



ISSN 2617-1848

СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 декабрь 2018



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства ДНР



Министерство образования
и науки ДНР



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"**



286123, ДНР, г. Макеевка,
ул. Державина, 2, каб. 136
(1-й учебный корпус)



 (071) 363-0627

#ПоступайПравильно
#ВыбирайДонНАСА

ISSN 2617-1848

Научно-практический журнал

СТРОИТЕЛЬ ДОНБАССА

Издается с ноября 2017 г.

№ 4 (5),
2018 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор	Е.В. ГОРОХОВ, д. т. н., профессор
Зам. главного редактора (научный редактор)	Н.М. ЗАЙЧЕНКО, 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

86123, Донецкая Народная Республика,
г. Макеевка, ул. Державина, 2, ДонНАСА
Телефон: +38 071 363 74 63
Электронная почта: strdon@donnasa.ru

Печатается по решению Ученого Совета
ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»
Протокол № 3 от 26.11.2018

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

Подписано в печать 24.12.2018. Формат 60 × 90^{1/8}.
Бум. мелов. Усл. печ. л. 6,79. Тираж 300 экз. Заказ № 280

ООО «Издательско-полиграфическое
предприятие «Проминь»
83059, г. Донецк, пр. Ильича, 109а

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА4

НАУКА В СФЕРЕ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Л.Н. Фесенко, С.И. Игнатенко,
А.Ю. Черкесов*

Сравнительный анализ экологической
и промышленной безопасности
электрохимических технологий получения
хлорсодержащих продуктов для целей
дезинфекции воды 8

*В.И. Нездойминов, В.С. Рожков,
Д.В. Заворотный*

Биологическая очистка городских
сточных вод с эрлифтными
биореакторами-осветлителями 17

*В.И. Нездойминов, В.С. Рожков,
Л.Г. Зайченко*

Методы повышения эффективности
работы систем подачи-распределения воды 22

В.Н. Качан, А.В. Лукьянов, Е.В. Конопацкий

Теория теплообмена в конвективной части
жаротрубных котлоагрегатов с тупиковой
топкой 26

С.П. Высоцкий, С.Е. Гулько

Менеджмент использования шахтных вод 31

А. Я. Найманов, Г.С. Турчина, Ю.В. Гостева

Оценка надежности элементов системы
водоснабжения 35

ИНФОРМАЦИЯ

*В.И. Нездойминов, А.В. Лукьянов,
К.А. Яковенко, С.П. Высоцкий*

Факультет инженерных и экологических
систем в строительстве — к 70-летию юбилею
начала подготовки инженеров-строителей
в Донбассе 43

SUMMARY

SCIENCE IN THE SPHERE OF MUNICIPAL SERVICES

L.N. Fesenko, S.I. Ignatenko, A.V. Cherkesov
*Comparative analysis ecological and industrial safety of
electrochemical technologies of receiving chlorine-containing
products for disinfection waters*

Problems are considered and the analysis of environmental and industrial safety of electrochemical technologies of receiving chlorine-containing products on the place of their subsequent consumption is given. A number of the problems arising at operation of modern domestic and foreign membrane and membrane-free electrolysis devices and a way of their decision is described. One of perspective and less expensive methods of chemical and biocidal water treatment is to obtain a disinfectant reagent — sodium hypochlorite on installations of direct electrolysis from the water (from the chlorides which are present at water), without bringing in the disinfected water of any oxidizers from the outside.

V.I. Nezdoimov, V.S. Rozhkov, D.V. Zavorotny
Biological treatment of urban sewage by airlift reactor-clarifier

The concept of biological treatment of urban wastewater based on use of biological reactors with submerged airlift aeration system is presented. The concept considers a possibility of using with various productivity and any category of the wastewater treatment plant, for each category of water object for discharging of the purified sewage. Basic elements of biological treatment technology of wastewater are: removal of phosphorus by using of PAO, removal of forms of nitrogen and clarification of the mixed liquor in air-lift bioreactors-clarifiers, final treatment of sewage on the filtering layer and a sludge mineralization in mineralizers with submerged airlift aeration system. The offered technology provides quality of treatment at the level of the best available technologies by «ИТС10-2015» and higher.

V.I. Nezdoimov, V.S. Rozhkov, L.G. Zaichenko
Methods for improving the efficiency of water supply-distribution systems

The basic principles and methods for improving the efficiency of water supply and distribution systems are presented. The main innovative approaches to the problem are presented: the concept of separate drinking water supply and an instrumental and analytical approach to the operation of water supply and distribution systems of populated areas.

V.N. Kachan, A.V. Lukyanov, E.V. Konopatskiy
Theory of heat transfer in the convective part of the fire-tube boiler with a stub substract

The development the method of geometric modeling heat and mass transfer processes in

S U M M A R Y

heat-tube boilers is continued. This technique will simplify the calculation of heat transfer for different fuels, different heat of combustion from the factory passport characteristics, and optimize the structural elements in the convective part of low-power boilers. By changing the location of the burner in the combustion part, it is possible to achieve the rated power and the maximum possible efficiency when using fuels with different degrees of heat of combustion.

S. Vysotskiy, S.Gul'ko Management of using mine water

Exploited and closed mines create a global problem of environmental pollution. Harmful effects include flooding of areas and their water logging, erosion of soil, pollution of surface waters and adverse effects on public health. The processes of pollution of mine water and the problems of management of their use are considered. With relatively simple treatment, mine water can be used in circulating cooling systems, and when using reverse osmosis, it can be used to obtain deeply desalinated water. The levels of water losses in the cycles of generation of electric energy are estimated.

A.Naimanov, G.Turchina, Y. Gosteva Assessment of reliability of elements of a water supply system

Assessment of the reliability of the ring water supply network is proposed to calculate with the method of sections, taking into account the inequivalence of sections in the implementation of transport and distribution functions. The evaluation of the reliability of the pumping units of the water pumping station is proposed to be performed using the formula of the total probability.

I N F O R M A T I O N

V.I. Nezdoyminov, A.V. Lukyanov, K.A. Yakovenko, S. Vysotskiy Faculty of engineering and environmental Systems in construction – to the 70th anniversary of the beginning training of civil engineers in Donbass

The Faculty of Engineering and Ecological Systems in Construction is the successor of the Institute of Municipal Economy and Environmental Protection, which was established during the reorganization of the structure of the Academy in 2004. The basis for its creation was the environmental faculty, which existed in the period 1995–2004. Prior to that, it was called the sanitary engineering department, which was established in 1971 in the Makeevka branch of the Donetsk Polytechnic Institute. The creation of the faculty is connected with the training of specialists in heat and gas supply, ventilation, water supply and sewerage.

C O N T E N T S

MUNICIPAL NEWS.....	4
---------------------	---

SCIENCE IN THE SPHERE COMMUNAL ECONOMY

L.N. Fesenko, S.I. Ignatenko, A.Y. Cherkesov

Comparative analysis of environmental and industrial safety electrochemical production technologies chlorine-containing products for the purpose of water disinfection	8
---	---

V.I. Nezdoyminov, V.S. Rozhkov, D.V. Zavorotny

Biological treatment of urban sewage with air-lift clarifying bioreactors	17
---	----

V.I. Nezdoyminov, V.S. Rozhkov, L.G. Zaichenko

Methods to improve efficiency operation of water supply and distribution systems	22
---	----

V.N. Kachan, A.V. Lukyanov, E.V. Konopatsky

Theory of heat transfer in the convective part fire tube boilers with dead end firebox	26
--	----

S.P. Vysotsky, S.E. Gulko

Management of using mine water	31
--------------------------------------	----

A.Y. Naimanov, G.S. Turchina, Y.V. Gosteva

Evaluation of the reliability of system elements water supply	35
--	----

I N F O R M A T I O N

V.I. Nezdoyminov, A.V. Lukyanov, K.A. Yakovenko, S.P. Vysotsky

Faculty of Engineering and Environmental Systems in construction – for the 70th anniversary of the beginning training of civil engineers in Donbass	43
--	----

РЕАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ г. МАКЕЕВКИ



**ВАЛЕРИЙ АНДРЕЕВИЧ
ЛЯХОВЕЦ**
исполняющий обязанности
Главы Администрации
города Макеевки

В настоящее время вопрос функционирования систем коммунального хозяйства стоит в Донецкой Народной Республике как никогда остро. Это связано как с особенностями жизнеобеспечения городов в условиях внешней агрессии, так и с непростым наследием коммунального хозяйства Республики.

Наиболее напряженной порой работы предприятий коммунального сектора является период отопительного сезона.

Проанализировав прошедший отопительный сезон, распоряжением Главы Администрации города от 06.04.2018 № 231 «Об итогах прошедшего отопительного периода и подготовке объектов жилищно-коммунального хозяйства и социальной инфраструктуры города к работе в осенне-зимний период 2018–2019 годов» были утверждены мероприятия по подготовке объектов ЖКХ и социальной сферы города к работе в осенне-зимний период.

С целью обеспечения стабильного прохождения отопительного периода 2018–2019 гг. предприятиями, организациями и учреждениями города обеспечено своевременное выполнение запланированных мероприятий по подготовке объектов жилищно-коммунального, теплового, водопроводно-канализационного хозяйства, электрических и газовых сетей, социальной инфраструктуры города Макеевки с учетом товарно-материальных ценностей гуманитарного назначения, полученных согласно поданным заявкам в Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики.

Все запланированные мероприятия по подготовке объектов жилищно-коммунального хозяйства и социальной инфраструктуры к эксплуатации в отопительный период выполнены с предоставлением паспортов готовности в соответствии с Правилами подготовки тепловых хозяйств к отопительному периоду.

По состоянию на начало отопительного периода к работе в осенне-зимний период 2018–2019 гг. подготовлено 5272 жилых дома с оформлением паспортов готовности (100 %), в том числе 4526 домов коммунальной собственности, 735 домов ОСМД, ЖСК, 11 ведомственных домов. Всего с центральным отоплением подготовлено 2111 домов (100 %).

В подготовительный период предприятиями, обслуживающими жилой фонд, выполнены следующие работы по ремонту жилого фонда (табл. 1):

Всего на подготовку жилых домов предприятиями, привлеченными к обслуживанию жилищного фонда, израсходовано собственных средств – 38 982,51 тыс. рос. руб.

Проведя анализ объемов выполненных работ по подготовке жилого фонда к осенне-зимнему периоду 2018–2019 гг., следует отметить невыполнение плановых показателей по ремонту кровель, в том числе рулонных, по причине выделения гуманитарного материала в недостаточном количестве.

С начала отопительного периода жилищными предприятиями выполнены плановые показатели по ремонту кровель, а также дополнительно выполнен ремонт кровель в объеме 4028,09 м², в том числе: мягкой кровли – 2121,6 м², шиферной кровли – 1906,49 м². Итого в текущем году выполнен ремонт 54 024,09 м² кровли, в том числе 29 881,6 м² мягкой кровли и 24 142,49 м² шиферной кровли (табл. 2).

