранспортных средств.

Ключевые слова: отработавшие газы, вредные вещества, токсичность, двигатель внутреннего сгорания, автомобили, способы определения, выбросы, загрязнение атмосферного воздуха.



**Савенков
Никита Владимирович**



**Савенкова
Татьяна Ивановна**



**Власенко
Екатерина Александровна**

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Отработавшие газы (ОГ) двигателей внутреннего сгорания автомобилей являются источниками загрязнения окружающей среды. В результате выбросов вредных веществ загрязняется атмосферный воздух, из-за чего крупные города могут становиться зонами экологического бедствия. В связи с развитием и увеличением количества автомобилей, интенсификации транспортных потоков и непостоянством мер по снижению выбросов вредных веществ в процессе эксплуатации, проблема дальнейшего снижения токсичности выбросов от ДВС автомобилей становится все более актуальной [1].

Опираясь на вышеизложенную информацию, можно сказать, что одним из наиболее важных моментов является вопрос усовершенствования способов и средств измерения концентрации компонентов отработавших газов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 49, в настоящий период к наиболее опасным для организма человека составляющим отработавших газов ДВС относятся: оксиды азота NO_x, твёрдые частицы, ароматические углеводороды (соединения вида C_nH_m), оксид углерода CO. Прочие компоненты автомобильных выхлопных газов также вредны, но их относительное содержание в отработавших газах гораздо меньше [2, 3, 4, 5].

Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов вредными веществами, выбрасываемыми автотранспортом, часто обуславливает концентрации вредных веществ в воздухе, во много раз превышающие предельно-допустимые для здоровья человека.

Под токсичностью выбросов двигателей автомобильных средств понимают способность выбросов двигателя оказывать токсическое воздействие на людей, животный мир. Токсическое воздействие определяется составом вредных веществ; абсолютным количеством выбросов токсичных веществ в единицу времени (или на единицу пути, пройденного транспортным средством, или на единицу выполненной двигателем работы для внедорожного транспортного средства); физико-химическими законами превращения химических соединений в атмосфере; геофизическими законами распространения токсичных веществ; чувствительностью живых организмов.

Для оценки суммарной токсичности отработавших газов используют величины предельно-допустимых концентраций (ПДК) компонентов выбросов (таблица 1).

Таблица 1.

ПДК основных компонентов отработавших газов

| Наименование вещества | NO_2 | CO | C_nH_m | Твердые частицы (сажа) |
|---------------------------------------|---------------|----|------------------------|------------------------|
| ПДК _{cc} , мг/м ³ | 0,04 | 3 | 0,04 | 0,05 |

Возможные причины превышения содержания загрязняющих веществ в отработавших газах могут быть различными: конструкционные (возникающие вследствие несовершенства конструкции или нарушения требований технических условий и установленных норм на проектирование изделия), производственные (возникающие вследствие нарушения технологии изготовления или ремонта), эксплуатационные (режимные условия работы агрегатов, техническое состояние, износ систем и агрегатов автомобиля, включая ДВС – загрязнение воздушного фильтра, перегревание, излишнее попадание масла в цилиндры через поврежденные или изношенные поршневые кольца, неправильное регулирование системами и механизмами и др.) [6].

Соответственно, с помощью автомобильных газоанализаторов возможно своевременно регулировать работу ДВС с позиции экологической эффективности, а также решать различные параметры по рациональному выбору конструкционных и режимных параметров ДВС и силовой установки автомобиля с учетом эксплуатационных условий и действующих ограничений на выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Цель исследования. Определить основные способы измерения концентрации компонентов отработавших газов автомобильных ДВС и провести анализ существующих современных средств измерения.

Задачи исследования: выполнить обзор вредных веществ, присутствующих в составе отработавших газов автомобильного ДВС; рассмотреть возможные причины превышения их концентрации; обобщить данные по ориентировочному и предельному количеству этих веществ, в том числе на основании соответствующих экологических стандартов; проанализировать применяемые способы измерения концентрации газов, назначение и применение данных испытаний; рассмотреть проблему и важность определения экологических показателей на неустановившихся режимах

работы ДВС; сформулировать основные пути снижения выбросов загрязняющих веществ.