Таблица 1. Выполнение мероприятий по подготовке жилищного фонда

Вид работ	Ед. изм.	План	Факт	Выполнение, %
Ремонт кровли, всего	м ²	50 610,5	49 996	98,8
в том числе:				
– мягкой	м ²	28 377	27 760	97,8
– шиферной	м ²	22 233,5	22 236	100
Ремонт систем центрального отопления	пм	7164,5	7609	106,2
Ремонт систем холодного водоснабжения	пм	2320	2463	106,2
Ремонт оголовков	шт.	397	397	100
Замена запорной арматуры	шт.	1058	1058	100
Ремонт входных дверей	шт.	110	128	116,4
Остекление	м ²	336,2	487,6	145

Таблица 2. Сравнительный анализ выполненных работ по ремонту кровли

Наименование работ	Выполнение работ в отопительный период, год					
	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019 на 01.12.2018
Ремонт кровли, тыс. м ²	26 109	21 293	14 019	32 382	39 459	54 024

С целью круглосуточного оперативного реагирования на обращение граждан и организации оперативного устранения проблем, которые возникают в системе обеспечения жизнедеятельности, в городе создана и работает городская служба оперативного реагирования и контроля деятельности служб жизнеобеспечения города. Коммунальные предприятия и ОСМД имеют аварийные службы или аварийные бригады, отработана схема взаимодействия между предприятиями в случае возникновения аварийной ситуации.

Согласно мероприятиям по подготовке объектов теплоснабжения города Макеевки к работе в осенне-

зимний период 2018–2019 годов по состоянию на 01.10.2018 подготовлено 218 котельных, что составляет 100 %, в том числе 13 котельных коммунальной (муниципальной) собственности (100 %), 176 котельных СПП «Макеевтеплосеть» ГП «Донбасстеплоэнерго», две котельные Министерства образования и науки ДНР, 27 угольных котельных ЧП «Энергия», а также 11 тепловых пунктов.

Выполнен ремонт 551 котла, подготовлено 207,394 км тепловых сетей (в двухтрубном измерении), заменено 13,3 км тепловых сетей в двухтрубном измерении, что составляет 64 % от запланированного количества 20,723 км (табл. 3).

Таблица 3. Выполнение мероприятий по подготовке объектов теплового хозяйства

№ п/п	Виды работ	Ед. изм.	План	Факт	Вып., %
1	Подготовка котельных всего, в том числе	шт.	218	218	100
	– СПП «Макеевтеплосеть»	шт.	176	176	100
	принятые котельные социальной сферы, в том числе:				
	– муниципальной собственности	шт.	13	13	100
	– Минобразования	шт.	2	2	100
	– ЧП «Энергия»	шт.	27	27	100
2	Капитальный ремонт/реконструкция котельных всего, в том числе:	шт.	3	5	166,7
	– СПП «Макеевтеплосеть»	шт.	3	5	166,7
3	Замена котлов, всего, в том числе:	шт.	15	15	100
	– СПП «Макеевтеплосеть»	шт.	15	15	100
4	Ремонт котлов	шт.	553	553	100
5	Подготовлено тепловых сетей (в двухтрубном измерении), в том числе:	км	207,394	207,394	100
	– СПП «Макеевтеплосеть»	км	196,883	196,883	100

Продолжение таблицы 3

	– муниципальной собственности	км	5,019	5,019	100
	– Минобразования	км	3,683	3,683	100
	– Минздрав	км	0,465	0,465	100
	– ЧП «Энергия»	км	1,344	1,344	100
6	Замена тепловых сетей (в двухтрубном измерении), всего, в том числе:	км	20,723	13,3	64
	– СПП «Макеевтеплосеть»	км	20,723	13,3	64
7	Подготовка центральных тепловых пунктов	шт.	11	11	100

На начало отопительного периода СПП «Макеевтеплосеть» выполнена замена 26,468 км, что составило 64 % от запланированного объема.

Недостаточный объем работ по замене теплотрасс в подготовительный период указал на необходи-

мость дополнительного выполнения работ по замене аварийных участков теплотрасс. На отчетный период дополнительно выполнена замена тепловых сетей протяженностью 1,577 км. Итого по состоянию на 20.12.2018 заменено 28,045 км тепловых сетей (табл. 4).

Таблица 4. Сравнительный анализ выполненных работ по замене тепловых сетей

Наименование работ	Выполнение работ в отопительный период, года					
	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019 на 01.12.2018
Замена тепловых сетей (в однострубно-м измерении), км	15,84	15,6	14,794	26,5	28,5	28,045

На балансе Макеевского ПУВКХ КП «Компания «Вода Донбасса» находится 1505,5 км водопроводных сетей, 624,6 км канализационных сетей, 36 ВНС, 20 КНС, две фильтровальные станции питьевой воды, три подземных водозабора, четыре очистных сооружений стоков. Значительная часть сетей водоснабжения

и водоотведения, оборудования насосных станций и очистных сооружений изношены и нуждаются в замене.

В текущем году, в рамках подготовки объектов водопроводно-канализационного хозяйства к отопительному периоду, силами Макеевского ПУВКХ выполнен следующий объем работ (табл. 5).

Таблица 5. Выполнение мероприятий по подготовке объектов водопроводно-канализационного хозяйства

№ п/п	Виды работ	Ед. изм.	План	Факт	Вып., %
1	Замена сетей водоснабжения	км	6,08	3,17	52,1
2	Замена сетей водоотведения	км	1,675	0,437	26,1
3	Подготовка водопроводных насосных станций	ед.	7	7	100
4	Подготовка канализационных насосных станций	ед.	3	3	100
5	Подготовка водопроводных очистных сооружений	ед.	1	1	100
6.	Подготовка канализационных очистных сооружений	ед.	1	1	100
7	Сумма средств предприятия на выполнение подготовительных и ремонтных работ водоснабжения и водоотведения	тыс. руб.	8807,6	6988,3	79,3

Кроме того, за отчетный период выполнено:

- замена запорной арматуры – 43 шт. (100 %);
- ремонт запорной арматуры – 119 шт. (105 %);
- ремонт ПГ – 82 шт. (161 %);
- накрыто водопроводных колодцев – 200 шт. (103 %);
- накрыто канализационных колодцев – 318 шт. (102 %);
- ремонт водопроводных колодцев – 127 шт. (102 %);
- ремонт канализационных колодцев – 111 шт. (102 %);

- ремонт шиферной кровли 670 м² (100 %);
- ремонт мягкой кровли – 2930 м² (100 %);
- остекление – 80,31 м² (100 %).

На водопроводных насосных станциях: выполнена ревизия 37 ед. насосного оборудования (103 %) и 106 ед. запорной арматуры (104 %).

На канализационных насосных станциях выполнена ревизия 19 насосных агрегатов (106 %) и 46 ед. запорной арматуры (107 %).

На водопроводных очистных сооружениях выполнена ревизия 34 ед. запорной арматуры (113 %) и 13 насосных агрегатов (108 %).

На канализационных очистных сооружениях заменено три задвижки (100 %) и отрезвизировано 11 ед. запорной арматуры (110 %), выполнена ревизия 2 ед. насосного оборудования.

В связи с тем, что в подготовительный период не был решен вопрос выделения гуманитарным

грузом водопроводной (Д-63-300 мм) и канализационной трубы (Д-100-400 мм) для производства аварийно-восстановительных работ на наружных сетях, замена сетей производилась в основном по остаткам материалов 2017 года и за счет средств предприятия.

Таблица 6. Сравнительный анализ замены сетей холодного водоснабжения

Наименование работ	Выполнение работ в отопительный период, года					
	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019 на 01.12.2018
Замена сетей холодного водоснабжения, км	4,34	3,28	4,842	5,195	5,753	3,17

Таблица 7. Сравнительный анализ замены сетей водоотведения

Наименование работ	Выполнение работ в отопительный период, года					
	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019 на 01.12.2018
Замена сетей водоотведения, км	0,905	0,25	0,574	1,149	1,071	0,437

Приведенные данные позволяют говорить о значительных объемах проведенной работы, что особенно непросто осуществлять во время тяжелой внешнеполитической ситуации. Однако именно эти мероприятия, в соответствии с распоряжениями Главы Республики

и руководства города, позволяют не только удерживать уровень коммунального хозяйства города от падения, но и позволяют делать пусть пока и небольшие, но уже достаточно ощутимые шаги в сторону повышения качества услуг, предоставляемых населению Республики.



Контроль за выполнением кровельных работ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ

Л.Н. Фесенко, д.т.н., профессор; С.И. Игнатенко, к.т.н., доцент;
А.Ю. Черкесов, к.т.н., доцент

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Аннотация. Рассмотрены проблемы и дан анализ экологической и промышленной безопасности электрохимических технологий получения хлорсодержащих продуктов на месте их последующего потребления. Описан ряд проблем, возникающих при эксплуатации современных отечественных и зарубежных мембранных и безмембранных электролизных аппаратов, и пути их решения. Одним из перспективных и менее затратных методов химико-биоцидной обработки воды является получение дезинфицирующего реагента — гипохлорита натрия на установках прямого электролиза непосредственно из самой воды (из присутствующих в воде хлоридов), не внося при этом в обеззараживаемую воду каких-либо окислителей извне.



Фесенко
Лев Николаевич



Игнатенко
Сергей Иванович



Черкесов
Аркадий Юльевич

Введение. Обеззараживание является обязательной стадией на финишном этапе технологической схемы подготовки воды. Традиционно проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом дезинфекции воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительной простоты и экономичности.

Однако при использовании жидкого хлора бесспорной остается проблема его транспортировки через селитебные территории и хранения многотонных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Опасность использования жидкого хлора (2-й класс опасности), а также невозможность соблюдения Водоканалами ряда положений все более ужесточающихся Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, в частности, «Правил безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утвержденных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2013 г. № 554 (в дальнейшем — «Правила»), привели традиционную технологию обеззараживания воды в тупиковую ситуацию. Решением проблемы может быть либо перенос водоочистной станции в более безопасное место (по сути — строительство новой за городской чертой), либо отселение жителей

за пределы опасной зоны (в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» не менее 500 м от хранения контейнеров с хлором, п. 7.1.14), или перевод станции на менее опасный дезинфектант, сочетающий положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков.

Описание исследования. С точки зрения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты (жидкий хлор, хлорная известь, гипохлориты и др.) одинаково надежны и эффективны. Как следствие, при выборе конкретного реагента его преимущества следует искать не в каком-то супербактерицидном эффекте дезинфектанта, а в безопасности его доставки и хранения, технологичности применения, образовании и количестве побочных отходов при производстве продукта на месте его последующего использования, сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта, а также стоимости поставляемого с химзаводов хлорсодержащего реагента или аппаратов, производящих его непосредственно на площадке водоочистных сооружений из приобретаемого сырья.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обозначил, а в дальнейшем и подтвердил на практике, перспективность и экономическую привлекательность хлорсодержащих продуктов, получаемых на месте потребления при прохождении электрического тока через раствор поваренной (пищевой) соли. Технологически получение хлорсодержащих сред электролизом возможно двумя путями: с разделением межэлектродного пространства (катионообменной мембраной или проницаемой диафрагмой) и получением анодной (молекулярный хлор) и катодной (едконатровая щелочь и водород) фракций, или без разделения с выработкой в одном пространстве гипохлорита натрия и водорода [1–3].

Метод безмембранного электролитического получения раствора гипохлорита известен с конца XIX века, хорошо изучен и в силу ряда преимуществ по-прежнему остается перспективным и в последнее время находит все более широкое практическое применение, постоянно совершенствуясь и модернизируясь в направлении повышения эколого-экономических показателей технологического процесса.