Материалы и результаты исследования. В нынешних обстоятельствах одним из приоритетных требований, применяемых к автомобилям, являются ограничения по выбросам вредных веществ. В отработавших газах ДВС находится больше 170 вредных веществ, 160 из которых – производные углеводородов, образующиеся при неполном сгорании топлива.

В таблице 2 приведен состав отработанных газов ДВС [7].

В таблицах 3, 4 приведено содержание вредных веществ в отработавших газах в соответствии с каждым стандартом ЕВРО (в единицах г/км) [8].

С целью установления содержания загрязняющих веществ в отработавших газах используются специализированные газоанализаторы, которые представляют собой как автономные, так и интегрированные в некоторые модели мотор-тестеров, приборы.

В настоящее время используются два типа газоанализаторов – каталитические и инфракрасные [9]. Принцип работы первых основан на физико-химическом явлении катализации содержащейся в отработавших газах оксида углерода CO и фиксации повышения вследствие этого температуры при помощи электрического моста. Принцип действия инфракрасных газоанализаторов базируется на поглощении газовыми элементами инфракрасных лучей с различной длиной волны.

В систему газоанализатора интегрированы инфракрасные излучатели и приемники излучения. Анализируемая смесь подается в измерительные элементы. Установить концентрацию какого-нибудь компонента в составе газовой смеси возможно, согласно величине уменьшения интенсивности инфракрасных лучей, проходящих через газ и поступающих на приемник.

Так как такой способ возможно использовать только для установления концентрации CO, CO_2 и CH_4 , то в последующем этапе состав отработавших газов из измерительной кюветы поступает последовательно на датчики электрохимического типа с целью измерения кислорода O_2 и оксидов азота NOx.

Измерительное оборудование, используемое для анализа отработавших газов, с точки зрения подачи в них проб газов можно разделить на:

- приборы для периодических или непрерывных замеров элементов газов, поступающих напрямую в прибор;

- устройства для периодических измерений компонентов газов, подаваемых в прибор из емкостей, прежде заполненных отработавшими газами.

Посредством полного анализа состава отработавших газов экспериментальными методами также возможно определить полноту сгорания топлива смеси в двигателе. Применяемые на сегодняшний день способы анализа позволяют осуществлять достаточно точную количественную оценку компонентов, содержащихся в отработавших газах.

В частности, в последние годы получил широкое распространение способ анализа отработавших газов автомобилей, ранее применяемый при тестировани-

Таблица 2.

Состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания

| Компонент ОГ | Концентрация ОГ | | Токсичные компоненты ОГ дизелей на режиме полной нагрузки | |
|--|-------------------------|-----------------------------|---|--|
| | Бензиновый двигатель | Дизель | Концентрация, г/м ³ | Удельный выброс, г/(кВт·ч) |
| Азот N ₂ | 74-77% | 74-78% | — | — |
| Кислород O ₂ | 0,3-8% | 2,0-18% | — | — |
| Водяной пар H ₂ O | 3,0-5,5% | 05-9,0% | 15-100 | — |
| Диоксид углерода CO ₂ | 5,0-12,0% | 1,0-12,0% | 40-240 | — |
| Оксиды азота, NO _x в том числе: | 0,01-0,8% | 0,004-0,5% | 1,0-8,0 | 10-30 |
| монооксид азота NO | — | 0,004-0,5% | 1,0-4,5 | 6-18 |
| диоксид азота NO ₂ | — | 0,00013-0,013% | 0,1-0,8 | 0,5-2,0 |
| Монооксид углерода CO | 0,5-12% | 0,005-0,4% | 0,25-2,5 | 1,5-12,0 |
| Углеводороды CH _x | 0,2-3,0% | 0,009-0,3% | 0,25-2,0 | 1,5-8,0 |
| Бенз(а)пирен C ₂₀ H ₁₂ | 0-20 мкг/м ³ | 0,05-1,0 мкг/м ³ | От 0,2 10 ⁻⁶ До 0,5 10 ⁻⁶ | От 1 10 ⁻⁶ До 2 · 10 ⁻⁶ |
| Сажа С | 0-0,04 г/м ³ | 0,01-1,1 г/м ³ | 0,05-0,5 | 0,25-2,0 |
| Оксиды серы SO _x , в том числе: | До 0,008% | 0,002-0,02% | — | — |
| диоксид серы SO ₂ | — | 0,0018-0,02% | 1,0-0,5 | 0,4-2,5 |
| триоксид серы SO ₃ | — | 0,00004-0,0006% | — | — |
| Альдегиды RCHO, в том числе: | 0-0,2% | 0,0001-0,002% | 1,0-10,0 | — |
| формальдегид HCHO | — | 0,0001-0,0019% | — | — |
| акролеин CH ₂ CHCHO | — | 0,0001-0,00013% | 0,001-0,04 | 0,06-0,2 |