В России самые мощные электролизные установки работают в городах: Ростов-на-Дону (водопроводные станции ОСВ-1 «Центрального водопровода» — 1 т и ОСВ «Александровские» — 7 т по эквиваленту хлора в сутки производства ООО НПП «ЭКОФЕС»); Санкт-Петербург (водопроводные станции «Северная» — 3,5 т и «Южная» — 4,5 т в сутки производства фирмы «NEWTEC») [4]; Иваново (две установки

по 680 кг/сут., фирма «GRUNDFOS/ALLDOS»); Набережные Челны (два электролизера НСТ-1500 по 680 кг эквивалентного хлора в сутки производства SevernTrentDeNora); Уфа (Северный инфильтрационный водозабор, три установки по 113 кг/сут., фирма «Wolles&Tiernan»). Потребители иностранных технологий попадают в неизбежную зависимость от зарубежного сервиса и ремонта, а также от поставок импортных комплектующих и расходных материалов (прежде всего, крайне дорогих окисно-иридиево-рутениевых титановых анодов с гарантийным сроком эксплуатации металлооксидного покрытия 2–3 года), что вызывает серьезные финансовые проблемы и некоторую неуверенность у импортоприобретателей, особенно обострившуюся в современных условиях нарастающих санкций со стороны стран Евросоюза.

Именно с такой ситуацией пришлось столкнуться одному из крупнейших российских водоканалов, на водоочистных станциях которого в течение 3-х лет эксплуатируется шесть электролизных установок «GRUNDFOS/ALLDOS» производительностью 156 кг/сут. по эквиваленту хлора каждая. Выработка срока службы анодного покрытия ОПТА и связанное с этим резкое снижение концентрации вырабатываемого гипохлорита натрия потребовало срочной замены пакета электродных пластин особой конструкции, приобретение и монтаж которых в электролизные аппараты фирма-производитель оценила в десятки миллионов рублей. В итоге монопольную ситуацию на рынке комплектующих материалов к импортным электролизерам пришлось исправлять отечественному производителю, среди которых далеко не каждый способен обеспечить адекватную замену. В частности, для МУП «Водоканал» Муниципального образования «Город Архангельск» ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск) изготовило, смонтировало и в начале июля 2016 г. запустило в эксплуатацию четыре электролизных модуля собственного производства по 150 кг/сут. по активному хлору каждый взамен вышедшим из строя аппаратам «GRUNDFOS/ALLDOS» (рис. 1). Как показала эксплуатация, установленные электролизеры по основным технологическим показателям не уступают ранее действующим импортным аналогам.

Кроме того, все иностранные компании, а вслед за ними и российские фирмы («Невский Кристалл», «Юпитер», «РутТех», «Аквахим» и др.) при производстве гипохлорита используют глубоко умягченную воду и специальную соль (таблетированную или марки «Экстра», в крайнем случае, высшего сорта), не содержащую кальция и магния, что удорожает процесс на 30–40 %. И если воду нетрудно умягчать на месте ее использования (как правило, электролизные станции зарубежного образца поставляются только



Рис. 1. Четыре электролизера «Хлорэкс» взамен вышедшим из строя «GRUNDFOS/ALLDOS» производительностью 150 кг хлора в сутки каждый



Рис. 2. Пакет электродов спустя 5 месяцев эксплуатации на неподготовленной воде и при отсутствии автоматической регулярной кислотной промывки

Также отметим, что применяемая как в отечественных, так и в импортных установках «NEWTEC», «GRUNDFOS/ALLDOS», «OSEC» и др., система умягчения воды Na-катионированием требует дополнительного потребления воды и соли на регенерацию катионита и, что наиболее проблематично, этими установками не решается вопрос очистки (или утилизации) отработанных высококонцентрированных хлоридно-магниевых-кальциевых регенерационных растворов, а также взрывающей и отмывочной воды. В технологических схемах такие сбросы производители электролизных установок именуют обтекаемым выражением «в дренаж», а по сути — в хозяйственно-бытовую канализацию, что категорически неприемлемо и запрещено.

в комплекте с Na-катионитовыми фильтрами), то соль марки «Экстра» в России не производится (ближайший поставщик — Белорусская «Мозырьсоль»), и ее цена в 3–5 раз выше астраханской, илецкой и др.

В результате для продвижения своей продукции на рынке некоторые отечественные производители широко заявляют о возможности использования на их установках поваренной соли любой сортности, забывая при этом, что в глубоко умягченной Na-катионированной воде при растворении такой соли происходит вторичное насыщение воды ионами жесткости, присутствующими в низкосортной соли. В итоге в течение весьма короткого времени их электролизные аппараты практически полностью обрастают карбонатными отложениями с закупоркой межэлектродного пространства (рис. 2) и нарушением гидравлики протока. Отсутствие автоматической кислотной промывки электролизеров, регулярность и периодичность которой не зависит от «человеческого» фактора, и неработающая при этом в нормальном режиме водоподготовка только усугубляют процесс.

На электролизных установках производства ООО НПП «ЭКОФЕС» проблема использования низкосортной (и дешевой) соли решается методом декарбонизации рабочего солевого раствора, приготовленного на неумягченной водопроводной воде. При этом реализуется наиболее простая, значительно менее затратная и безотходная (какие-либо сбросы отсутствуют) технология удаления осадкообразующего иона гидрокарбоната путем подкисления воды до $\text{pH} = 4,0\text{--}4,2$ с переводом CH_3^- в свободную CO_2 и последующей отдувкой её в пленочном или барботажном дегазаторе.

Такая технология подготовки солевых растворов впервые была реализована ООО НПП «ЭКОФЕС» на электролизной станции ОСВ Центрального

водопровода Ростова-на-Дону и в течение восьми лет эксплуатации демонстрирует свою высокую эффективность и надежность.

Наконец, имеется еще один вид стоков, подлежащих переводу их в состояние, отвечающее требованиям, предъявляемым к приему в промканализацию ВОС, либо возврату в схему электролиза. Это стоки от промывки электролизеров раствором соляной кислоты. В технологии «Newtec» (Водопроводные станции г. Санкт-Петербурга «Северная» — 3,5 т и «Южная» — 4,5 т по эквиваленту хлора в сутки) по мере образования на катодных пластинах отложений карбоната кальция проводится периодическая промывка электролизеров в закрытом контуре 4%-ным раствором соляной кислоты. Промывку осуществляют подключением к очередному электролизеру передвижной мобильной установки с размещенной на ней емкостью с кислотой и циркуляционным насосом. В литературе нет информации о месте выпуска отработанной кислоты (так же, как и отработанных солевых регенерационных растворов от Na-катионирования). Очевидно, сброс осуществляется также по схеме «в дренаж».

На рынке экологических товаров и услуг появляется все большее количество усиленно рекламируемых устройств мембранного (или диафрагменного) типа, декларируемых как «безопасная и экономическая альтернатива известным технологическим процессам синтеза хлора», «новый процесс в технологии электрохимических производств» и т. п., а производимый этими аппаратами продукт именуется как «электрохимически активированный антимикробный раствор», «более современный в технологическом и функциональном плане аналог хлорной воды» и т. д. [4–6].

Получаемый в анодной камере диафрагменного (или мембранного) электролизера газ различные фирмы называют по-разному:

- «обычный хлор-газ» (компания ProMinent, Германия; компания Chlorimax, США);
- «оксидантный газ-хлорин», состоящий из хлор-газа, диоксида хлора, перекиси водорода, атомарного кислорода (фирма Oxico, США);
- «нестабильная влажная газообразная смесь оксидантов, представленная хлором (95 %), диоксидом хлора (3 %), озоном (1,5 %), гидропероксидными соединениями (перекись водорода, синглетный кислород, супероксидные радикалы)» (ЗАО «Институт электрохимических систем и технологий Витольда Бахира», Россия);
- «газообразный оксидант» (ООО НПО «Эко-технология», Россия).

В литературе и рекламных буклетах имеется обширная информация о том, что «раствор смеси оксидантов» за счет «аномальной реакционной способности растворов и газов» обладает более эффективным

окислительным и бактерицидным действием по сравнению с гипохлоритом натрия, получаемом в бездиафрагменном электролизере [5–7]. Такое действие приписывают «комплексу окислителей», однако до настоящего времени нет опубликованных достоверных данных об идентификации каких-либо окислителей помимо хлора в электрохимически полученных растворах. Хотя вероятно, что и другие разновидности окислителей генерируются при электролизе в микроколичествах, однако аналитическое определение их содержания на фоне высоких концентраций активного хлора в растворе проблематично.

При электролизе с разделенными электродными пространствами полученный в анодной камере газ смешивается с водой, и в результате получаем: «раствор смеси оксидантов», «анолит АНК», «аналог хлорной воды» и т. п. (название продукта в зависимости от производителя оборудования), который фактически мало чем отличается от насыщенной газообразным хлором воды в обычном хлораторе. Результаты исследований, изложенные в докладе «FoundationforWaterResearch» (Великобритания) № 832/1100 от 08.12.2003 г., показали, что генераторы «смеси оксидантов» не вырабатывают «электрохимически активированный анолит» (он же «раствор смеси оксидантов») с заявленными свойствами, как утверждается в рекламных проспектах и на сайтах фирм-производителей, а протестированное оборудование не вырабатывает продукт, отличный от хлора.

При сравнительной оценке технологий электрохимического получения хлорсодержащих продуктов (хлорная вода, «оксиданты», низко- или высококонцентрированный гипохлорит натрия) на месте их последующего применения конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность электролизных аппаратов определяются (в основном):

- возможностью применения соли любой сортиности;
- энергозатратами на единицу получаемого продукта (1 кг в эквиваленте активного хлора);
- затратами на подготовку воды, используемой в приготовлении солевых растворов (умягчение воды или декарбонизация);
- уровнем автоматизации как основных (электролиз), так и вспомогательных (растворение соли, водоподготовка, удаление карбонатных отложений, дозирование готового продукта и др.) технологических процессов;
- безотходностью и экологичностью технологического цикла, исключающих образование вторичных загрязнений, подлежащих последующей очистке или утилизации;
- безопасностью, надежностью и антитеррористической устойчивостью производства на месте потребления хлорсодержащих сред.



Рис. 3. Станция обеззараживания в Каменск-Уральском ОАО «Водоканал» установками МБЭ производства ООО ГК «Спецмаш»

Рассматривая схему получения хлорсодержащего продукта методом электролиза хлоридных растворов с разделенным электродным пространством на аппаратах типа МБЭ (мембранный биполярный электролизер – рис. 3, производители ООО ГК «Спецмаш» г. Дзержинск, ООО «Эко-Технология» г. Санкт-Петербург, ООО «СибАкваТрейд» г. Омск) и сравнивая ее экологичность и промышленную безопасность с позиций требований «Правил» и с некоторыми другими нормативными документами, приходим к заключению, что заявляемые изготовителями МБЭ цели их деятельности, такие как, например, «обеспечение реализации технологического процесса во имя экологической и технологической безопасности объекта и населенного пункта» (www.et-sp.ru), или что промбезопасность объекта реализуется за счет того, что «хлор образуется только при наличии источника постоянного тока, нет необходимости хранения хлора, т. к. он непосредственно производится и уходит в «трубы с водой» (www.specmash.ru) и др., не всегда отвечают действующим нормативным требованиям по безопасности объекта и его экологичности.