Таблица 3.

Содержание вредных веществ в отработавших газах согласно экологическому стандарту ЕВРО для дизельного двигателя

| Экологический класс | Оксид углерода (II) CO | Оксид азота (NO _x) | HC+NO _x | Взвешенные частицы (PM) |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|
| EBPO-1 | 2,72 (3,16) | — | 0,97 (1,13) | 0,140 (0,180) |
| EBPO-2 | 1,00 | — | 0,70 | 0,080 |
| EBPO-3 | 0,64 | 0,50 | 0,56 | 0,050 |
| EBPO-4 | 0,50 | 0,25 | 0,30 | 0,025 |
| EBPO-5 | 0,50 | 0,18 | 0,23 | 0,005 |
| EBPO-6 | 0,50 | 0,08 | 0,17 | 0,005 |

Таблица 4.

Содержание вредных веществ в отработавших газах согласно экологическому стандарту ЕВРО для бензинового двигателя

| Экологический класс | Оксид углерода (II) CO | Углеводород | Летучие органические вещества (ТМНС) | Оксид азота (NO _x) | HC+NO _x | Взвешенные частицы (PM) |
|---------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|
| EBPO-1 | 2,72 (3,16) | — | — | — | 0,97 (1,13) | — |
| EBPO-2 | 2,20 | — | — | — | 0,50 | — |
| EBPO-3 | 2,30 | 0,20 | — | 0,15 | — | — |
| EBPO-4 | 1,00 | 0,10 | — | 0,08 | — | — |
| EBPO-5 | 1,00 | 0,10 | 0,068 | 0,06 | — | 0,0050* |
| EBPO-6 | 1,00 | 0,10 | 0,068 | 0,06 | — | 0,0050* |
| EBPO-6D temp | 1,00 | 0,10 | 0,068 | 0,06 | — | 0,0045* |

* Относится только к автомобилям с прямым впрыском

ях двигателей внутреннего сгорания. На основании информации касательно количественного состава отработавших газов можно получить ряд значимых данных о процессе работы мотора, в частности:

- дать оценку качеству процессов образования смеси и газообмена;
- определить воздействие различных факторов и условий на протекание процесса сгорания с целью эффективного воздействия на отдельные его периоды;
- установить окончательные итоги процесса сгорания, а также определить степень полноты сгорания, обусловленную физическими и химическими факторами.

Для проведения анализа отработавших газов используются способы, базирующиеся на применении химических свойств отдельных компонентов, присутствующих в составе газовых смесей. К химическим способам анализа относятся метод Орса и колориметрический метод [10]. К физическим относятся способы, базирующиеся на использовании физических свойств исследуемых элементов:

- ионизации при сгорании углеводородов в пламени водородной горелки;
- абсорбции (поглощения) инфракрасного либо ультрафиолетового излучения исследуемой сферой;
- теплопроводности газов, магнитной чувствительности кислорода по отношению к иным газам.