Необходимо отметить, что, например, входящая в состав ООО ГК «Спецмаш» ООО ЗХ «Заря» выпус-

кает мощные диафрагменные электролизеры (типа ДМ и БГК, рис. 4), применяемые при производстве хлора (до 3 т/сут.) и каустической соды (до 3,5 т/сут.). Поскольку широкого спроса на такие высокопроизводительные аппараты, генерирующие хлор-газ, на сегодняшний день нет, то, очевидно, производителями промышленных электролизеров было принято решение из «больших» сделать «маленькие» типа МБЭ, производительностью до 150 кг хлора в сутки. А поскольку «маленькие» аппараты не оборудованы устройствами охлаждения, осушки и компримирования отходящего от электролиза хлор-газа в сжиженный продукт, то в технических заданиях на «повышение экологической эффективности систем обеззараживания воды» Заказчик пишет (цитата из «Техзадания» от Новокузнецкого водоканала): «Продукты электролиза поваренной соли (видимо, неловко написать, что продукт – это хлор-газ 2-го класса опасности) из электролизера должны подаваться на потребление непосредственно, без промежуточного их хранения в специальных емкостях». Почему именно так? Да потому, что в качестве «специальных емкостей» могут выступать только баллоны или бочки с хлором, т. е., чтобы не вернуться к тому (хлораторной), от чего, якобы, уходим. Однако пока еще никто не отменял СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.2-84*», в п. 9.121 которых четко прописано, что вместимость расходного бака гипохлорита (а если это мембранный электролизер, то, соответственно, емкость с хлорной водой или же «специальная емкость» с хлор-газом) должна обеспечивать не менее суточной потребности станции в реагенте. Т. е. на случай планируемой или непредвиденной (авария) остановки электролизеров типа



Рис. 4. Промышленный диафрагменный электролизер типа БГК для генерации хлора и каустической соды производства ООО ЗХО «Заря» (Группа компаний «Спецмаш»)

МБЭ не то, что 24-часового, а вообще какого-либо запаса хлорного продукта нет. И только производители МБЭ, игнорирующие СП, позволяют себе рекламировать такие технологии по своему разумению и под свое оборудование, очевидно, наперед зная, что до Госэкспертизы их проектная документация не дойдет, а, следовательно, и нет проблем.

Однако проблема есть, и эта проблема четко прописана в целом ряде положений Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред». В частности, при электролизе мембранным методом (п. 53 «Правил») «при отключении электролиза должна автоматически включаться продувка катодных и анодных пространств электролизера, хлорных и водородных коллекторов азотом» и еще целый ряд пунктов (п.п. 43–52 «Правил») по автоматическому регулированию и контролю за техпроцессом получения хлор-газа, обязательность выполнения которых производителями установок МБЭ попросту игнорируется. Совершенно очевидно, что, согласно «Правилам», само получение, транспортирование по трубопроводу (пусть и на коротком участке) и эжектирование хлор-газа, вещества 2-го класса опасности, автоматически переводит такие «хлордозаторные» в опасные производственные объекты со всеми вытекающими последствиями, что бы там ни писали изготовители МБЭ в своих рекламных буклетах.

Наконец, следуя информации самих производителей электролизных установок с разделенным межэлектродным пространством, а также применяемой ими технологии получения хлора, их установки представляют собой «мини-хлоркаустиковые заводы», на которых в качестве готового продукта генерируются хлор-газ и едконатровая щелочь, и которые, в свою очередь, согласно ГОСТ 12.1.007, относятся к вредным веществам 2-го класса опасности. При мембранном электролизе на каждый кг генерируемого хлора попутно вырабатывается и 1,14 кг (теоретически, а на практике еще больше) едкого натра, или выход 15%-ной щелочи (150 г/л NaOH в католите с pH = 13–14 ед.) составит около 10 л на каждый кг получаемого хлора. Т. е. при суточной потребности, например, Омского водоканала (одного из заказчиков МБЭ) около 2000 кг ему предстоит куда-то определять (продавать, нейтрализовать, утилизировать или еще что-то делать) около 20 м³ 15%-ного (или 30 м³ 10%-ного) каустика ЕЖЕСУТОЧНО! Готов ли «ОмскВодоканал» к таким проблемам?

Выводимый из электролиза водный раствор гидроксида натрия, пусть он будет 15% или 10%-ной, да хоть и 1%-ной концентрации, носит название «едкий натр» (по ГОСТ 2263-79) и относится к вредным веществам 2-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007

с особыми условиями его хранения, транспортирования, слива-налива и требований безопасности, чего в схемах с установками МБЭ никак не предусмотрено, что и будет выявлено первой же комиссией Ростехнадзора при проверке опасного производственного объекта.

Расходными материалами в электролизерах МБЭ являются ионообменные сульфакатионитные мембраны Флерион 811 фирмы АСАХИГЛАСС (Япония) или мембраны Nafion производства фирмы «Дюпон» (США), что ставит приобретателей мембранных аппаратов в неизбежную зависимость от иностранных поставок или от посредников, перепродающих такого рода импортную продукцию. Возникает вопрос: в реалиях сегодняшнего дня, направленных на максимально возможное импортозамещение, будут ли отвечать такие установки требованиям экономической ситуации, сложившейся в РФ на фоне все возрастающих санкций со стороны индустриально развитых стран – США и стран Евросоюза?

С целью минимизации карбонатно-сульфатно-кальциевых отложений на мембранах (что и определяет срок их службы) в установках типа МБЭ должна применяться только химически чистая соль (в российских условиях это таблетированная или пищевая поваренная соль не ниже марки «Экстра», ближайший поставщик которой Белорусская «Мозырьсоль») и глубоко умягченная вода с практически нулевой концентрацией кальция. Для этой цели в технологиях МБЭ применяют Na-катионирование воды, при этом технологию водоподготовки комплектуют импортной ионообменной установкой типа EMS MX с пятислойной загрузкой ЭкософтМикс (хотя и отечественный КУ-2-8 не хуже импортного аналога). Возникает очередной вопрос: как утилизируются (или деминерализуются) отмывочные и отработанные 30%-ные хлоридно-натриево-кальциево-магниевые отработанные регенерационные растворы от Na-катионирования, поскольку их сброс в хоз-бытовую канализацию недопустим ни при каких обстоятельствах? Ответ: в технологиях МБЭ никак.

Поскольку бактерицидное действие всех хлорсодержащих сред (вода, насыщенная хлор-газом, или она же «хлорная вода», гипохлориты кальция и натрия, хлорная известь и другие хлорсодержащие водные растворы), за исключением диоксида хлора, в принципе одинаково, поскольку все они имеют один механизм гидролиза свободного хлора в водной среде, то возникает следующий вопрос: поскольку энтеровирусы, цисты лямблий и др. спорообразующие устойчивы к воздействию хлора (независимо от того, хлорная ли это вода, электрохимический гипохлорит натрия, «газообразная влажная смесь оксидантов» и т. д.), то каким образом установки МБЭ

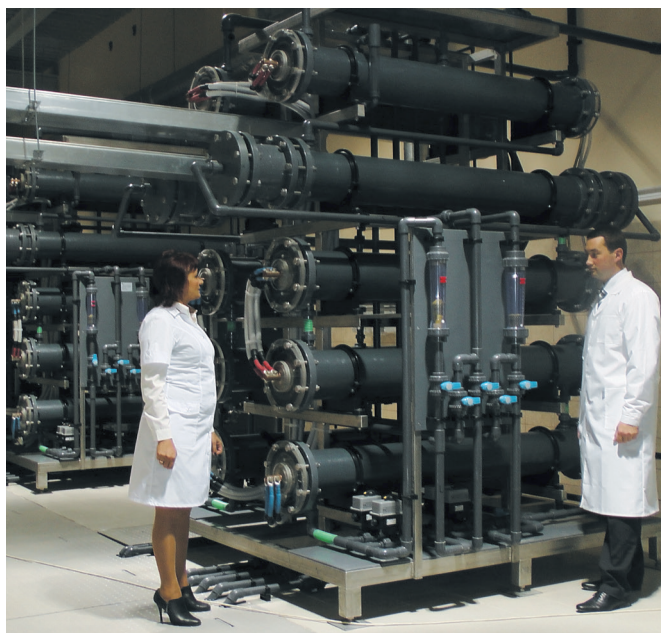


Рис. 5. Самая крупная в России (вторая в мире) электролизная станция на Александровских ОСВ производительностью 7 т/сут по эквиваленту хлора с безмембранными электролизерами производства ООО НПП «ЭКОФЕС»

способны обеспечить 100%-ную (как заявляется в рекламных проспектах изготовителями мембранных аппаратов) санитарно-эпидемиологическую безопасность питьевой воды, если нет финишного этапа ультрафиолетового обеззараживания?

Даже при использовании высококачественной соли и глубоко умягченной воды, тем не менее, не исключается постепенное отложение и накопление на поверхности мембраны так называемых «катодных отложений» — солей карбоната и сульфата кальция. Поскольку в технологической схеме МБЭ не предусмотрена кислотная промывка вообще, то как тогда удаляются такие соли с поверхности мембраны, наличие которых постепенно приводит к «запиранию» мембраны и выходу её из строя?

Электролизные установки для получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия без разделения электродных продуктов лишены недостатков, присущих мембранному или диафрагменному электролизу, в частности: отсутствие этапов выделения газообразного хлора и образования побочного продукта — едконатровой щелочи и, как следствие, проблем, связанных с обеспечением хлорбезопасности и утилизацией каустика. Вырабатываемый в объеме электролизера продукт — гипохлорит натрия, вещество 4-го класса опасности, которое может беспрепятственно храниться в накопительных емкостях в объеме, обеспечивающем требуемый СП 24-часовой запас реагента на случай плановой или аварийной остановки электролизной станции. Возможность использования в качестве сырья поваренной

соли любой сортности и, соответственно, цены также выгодно отличает метод безмембранного электролиза от технологий с аппаратами МБЭ.

Обеззараживание — обязательный этап обработки питьевой воды, необходимый для обеспечения ее гарантированной санитарно-эпидемиологической безопасности, а низкоконцентрированный гипохлорит натрия — альтернативный высокотоксичному газообразному хлору дезинфектант, который в мировой практике уже давно признан как самый безопасный, технологически надежный, экологически чистый хлорсодержащий реагент, получаемый в бездиафрагменных электролизных установках на месте последующего его потребления.

Вопросы экологической безопасности были полностью решены ООО НПП «ЭКОФЕС» на самой мощной в России (и второй в мире) электролизной станции (7 т/сут по активному хлору с установкой 7 электролизных аппаратов по 1 т/сут каждый) на Александровских водопроводных очистных сооружениях г. Ростов-на-Дону, пущенной в работу в августе 2015 г. (рис. 5). В отличие от импортных станций производства ГХН новая станция Ростовского водоканала является экологически чистой и полностью безотходной со 100%-ным использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (вода, поваренная соль, кислота) [8].

Среди эксплуатационных расходов на производство ГХН, наряду с затратами электроэнергии, наибольшее влияние оказывает стоимость поваренной соли, используемой как источник хлорид-ионов [9]. Поэтому одним из перспективных и менее затратных методов химико-биологической обработки воды является получение дезинфицирующего реагента — гипохлорита натрия на установках прямого электролиза непосредственно из самой воды (из присутствующих в воде хлоридов), не внося при этом в обеззараживаемую воду каких-либо окислителей извне. Для обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности артезианской или поверхностной воды методом прямого электролиза достаточны только электролизер и блок питания. То есть исключаются доставка хлорсодержащих или иных реагентов и организация их дозирования в подаваемую воду.

Установки прямого электролиза марки «Хлор-экс-УГПЭ» (производства ООО НПП «ЭКОФЕС») удобны к применению на финишном этапе очистки (обеззараживания) воды и особенно в схеме: артезианская скважина — прямой электролиз в аппарате УГПЭ — водонапорная башня — разводящая сеть. В сравнении с другими методами и системами обеззараживания воды значительно более экономичны в небольших городах и сельских поселениях, лечебно-профилактических учреждениях, плавательных бассейнах, аквапарках и т. п.

Также представляется актуальным применение прямого бездиафрагменного электролиза для биоцидной обработки шахтных вод, в том числе и на территории действующих шахт Донбасского угольного бассейна.

ВЫВОДЫ

Метод безмембранного электролизного получения ГХН остается перспективным и находит все более широкое практическое применение, постоянно совершенствуясь в направлении повышения эколого-технологических показателей.

Отсутствие у ряда отечественных производителей электролизных аппаратов автоматической кислотной промывки, регулярность которой не зависит от «человеческого» фактора, вызывает неконтролируемый рост карбонатных отложений с закупоркой межэлектродного пространства.

Применяемая в отечественных и зарубежных установках система умягчения воды Na-катионированием рассчитана на применение соли не ниже марки «Экстра», при этом не решен вопрос очистки (или утилизации) отработанных сильноминерализованных регенерационных растворов. Более экологична и менее затратна технология удаления осадкообразующего иона гидрокарбоната путем подкисления воды с переводом CH_3^- в CO_2 и её последующей отдувкой в дегазаторе.

Продуктом электролиза поваренной соли в мембранных аппаратах является хлор-газ 2-го класса опасности, транспортирование которого по трубопроводу к точке дозирования переводит мембранный электролиз в ранг опасного производственного объекта. Попутно с хлор-газом при мембранном электролизе генерируется и 10–15% едконатровая щелочь, продукт также 2-го класса опасности с особыми условиями его хранения, транспортирования, слива-налива и требований безопасности в соответствии с приказом № 559 Ростехнадзора по производству неорганических кислот и щелочей.

Вопросы экологической и промышленной безопасности полностью решены в отечественных электролизных установках «Хлорэфс» производства ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск) со

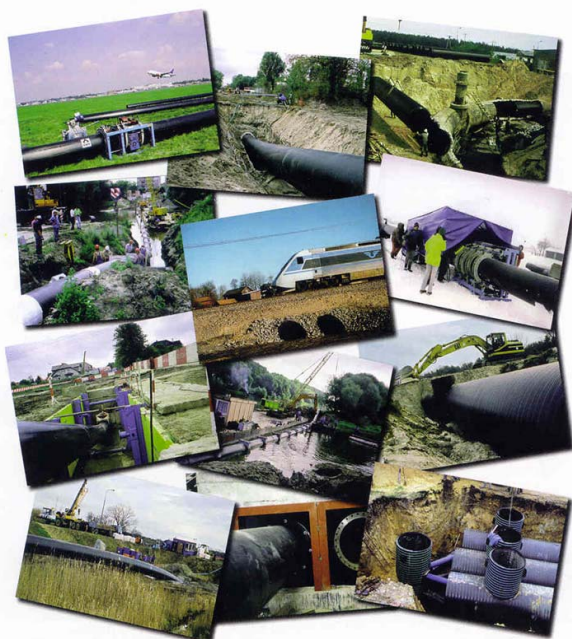
100%-ным использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (вода, поваренная соль, кислота).

Перспективным и менее затратным методом обеззараживания воды является получение ГХН непосредственно из присутствующих в воде хлоридов путем прямого электролиза дезинфицируемой воды в аппарате проточного типа.

Список литературы:

1. Фесенко Л.Н., Денисов В.В., Скрябин А.Ю. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство и применение: монография / Л.Н. Фесенко, В.В. Денисов, А.Ю. Скрябин; под ред. проф. В.В. Денисова; ООО НПП «ЭКОФЕС», Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: Лик, 2012. – 237 с.
2. Баранов С.В. Станции обеззараживания на основе мембранных электролизных установок // Мат. Всероссийского семинара «Техника и технология обеззараживания питьевых и сточных вод без использования элементарного хлора» / Москва, 2008 г.
3. Болдырев В.В. Обеззараживание воды методом мембранного электролиза // Водоснабжение и санитарная техника, 1999. – № 11. – С. 21–23.
4. Кинебас А.К., Нефедова Е.Д., Бекренев А.В. Обеззараживание воды низкоконтрированным гипохлоритом натрия на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника, 2010. – № 3. – С. 24–29.
5. Бахир В.М. Обеззараживание воды: проблемы и решения // Вода Magazine, 2008. – № 5.
6. Бахир В.М. К проблеме поиска путей повышения промышленной и экологической безопасности объектов водоподготовки и водоотведения ЖКХ // Водоснабжение и канализация, 2009. – № 1.
7. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения. – Питьевая вода, 2003. – № 1.
8. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В., Черкесов А.Ю., Федотов Р.В., Бессарабов С.Ю. Опыт эксплуатации современных электролизных установок производства низкоконтрированного гипохлорита натрия // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2016. – № 5. – С. 54–60.
9. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В. Совершенствование технологии производства гипохлорита натрия электролизом морской воды. // Водоснабжение и санитарная техника, 2015. – № 1. – С. 11–20.

Учебный центр
ДАК-ДонНАСА



Учебный центр осуществляет подготовку студентов и свободных слушателей по профессиям:

1. Монтаж санитарно-технических систем и оборудования;
2. Слесарь-сантехник.

Подготовка специалистов ведется с помощью современного оборудования с участием преподавателей наивысшей квалификации.



По окончании курсов выдается свидетельство государственного образца о присвоении 2–3 разряда. Специалисты, имеющие данные разряды могут повысить квалификацию.

Контакты:

(071) 305-73-28
vk.donnasa@gmail.com



БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД С ЭРЛИФТНЫМИ БИОРЕАКТОРАМИ-ОСВЕТЛИТЕЛЯМИ

**В.И. Нездойминов, д.т.н., профессор; В.С. Рожков, к.т.н., доцент;
Д.В. Заворотный, ассистент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Представлена концепция биологической очистки городских сточных вод, основанная на применении биологических реакторов с затопленной эрлифтной системой аэрации. Концепция учитывает возможность применения при различной производительности и любой категории станции очистки сточных вод, для каждой категории водоёма для сброса очищенных стоков. Основными элементами технологии биологической очистки стоков являются: удаление фосфора посредством РАО, удаление форм азота и осветление иловой смеси в эрлифтных биореакторах-осветлителях, доочистку сточных вод на фильтрующей загрузке и минерализацию осадка в минерализаторах с затопленной эрлифтной системой аэрации. Предложенная технология обеспечивает качество очистки на уровне наилучших доступных технологий по ИТС 10-2015 и выше.

Ключевые слова: биологическая очистка, сточные воды, эрлифтный биореактор, затопленный эрлифт, аэротенк-осветлитель, минерализация осадка, очистные сооружения, НДТ

Введение. От современных решений в области очистки городских сточных вод требуется соответствие ряду показателей: энергетической эффективности, качеству очистки и т. д. [1, 2]. В большинстве государств постсоветского пространства преимущественная часть городских канализационных очистных сооружений разработана в 70–80-х годах прошлого века [3].

Зачастую такие станции не способны осуществлять качественную очистку сточных вод. Наиболее сложным элементом обработки сточных вод для большинства станций является очистка по биогенным элементам, в особенности удаление соединений фосфора [4]. Ввиду того, что сектор коммунального хозяйства является слабо финансируемым, наряду с вопросами качества очистки, остро стоят вопросы экономической эффективности сооружений очистки городских сточных вод.

На основании вышеизложенного, задачи научных исследований в области очистки городских сточных вод следует формулировать с соблюдением следующих условий:

- разрабатываемые технологии должны соответствовать либо превышать показатели наилучших доступных технологий (НДТ) по части качества очистки и энергетической эффективности;

- предлагаемые технологии должны допускать возможность апробации и внедрения для очистных сооружений, обладающих различной производительностью и использующих различные водные объекты в качестве сброса;



**Нездойминов
Виктор Иванович**



**Рожков
Виталий Сергеевич**



**Заворотный
Дмитрий Викторович**

— технологии должны позволять производить их внедрение в рамках действующих станций очистки с минимизацией капитальных затрат на их реконструкцию.

Анализ последних исследований и публикаций. В последние годы многие научные исследования указывают на высокую эффективность сооружений биологической очистки, обладающих затопленной эрлифтной системой аэрации. Затопленный эрлифт отличается от традиционного воздушного подъёмника тем, что его верхний срез располагается ниже уровня поверхности жидкости. Перекачиваемая затопленным эрлифтом жидкость не выбрасывается выше уровня свободной поверхности, а вовлекается в замкнутую циркуляцию [5]. В англоязычной литературе такие сооружения именуются эрлифтными биореакторами с внутренней циркуляцией (internal air lift bioreactors) [6,7]. Исследованы закономерности, описывающие гидродинамические особенности эрлифтных биологических реакторов [8, 9]. В биореакторах с затопленной эрлифтной системой аэрации обеспечивается интенсивное движение иловой смеси по замкнутому контуру и попеременное нахождение активного ила в зонах с различной концентрацией растворённого кислорода. Посредством использования затопленной эрлифтной системы аэрации можно существенно сократить количество электроэнергии, затрачиваемой на насыщение иловой смеси кислородом воздуха [5, 10].



Рис. 1. Аэротенк-осветлитель с затопленной эрлифтной системой аэрации на рыбной фабрике, г.т. Пантелеймоновка

Для удаления фосфора применяются фосфор-аккумулирующие организмы (РАО — phosphorus accumulating organisms), которые культивируются в анаэробных условиях с рециркуляцией из последующей аэробной зоны [4, 11, 12].

В ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» был разработан новый тип компактного эрлифтного биореактора с внутренней циркуляцией, в котором процесс биохимической обработки сточной жидкости совмещён с процессом осветления иловой воды (аэротенк-осветлитель с затопленной эрлифтной системой аэрации). Осветление осуществляется посредством фильтрования иловой смеси через постоянно обновляющийся взвешенный слой ила [13, 14].

Основной материал. На кафедре «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» ГОУ ВПО ДонНАСА разработана концепция биологической очистки сточных вод с использованием эрлифтных биореакторов (БОСЭБ). Она предусматривает конкретный набор сооружений для различной производительности, для каждой категории станции очистки городских сточных вод и категории водоёма, в который осуществляется сброс очищенных стоков. Концепция БОСЭБ включает в себя следующие технологические положения:

1. Переработка органических веществ и соединений азота осуществляется в аэротенке-осветлителе с затопленной эрлифтной системой аэрации (эрлифтный биореактор-осветлитель) (рис. 1). Высокая энергетическая эффективность и качество очистки достигается за счёт удаления азота через нитрит. Согласно апробированным и внедрённым решениям снижение затрат на электроэнергию для аэрации и перекачивания жидкости за счёт нитри-денитрификации через нитрит в технологии БОСЭБ составляет 18–25 %, в зависимости от производительности очистной станции.