Кроме того, также распространение получил аналитический способ газовой хроматографии, базирующийся на использовании разных свойств поглощения (сорбции) и улетучивания (десорбции) заполнителем колонки (сорбентом) отдельных веществ, содержащихся в проходящем посредством колонки газе-носителе.

1. Способ поглощательной спектрофотометрии – колориметрия. Такие способы являются оптическими способами, в базе которых находится применение влияния электромагнитного излучения на исследуемую пробу. Более популярными считаются способы абсорбционной спектрофотометрии видимого, ультрафиолетового и инфракрасного излучения. Все, без исключения, способы поглощательной спектрофотометрии базируются на измерении абсорбции (поглощения) электромагнитного излучения с определенной длиной волны исследуемой средой.

Более используемым способом колориметрических замеров считается способ эталонной-аналитической кривой. Этот метод заключается в установлении зависимостей между концентрацией (в определенных границах) окрашенного элемента в растворе, а также величиной поглощения излучения.

2. Способ газовой хроматографии. Газовая хроматография используется при рассмотрении отработавших газов с целью определения углеводородов. Способ газовой хроматографии базируется в применении адсорбции газов и паров на твердый носитель – сорбент либо равновесную систему жидкость – газ, при этом жидкость пребывает в неподвижном состоянии вследствие осаждения ее в виде очень тонкого слоя на твердый сорбент.

3. Хемилюминесцентный способ. Посредством измерения количества NO или с помощью измерения

суммы NO+NO₂ можно установить концентрацию оксидов азота в отработавших газах моторов. Определено, что при проведении анализа отработавших газов, образующихся вследствие сгорания бедных смесей, в анализаторе инфракрасного излучения NO в пробе газа стремительно окисляется в NO₂. По этой причине в случае, если окисление в рассматриваемой пробе совершается в одной емкости анализатора, нужен двойной анализ. Помимо этого, принимая во внимание присутствие в отработавших газах CO₂, O₂, CO, SO₂, а также водяного пара, измерения необходимо осуществлять выборочно.

В настоящий период времени применяют такие ключевые способы определения оксидов азота в отработавших газах: массовая спектрометрия, поглощение ультрафиолетового излучения – на недисперсионном анализаторе, химический колориметрический метод Зальцмана, поглощение инфракрасного излучения – на недисперсионном анализаторе, хемилюминесцентный метод, газовую хроматографию [11].

Работа ДВС на неустановившемся режиме (например, в процессе разгона автомобиля) отличается от работы его на установленныхся режимах. При переходе на режим разгона увеличивается эффективный удельный расход топлива, имеет место ухудшение экологических показателей двигателя [12]. К основным причинам, вызывающим ухудшение мощностных и экологических показателей двигателей при разгоне, относятся: нарушение смесеобразования; несоответствие нового теплового режима тепловому состоянию цилиндро-поршневой группы двигателя; ухудшение наполнения цилиндра свежей смесью; влияние гидравлической и механической инерции; несоответствующий новому режиму угол опережения зажигания и нарушение процесса сгорания [13].

Рассмотренные в настоящей статье способы определения состава отработавших газов ДВС главным образом применяются для проведения испытаний на установленныхся режимах работы двигателя, т.к. обладают значительной инерционностью – временем, необходимым для выполнения анализа отобранный пробы. Это в значительной степени затрудняет исследование экологических показателей ДВС на отдельно взятом неустановившемся режиме.

Таким образом, принимая во внимание, что экологичность двигателя выделяется одним из важнейших эксплуатационных показателей автомобиля, различные экспериментальные способы и методики измерения состава отработавших газов на неустановившихся режимах с достаточной точностью являются востребованными и позволяют более достоверно в качестве одного из факторов рассматривать режимные параметры работы ДВС, в частности, на режимах разгона АТС, которые являются превалирующими в современных эксплуатационных условиях [14,15].