2. Удаление соединений азота производится комбинированным биологическим и химическим способом. Конструктивно данный метод реализуется посредством устройства анаэробного реактора с перемешиванием перед эрлифтным биореактором-осветлителем по ходу движения очищаемой сточной жидкости. В реактор подается активный ил из аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации. Здесь в анаэробных условиях осуществляется культивирование фосфор-аккумулирующих организмов.

3. Илоразделение осуществляется в самообновляющемся взвешенном слое ила аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации. Конструктивные особенности данного элемента концепции [13] позволяют совмещать зоны протекания биохимических реакций и зоны

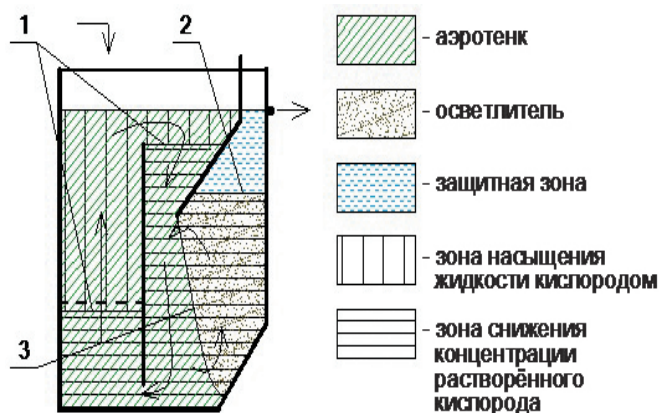


Рис. 2. Условные зоны аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации
1 — условные границы между зоной насыщения иловой смеси кислородом воздуха и зоной снижения концентрации растворённого кислорода;
2 — поверхность илоразделения; 3 — условная граница между осветлителем и аэротенком

илоразделения (рис. 2). Работа взвешенного слоя тесно зависит от обусловленной затопленным эрлифтом циркуляции. От интенсивности циркуляции жидкости в эрлифтом биореакторе-осветлителе зависят расход иловой смеси, возвращаемой из осветлителя в аэротенк, и, следовательно, время пребывания ила в илоотделителе [14]. Чем больше расход очищаемой жидкости, тем большая производительность затопленного эрлифта требуется для поддержания времени пребывания в необходимых пределах. Наряду с гидравлической нагрузкой от пропуска очищаемой жидкости интенсивность циркуляции влияет на скорость восходящего потока во взвешенном слое осветлителя. Зависимость максимальной допустимой интенсивности циркуляции от гидравлической нагрузки определена на экспериментальной модели, представленной на рисунке 3 [13]. На рис. 4 представлены графики зависимости интенсивности циркуляции иловой смеси от гидравлической нагрузки на зеркало защитной зоны при различном времени пребывания ила в осветлителе, а также график, выражающий максимальную гидравлическую нагрузку, не допускающую размыва взвешенного слоя. Предлагаемая технология илоразделения отличается высокой гидравлической нагрузкой (в 2–5 раза выше, чем в существующих осветлителях с взвешенным слоем ила) и минимальными энергетическими затратами.

4. Осветление иловой смеси в эрлифтом реакторе-осветлителе не обеспечивает необходимого качества очистки по взвешенным веществам и, соответственно, по БПК при сбросе более 200 м³/сут очищенных сточных вод в водные объекты I категории, а также более 20 тыс. м³/сут — в водные объекты II категории. В таких условиях концепция БОСЭБ



Рис. 3. Экспериментальная модель аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации

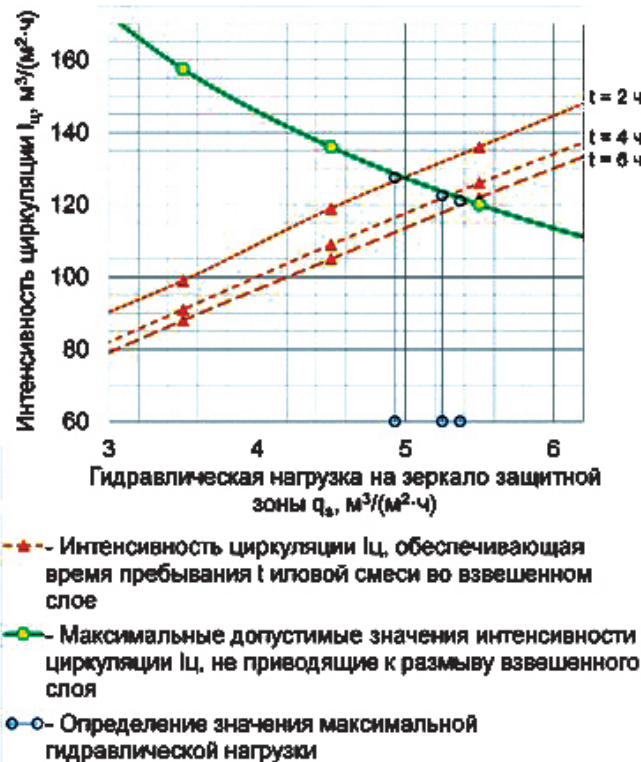


Рис. 4. Определение максимальной гидравлической нагрузки в эрлифтом биореакторе-осветлителе при концентрации иловой смеси 3–5 г/л и иловом индексе 90–100 мл/г при различном времени пребывания ила в осветлителе

предусматривает устройство доочистки биологически очищенной жидкости на фильтрующей загрузке из дроблёного антрацита.

5. В качестве технологии обработки осадка концепция предлагает технологию аэробной минерализации в сооружениях с затопленной эрлифтной системой аэрации. Надиловая вода при этом проходит обработку реагентом для удаления соединений фосфора с последующим отстаиванием и (в зависимости от применяемого реагента) фильтрованием на зернистых фильтрах. Предложенная технология минерализации была внедрена на Макеевской станции очистки городских сточных вод (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Аэробный минерализатор с затопленной эрлифтной системой аэрации на канализационной очистной станции, г. Макеевка

Возможность конструктивного исполнения технологии БОСЭБ посредством реконструкции существующих сооружений проработана для очистных сооружений г. Макеевки, г. Донецка, внедрена на канализационной очистной станции пгт Новый Свет Старобешевского района. Проекты реконструкции канализационных очистных сооружений характеризуются использованием 60–70 % емкостных мощностей действующих станций. Вывод остальных сооружений в резерв или на консервацию отвечает требованиям производства работ на действующем предприятии.

ВЫВОДЫ

Представленная концепция биологической очистки сточных вод с эрлифтными биореакторами обеспечивает очистку городских сточных вод перед сбросом в водоёмы любой категории с качеством на уровне НДТ по ИТС 10-2015 и выше. Внедрение технологии БОСЭБ возможно осуществлять посредством реконструкции действующих сооружений, без остановки предприятия. Реализация БОСЭБ на действующих станциях характеризуется минимальными капитальными затратами на реконструкцию сооружений при последующем снижении эксплуатационных затрат.

Список литературы:

1. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов: ИТС 10-2015 [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативной технической документации – 01.07.2016. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200128670/>
2. Березин С.Е. Обоснование выбора технологического оборудования по очистке сточных вод / С.Е. Березин, В.И. Баженов, А.В. Черненко // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. – № 2 – С. 48–58.
3. Серпокрылов Н.С. К вопросу о статусе справочника по НТД в разделе «Очистка городских сточных вод» / Н.С. Серпокрылов, Е.В. Вильсон // Строительство и архитектура 2015. – 2015. – С. 55–58.
4. Юрченко В.А. Влияние редокс-потенциала среды на миграцию фосфора в иловой смеси / В.А. Юрченко, А.В. Смирнов, А.Ю. Бахарева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 6. – С. 78–84.
5. Нездойминов В.И. Расчетные зависимости аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации / В.И. Нездойминов [Электронный ресурс] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры – 2014. – № 5 (109). – Режим доступа : http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnaba_2014_5_14
6. Al-Mashhadani M.K.H. Airlift bioreactor for biological applications with microbubble mediated transport

- processes [Электронный ресурс] / М.К.Н. Al-Mashhadani, S.J. Wilkinson, W.B. Zimmerman // *Chemical Engineering Science* – 2015. – Vol. 137. – Pp. 243–253. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250915004406>
7. Campani G. Oxygen transfer in a pressurized airlift bioreactor [Электронный ресурс] / G. Campani, M.P.A. Ribeiro, A.C.L. Horta, R.C. Giordano, A.C. Badino, T.C. Zangirolami // *Bioprocess and Biosystems Engineering* – 2015. – Vol. 38, Issue 8, Pp. 1559–1567. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00449-015-1397-4>
 8. Нездойминов В.И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации / В.И. Нездойминов, В.С. Рожков // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2010. – № 93. – С. 353–358.
 9. Ghasemi H. Investigation of hydrodynamics and transition regime in an internal loop airlift reactor using CFD [Электронный ресурс] / H. Ghasemi, S. H. Hosseini // *Brazilian Journal of Chemical Engineering* – 2012. – Vol. 29, № 04. – Pp. 821–833. Режим доступа: <http://www.scielo.br/pdf/bjce/v29n4/v29n4a13>
 10. De Jesus S.S. Hydrodynamics and mass transfer in bubble column, conventional airlift, stirred airlift and stirred tank bioreactors, using viscous fluid: A comparative study [Электронный ресурс] / S.S. de Jesus, J.M. Neto, R.M. Filho // *Biochemical Engineering Journal* – 2017. – Vol. 118, 15.02., Pp. 70–81. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.11.019>
 11. Zeng W. Influence of nitrite accumulation on “*Candidatus Accumulibacter*” population structure and enhanced biological phosphorus removal from municipal wastewater [Электронный ресурс] / Wei Zeng, Boxiao Li, Xiangdong Wang and etc. // *Chemosphere* – 2016. – Vol. 144, Pp 1018–1025. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.064>
 12. Cooperation between *Candidatus Competibacter* and *Candidatus Accumulibacter* clade I, in denitrification and phosphate removal processes [Электронный ресурс] / F. J. Rubio-Rincon, C. M. Lopez-Vazquez, L. Wellesaand etc. // *Water Research* – 2017. – Vol. 120, Pp. 156–164. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.001>
 13. Заворотный Д.В. Экспериментальное определение параметров моделирования аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной системой аэрации / Д.В. Заворотный // *Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»*. – 2018. – № 10 (53). – С. 104–109.
 14. Nezdoiminov V. Permissible parameters for the circulation rate of the sludge mixture in airlift reactor-clarifier with suspended layer [Электронный ресурс] / V. Nezdoiminov, D. Zavorotnyi, V. Rozhkov, P. Deminov // *MATEC Web of Conferences* – 2018. – Vol. 245. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824511009>

«ФЛП ПАЧЕВ К.П.»

ВЫПОЛНЯЕТ УСЛУГИ:

- ПО ПРОЧИСТКЕ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ,
- РЕШАЕТ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ,
А ИМЕННО: ЛИКВИДАЦИЯ ЗАСОРОВ, ПРОЧИСТКА ТРУБОПРОВОДОВ ОТ БЫТОВЫХ, ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЖИРОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, А ТАКЖЕ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА РЕГУЛЯРНОЙ ОСНОВЕ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДОЛЖНОГО ВНИМАНИЯ К СИСТЕМЕ ЛИВНЕВЫХ, БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ.