В настоящее время существует несколько путей снижения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами, выделяемыми автомобилями. В общем случае, уменьшение количества выбросов загрязняющих веществ в выхлопных газах автомобилей, возможно достигнуть [16]:

- совершенствованием процесса сгорания за счет оптимизации контроля и настроек систем, ока-

зывающих влияние на качественную и количественную составляющие выбросов;

- повышением качества топлива, использование его альтернативных разновидностей, включая многотопливные системы;
- установкой систем очистки отработавших газов в системы выпуска и использованием разных методов очистки выхлопных газов от токсичных и опасных веществ;
- применением гибридных силовых установок;
- рациональным выбором наборов эксплуатационных режимов работы агрегатов.

ВЫВОДЫ

Подводя итог можно отметить, что значительное влияние на атмосферный воздух, а также организм человека оказывают вредные вещества, которые содержатся в отработавших газах. На состав и количественные характеристики выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах оказывают влияние множество различных условий и факторов, таких как: состав топливо-воздушной смеси, конструктивное совершенство систем ДВС, техническое состояние, наборы режимов силовых агрегатов в эксплуатации, а также алгоритмы систем управления рабочими процессами и др. Исходя из этого, актуальной является задача совершенствования способов исследования и контроля содержания загрязняющих веществ в отработавших газах, в особенности с учетом неустановившихся режимов работы агрегатов. Это позволит более достоверно определять экологические свойства автотранспортных средств в реальных условиях эксплуатации, а также путем математического моделирования – для стандартизованных ездовых циклов и в перспективе создавать силовые установки, обладающие рациональными конструктивными и режимными параметрами с позиции защиты окружающей среды.

Список литературы

1. Автомобиль и загрязнение окружающей среды: учебник для студентов высших учебных заведений/ Степановских А. С. Экология: Учебник для вузов. – М.: Изд-во ГЕОС, 1999. 4. – Текст: непосредственный.
2. Правила ЕЭК ООН № 49. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием: официальное издание: утверждены и введены в действие Постановлением Госстандарта России от 26 мая 1999г. № 184. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000 год. Текст: электронный.
3. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния (с Изменением № 1): официальное издание: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 27 марта 2003г. № 100-ст. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. Текст: электронный.
4. Правила ЕЭК ООН № 84. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дорожных транспортных средств, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения потребления топлива: официальное издание: утверждены и введены в действие Постановлением Госстандарта России от 26 мая 1999г. № 184. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 год. Текст: электронный.
5. Вяткин, М. Ф. О влиянии выхлопных газов автомобилей на здоровье человека / М. Ф. Вяткин, М. В. Куимова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 10 (90). – С. 87-88. – [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/90/19172/>.
6. Двигатели внутреннего сгорания./ Подред. Орлина А. С., Круглова М. Г., М.: Машиностроение, 1984 - 382 с. – Текст: непосредственный.
7. Альферович, В. В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учебно-методическое пособие для студентов специальности: 1-37.01.01 «Двигатели внутреннего сгорания» дневной и заочной форм обучения, часть 1, 2016. – Текст: электронный.
8. Справочные таблицы: infotables.ru. – Москва – URL: <https://infotables.ru/avtomobili/1214-ekologicheskij-klass-avtomobilya> (дата обращения: 25.01.2023) – Текст: электронный.
9. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей. / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 376 с. – Текст: непосредственный.
10. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. - 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с. – Текст: непосредственный.
11. Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с. – Текст: непосредственный.
12. Горожанкин, С. А. Проблемы измерения токсичности отработавших газов бензиновых двигателей при их работе на неустановившихся режимах / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, Б. В. Овчарук // Вісник СевНТУ. – 2013. – № 143. – С. 185-187. – EDN UHSJKZ. – Текст: непосредственный.
13. Акатов, Е. М. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме/ Е. М. Акатов, П. М. Белов, Н. Х. Дьяченко, В. С. Мусатов. – М.: Машгиз, 1960. – 282 с. – Текст: непосредственный.
14. Правила ЕЭК ООН № 101. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, приводимых в движение только двигателем внутреннего сгорания либо приводимых в движение при помощи гибридного электропривода, в отношении измерения объема выбросов двуокиси углерода и расхода топлива и/или измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге, а также транспортных средств категорий M1 и N1, приводимых в движение только при помощи электропривода, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге: официальное издание: утверждены и введены в действие Постановлением Госстандарта России от 26 мая 1999г. № 184. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 год. – Текст: электронный.
15. REGULATIONS COMMISSION REGULATION (EU) 2016/646 amending Regulation (EC) No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6) [Электронный ресурс]/ Official Journal of the European Communities. – Strasbourg, 20.04.2016. - 22 P., – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0646&from=EN>.
16. Гутаревич, Ю. Ф. Снижение вредных выбросов автомобилей в эксплуатационных условиях/ Ю. Ф. Гутаревич. – К.: Высшая Школа, 1991. – 178 с. – Текст: непосредственный.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Планируемый к изданию 23-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, усиливании, 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 стилеобразования, эстетики и художественной выразительности;
- процессы формирования современной градостроительной среды объектов городской застройки;