Адрес:	83076, г. Донецк, ул. Проходчиков, 9
Телефон:	Пачев Константин Павлович, Св-во о гос. регистрации ДНР: AA01 №27196 (062) 338-73-47, (050) 348-23-90, (071) 375-01-03 Константин Павлович (050) 939-15-80, (071) 311-71-25 Александр Павлович
Email:	aqua-tech@mail.ru

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ПОДАЧИ-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

**В.И. Нездойминов, д.т.н., профессор; В.С. Рожков, к.т.н., доцент;
Л.Г. Зайченко, к.т.н., доцент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Представлены основные принципы и методы повышения эффективности работы систем подачи-распределения воды. Приведены основные инновационные подходы к проблеме: концепция раздельного питьевого водоснабжения и инструментально-аналитический подход к эксплуатации систем подачи-распределения воды населенных пунктов.

Ключевые слова: системы подачи-распределения воды, гидравлический расчет сетей водоснабжения, вендинговые аппараты



*Нездойминов
Виктор Иванович*



*Рожков
Виталий Сергеевич*



*Зайченко
Людмила Геннадиевна*

Мероприятия по повышению эффективности работы систем подачи-распределения воды (СПРВ) могут быть условно разделены на:

- мероприятия, применяемые при новом строительстве либо в условиях глобальной реконструкции СПРВ (полная замена трубопроводов на водопроводных сетях с перерасчетом гидравлического режима сети, замена насосных агрегатов);
- мероприятия в условиях действующего предприятия, входящие в определения текущего, капитального ремонта (уменьшение утечек из водопроводной сети путем замены либо ремонта проблемных участков и узлов, установка гасителей избыточного напора, частотных преобразователей на насосных станциях).

В настоящее время большинство вышеописанных методов повышения эффективности достаточно глубоко изучены и получили широкую экспертную оценку экономических и технологических преимуществ [1, 2]. Однако большинство мероприятий, рассматриваемых для применения в условиях действующих систем водоснабжения, не показывают высокой эффективности из-за в целом неудовлетворительного состояния водораспределительной сети. Таким образом, можно сделать вывод о доминирующей среди всех методов роли замены участков сети (либо всей системы) в повышении эффективности работы систем подачи-распределения воды. Данный метод принят за основной технологический прием оптимизации существующих СПРВ.

Для разработки предложений по оптимизации системы подачи и распределения воды была выбрана следующая стратегия выполнения долгосрочной оптимизации: от целевых и локальных направлений

к комплексным схемам оптимизации. То есть в первую очередь необходимо разработать и реализовать краткосрочные схемы оптимизации, направленные на устранение основных недостатков в системах водоснабжения. Выполнение запланированных мероприятий при минимальном вложении средств позволит снизить потери воды и увеличить энергоэффективность работы системы на небольших (локальных) участках сети. Далее, за счет прибыли, полученной от экономии средств в нескольких районах, разработать и выполнить комплексную схему оптимизации более крупных районов или города в целом.

Определен перечень необходимых видов работ для составления схемы оптимизации:

- сбор данных об исследуемых сетях;
- определение реальных объемов воды, потребляемых населением;
- определение аварийно-опасных участков сети водоснабжения;
- гидравлический расчет существующей системы распределения воды с точки зрения водопотребления и пожаротушения;
- сравнение свободных напоров в диктующих и узловых точках и возможная вероятность их перераспределения;
- анализ существующего на данный момент состояния СПРВ;
- обследование, оптимизация и выдача расчетных параметров работы повысительных насосных станций в системе ПРВ.

Выполнение перечисленных мероприятий позволит более эффективно решать задачи капитального ремонта и реконструкции существующих систем подачи-распределения воды.

На основании проведенных исследований предложен **инструментально-аналитический подход** к эксплуатации систем подачи-распределения воды.

Общепринято разделение СПРВ на насосные станции и водопроводные сети [2,3]. Системы подачи воды имеют в настоящее время ряд аналитических решений, которые весьма эффективно взаимодействуют с современными автоматизированными системами управления насосными агрегатами [3,4]. В то же время системы распределения воды калибруются с помощью приборов измерения давления [4,5], чего для адекватной калибровки недостаточно [6].

Как было верно указано [3], работы по моделированию действующих систем начинаются с паспортизации сети.

Следующим этапом реализации подхода является создание математической (гидравлической) модели сети. Для этого существует ряд специализированных программ, наиболее удачной из которых авторы считают американский программный ком-

плекс Epanet [7,8], как в силу дружественного интерфейса, так и его доступности (распространяется бесплатно).

В качестве пилотного проекта для апробации основных положений предлагаемого подхода был выбран один из районов г. Макеевки (пос. Бажанова, пос. СВЧ). Для этого района, питающегося от одной насосной станции, была проведена паспортизация сети силами специалистов Макеевского ПУ ВКХ КП «Компания «Вода Донбасса» и создана расчетная модель сотрудниками ГОУ ВПО «ДонНАСА» (рис. 1).

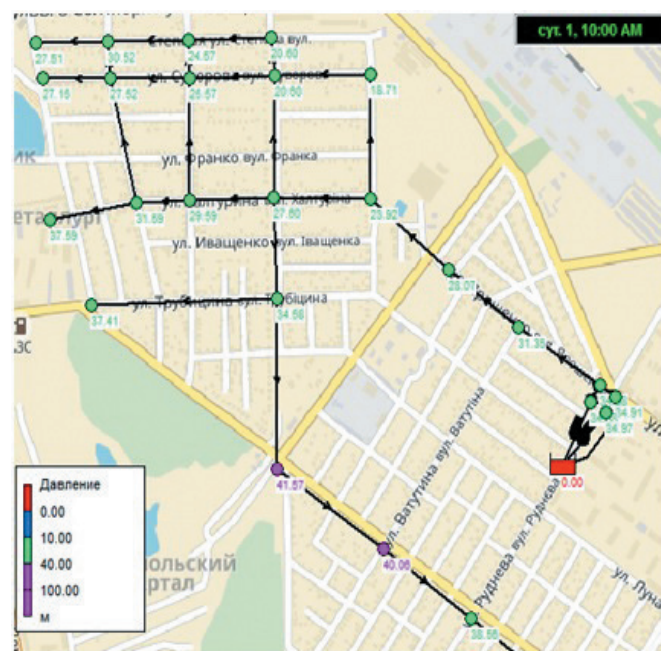


Рис. 1. Элемент расчетной модели СПРВ в среде Epanet

Следующим этапом работ стала калибровка модели. Для калибровки использовалось оборудование:

- манометры технические в кол-ве 10 шт;
- ультразвуковой расходомер Streamlux SLS-700P – 2 шт;
- портативный течеискатель Успех АТ-407Н – 1 шт.

Манометры и расходомеры позволили оперативно и не инвазивно провести замеры и расходов, и напоров в различных точках сети при имеющихся стационарных приборах на насосной станции, что позволило с достаточно высокой точностью провести калибровку системы.

В случае значительной разницы расходов в начале и конце участка применялся портативный течеискатель для исключения порыва и, соответственно, искажения результатов измерения.

Важно отметить, что такой подход позволяет «вычислить» в том числе и неработающую запорную

арматуру замером расхода перед «закрытой» задвижкой либо после нее.

В результате моделирования получен массив данных, оперируя которым можно с высокой точностью рекомендовать эффективные технические решения.

На системе подачи-распределения воды пос. Бажа-нова-СВЧ города Макеевки производительностью 2400 м³/сут. достигнута экономическая эффективность 650.000 руб/год. при стоимости мероприятий порядка 150.000 руб.

В экономической плоскости предложен инновационный подход к организации системы водоснабжения населенных пунктов.

Научная новизна данного инновационного подхода заключается в технико-экономическом обосновании **впервые предложенной раздельной системы водоснабжения на:**

- питьевое согласно СанПиН;
- питьевое повышенного качества (качество воды превышает требования СанПиН) на базе вендинговых аппаратов.

Качество воды в источниках водоснабжения и состояние сетей приводят к тому, что конечный потребитель получает воду качества ниже своих запросов. Подтверждением данного факта является широкое распространение пунктов розлива очищенной и артезианской воды в ДНР.

Стоимость развоза воды по точкам розлива, необходимость содержания персонала приводят к повышению себестоимости воды до двух рублей за литр, что является достаточно высокой стоимостью для социального сектора.

Экономически обоснованной альтернативой подобного подхода является устройство сети вендинговых аппаратов раздачи воды. Вендинговые аппараты позволяют обеспечить рентабельную работу системы снабжения питьевой водой высокого качества уже при стоимости 1,5 р. за литр. При этом подготовка, раздача воды ведется автоматически по месту. Расчет такой системы выполнен для социальных объектов г. Горловки, ДНР.

Подготовка воды питьевого качества осуществляется в вендинговых аппаратах для очистки и продажи питьевой воды AQUATIC WA-400N в количестве шести шт.

Прибыль от одного автомата составляет порядка 30.000 р/мес, срок окупаемости — 4 месяца. В следующие 10 лет срока эксплуатации аппарата чистая прибыль составляет порядка 50.000 руб/мес.

Получаемая прибыль может быть направлена на снижение конечной стоимости питьевой воды классического водоснабжения потребителю на 3 р/м. куб.

ВЫВОДЫ

Предложен инструментально-аналитический подход к моделированию и эксплуатации систем подачи-распределения воды, который позволяет с высокой точностью указать недостатки действующей СПРВ и выполнить прогноз на будущие изменения в работе системы, конечной целью чего является повышение экономической эффективности.

Разработан инновационный подход к организации системы водоснабжения населенных пунктов, который подразумевает разделение системы водоснабжения на питьевое согласно СанПиН и питьевое повышенного качества на базе вендинговых аппаратов. Такое решение позволяет снизить стоимости питьевой воды для потребителя на 15–20 %.

Список литературы:

1. Исаев, В.Н. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе [Электронный ресурс] / В.Н. Исаев, М.Г. Мхитарян // Сантехника. — 2003. — № 5. — Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2234.
2. Демин, А.П. Динамика потребления воды населением России [Текст] / А.П. Демин // Водоснабжение и санитарная техника. — 2002. — № 12. — С. 9.
3. Елин Н.Н., Корюкина Т.В. Оптимизация систем подачи и распределения воды с периодически работающими насосными станциями // Информационная среда вуза № 1 (23). — Иваново, 2016. — С. 412–416.
4. Егорова Ю.А. и др. Применение программно-расчетных комплексов при поиске неучтенных потерь в системах подачи и распределения воды // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. — 2016. — С. 166–170.
5. Карамбиров С.Н., Манукьян Д.А., Бекишева Л.Б. Имитационная оптимизация инженерных сетей // Российская сельскохозяйственная наука. — 2013. — № 1. — С. 61–63.
6. Рожков, В.С., Заворотный Д.В. Энергоэффективные решения в системах подачи и распределения воды // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — №5 (2014). — С. 36–39.
7. Epanet. Application for Modeling Drinking Water Distribution Systems // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.epa.gov/water-research/epanet#downloads>, — дата обращения 20.10.2018.
8. Инструментально-аналитический подход к эксплуатации систем подачи-распределения воды. В.С. Рожков, Л.Г. Зайченко, Д.В. Нездойминов // Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2018»: материалы XI Межд. науч.-практ. конф. — Красная Поляна, г. Сочи, 11-14 декабря 2018 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) им. М.И. Платова. — С. 57–61.