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

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И НЕДВИЖИМОСТИ

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

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

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

**Материалы просим направлять до 12 мая 2023 г. по адресу:
 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, дом. 2,
 ГОУ ВПО «ДОННАСА». Электронная почта: strdon@donnasa.ru**
**При подаче материалов придерживайтесь «Требований для авторов»
 с целью обеспечения наиболее быстрой публикации ваших статей.**

С уважением, редакционная коллегия

Студенты ДонНАСА стали победителями конкурса бизнес-проектов

В финале IV Республиканского конкурса бизнес-проектов «Инвестиционно-ориентированные векторы развития региона» студенты ДонНАСА успешно защитили свои бизнес-проекты и заняли призовые места.

Студент 1 курса магистратуры Артур Петрунько занял 3-е место в номинации «Бизнес-проект развития предприятия (региона): инвестиционно-инновационный аспект» по результатам защиты проекта под названием «Облицовочный кирпич из строительных отходов». Проект был подготовлен под руководством профессора, заведующего кафедрой ДонНАСА Михаила Федоровича Иванова.

Проект «Это Победа, товарищи!», представленный Еленой Потий и Никитой Гурылёвым, студентами 3-го курса, занял 3-е место в номинации «Социальный проект». Наставниками студентов при подготовке данного проекта были доцент кафедры «Менеджмент строительных организаций» Алиса Анатольевна Генова и доцент, заведующий кафедрой «Высшая математика» Герман Александрович Котов.

Студенты-призеры получат награды и уже в мае за круглым столом обсудят возможности дальнейшей реализации проектов.

Отметим, что в этом году на конкурс было подано более 30 работ от представителей вузов России: Донецкого национального университета, Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Южного федерального университета, Донецкого национального университета экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, Донецкой академии управления и государственной службы, Калужского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Кумертауского филиала Оренбургского государственного университета.

Поздравляем студентов-победителей и их руководителей и желаем дальнейших творческих успехов!



ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

ПРОЕКТ
«ОБЛИЦОВОЧНЫЙ КИРПИЧ ИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ»

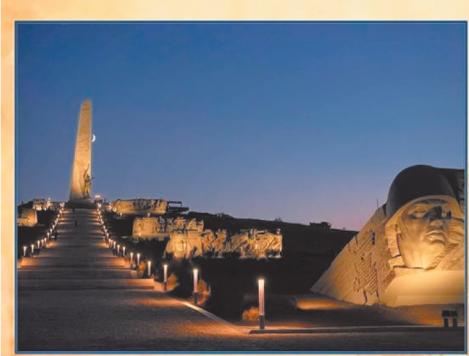


Выполнил:
студент группы ПМм-25а
Петрунько Артур Олегович

Наставник проекта:
профессор Иванов М.Ф.

ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

ПРОЕКТ
«ЭТО ПОБЕДА, ТОВАРИЩИ!»



Выполнили:
студенты группы ИСИ-5а
Потий Елена Валерьевна,
Гурылёв Никита Русланович

Наставники проекта:
доцент Генова А.А.,
доцент Котов Г.А.



ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»



ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 43-70-33



mailbox@donnasa.org