ФИЛЬТРЫ ВОДЫ БАССЕЙНЫ НАСОСЫ



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ПОСТАВКА

МОНТАЖ

ОБСЛУЖИВАНИЕ

г.ДОНЕЦК
ул.ЩОРСА 38

+38 (071)321-98-00

+38 (062)381-18-33

donaqua.pro

ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕНА В КОНВЕКТИВНОЙ ЧАСТИ ЖАРОТРУБНЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ С ТУПИКОВОЙ ТОПКОЙ

**В.Н. Качан, д.т.н., профессор; А.В. Лукьянов, д.т.н., профессор;
Е.В. Конопацкий, к.т.н., доцент**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Продолжена разработка методики геометрического моделирования тепломассообменных процессов в жаротрубных котлоагрегатах. Данная методика позволит упростить расчёт теплообмена для различных видов топлива, отличающихся теплотой сгорания от заводской паспортной характеристики, и оптимизировать конструктивные элементы в конвективной части котлов малой мощности. Путём изменения места расположения горелки в топочной части можно достигать паспортной мощности и максимально возможного КПД при использовании топлив с разным значением теплоты сгорания.

Ключевые слова: тепловой баланс, тепловые потоки, жаротрубный котлоагрегат, конвективная часть, топочная камера, теплота сгорания топлива, число Рейнольдса, коэффициент турбулентности



Качан
Владимир Николаевич



Лукьянов
Александр Васильевич



Конопацкий
Евгений Викторович

Формулировка проблемы. Жаротрубные котлоагрегаты небольшой мощности получили широкое распространение. При их эксплуатации часто возникает необходимость использовать другие виды топлива, имеющие отличную от заводской (паспортной) теплоту сгорания. В таких условиях жаротрубный котлоагрегат требует дополнительной настройки для обеспечения необходимой мощности и максимального КПД. Возникает ситуация, при которой для достижения требуемой мощности необходимо изменить конструкцию элементов конвективной части котлоагрегата (например, количества и диаметра конвективных трубок). В некоторых случаях эта проблема может быть решена подбором горелки. Однако диапазон изменения такой настройки находится в небольших пределах и поэтому подходит для тех видов топлив, которые имеют близкие значения по теплоте сгорания. Следует отметить, что по данным [1] на постсоветском пространстве используются около 40 газопроводов различных месторождений с различным составом газа и, следовательно, с различной низшей теплотой сгорания, которая варьируется от 28,3 до 47 МДж/м³. Такие перепады низшей теплоты сгорания невозможно нивелировать только с помощью настройки горелки. Тем не менее, эта проблема может быть решена и без внесения изменений в конструкцию котла с помощью регулировки места расположения ядра факела внутри топочной части жаротрубного котлоагрегата.

Анализ последних исследований и публикаций. Способам моделирования и расчёту котлоагрегатов посвящено достаточное количество работ. Например,

в работах [1-3] используется нормативный расчёт теплогенерирующих установок. Эти исследования представляют собой комплексный подход к тепловому, конструктивному, поверочному и другим расчётам жаротрубного котлоагрегата. В ранее опубликованных статьях [4, 5] была изложена геометрическая теория теплоотдачи в топочном пространстве котла с тупиковой топкой. Путём такого моделирования взамен общепринятых эмпирических формул [1-3] получена теоретическая формула для определения интегрального коэффициента тепломассопереноса K_T :

$$K_T = \frac{Q_T}{Q_p^p} = 1 - \frac{d_T \left(\sqrt{d_T^2 + 4l_{XB}^2} - 2l_{XB} \right)}{2(d_T^2 + 4l_{XB}^2)}, \quad (1)$$

где: Q_p^p и d_T – располагаемая рабочая теплота сгорания топлива и количество теплоты, воспринятой поверхностью нагрева топки для передачи её теплоносителю – воде, которая омывает топку и конвективную части котлоагрегата, кДж/м³;

d_T – диаметр топки, м;

l_{XB} – хвостовая часть длины топки l_T , расположенная у выхода из топки и облучаемая тепловым потоком под углом φ и равная: $l_{XB} = 0,5d_T \tan \varphi$.

Отметим, что угол φ зависит от места расположения горелки в топке (рис. 1).

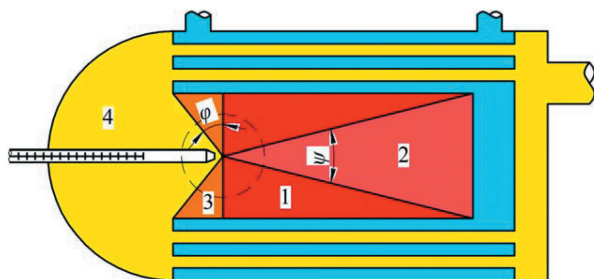


Рис. 1. Зоны теплопередачи в топке

На рис. 1 показаны ядро (сфера) факела и четыре зоны переноса теплоты излучением по длине топки жаротрубного котлоагрегата. На основную первую (1) и торцевую (2) зоны приходится половина площади поверхности излучающей сферы. На зону передней крышки приходится площадь сферического сегмента (4), а на хвостовую зону (3) приходится остаток площади цилиндрической поверхности топки.

Исходя из того, что с поверхности сферы (ядра) излучается тепло равномерно, можно принять, что существует прямопропорциональная зависимость между площадью поверхности сферы факела и количеством излучаемой теплоты. В соответствии с этой гипотезой определяем долевое количество располагаемой теплоты сгорания топлива из расчёта площадей поверхности ядра факела. В результате получим зависимость теплоты от углов φ и ψ . Причём, углы φ и ψ связаны между собой

через соотношение длины топки и длины хвостовой части:

$$\tan \psi = \tan \varphi \left(\frac{l_T}{l_{XB}} - 1 \right).$$

Таким образом, перемещая вдоль горизонтальной оси ядро факела внутри топочной камеры, можно регулировать соотношение количества тепла между топкой и конвективной частью котла, что в свою очередь позволяет оптимизировать работу котлоагрегата по отношению к топливу с необходимой теплотой сгорания. Для этого можно использовать горелочную трубу, которая подаёт газозвоздушную смесь в топку, если нанести на её поверхность шкалу теплоты сгорания в зависимости от вида топлива.

Основная часть. Конвективную часть котлоагрегата условно можно разделить на два потока нагреваемого в ней теплоносителя: топочный и конвективный. Первый омывает наружную поверхность топки, а второй омывает конвективный пучок трубок. Природа теплопередачи для обоих потоков одинакова [6]. Она учитывает два основных параметра – это коэффициенты теплопроводности и конвекции, а также группу параметров, определяющих режим движения теплоносителя в каждом потоке.

Топочный поток теплоты рассчитывается по формуле:

$$Q_T = K_T Q_p^p, \quad (2)$$

где: $K_T = 0,5 + K_{XB} - K_{ТОРЦ}$.

Конвективный поток теплоты в конвективных трубках рассчитывается по формуле:

$$Q_K = Q_p^p \eta (1 - K_T) = Q_p^p - Q_T - \sum_{i=1}^m q_i, \quad (3)$$

где: η – коэффициент полезного действия котлоагрегата;

i – потери теплоты в i -ом источнике котлоагрегата, кДж/м³;

m – количество источников тепловых потерь, включая потери теплоты через входную дверцу и наружную поверхность котла за слоем теплоизоляции, уносом теплоты в дымовую трубу, а также физическим и химическим недожогом топлива.

Учитывая, что теплота прямопропорциональна необходимой мощности в кВт, справедливым можно считать следующие соотношения:

$$N_T = K_T N, \quad N_T = (1 - K_T) N \eta, \quad (4)$$

где: N – паспортная мощность котлоагрегата, кВт;

N_T и N_K – теоретические (фактические – максимально возможные) мощности топочного и конвективного потоков теплоты (рис. 2).

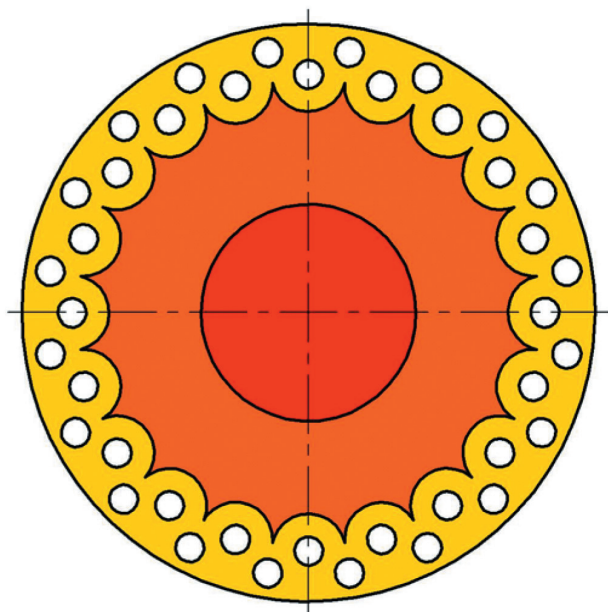


Рис. 2. Поперечное сечение жаротрубного котлоагрегата с разделением на топочный и конвективный потоки теплоносителя

На рис. 2 красным цветом показана зона концентрации тепловой энергии в топке. Оранжевым цветом выделен топочный поток теплоносителя котлоагрегата, омывающий притопочную зону, а желтым — конвективный поток.

Площади сечений потоков теплоносителя пропорциональны количеству теплоты, поступающей из топки в притопочную конвективную часть. В соответствии с [5] соотношение площадей топочного, обозначенного оранжевым цветом (рис. 2), и конвективного потока, обозначенного желтым цветом, будет определяться коэффициентом интегрального переноса K_T и в большинстве случаев будет составлять 2:1.

Для обоих потоков теплоносителя при расчёте коэффициентов теплоотдачи конвекцией использованы формулы, полученные методом размерностей, а именно:

$$\alpha_{K.T} = \frac{\lambda_B}{d_{\text{э.Т}}} (\text{Re}_T)^{K_{\text{ТБ.Т}}}, \quad (5)$$

где λ_B — коэффициент теплопроводности теплоносителя — воды, Вт/м°C;

$d_{\text{э.Т}}$ — эквивалентный диаметр топочного потока воды, м;

Re_T — безразмерное число Рейнольдса в данном случае рассчитывается по формуле:

$$\text{Re}_T = \frac{\omega_B d_{\text{э.Т}}}{\nu_B K_{\text{ТБ.Т}}}, \quad (6)$$

здесь ω_B — средняя скорость потока воды, м/с;
 ν_B — кинематическая вязкость воды, м²/с.

$K_{\text{ТБ.Т}}$ — коэффициент турбулентности теплоносителя в топочном потоке, равный отношению межтрубных сечений потока при шахматном расположении трубок и гладкой наружной поверхности топки (рис. 2), рассчитываемый как:

$$K_{\text{ТБ.Т}} = \frac{S_{\text{Т.МІN}}}{S_{\text{Т.МАХ}}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{Т.МІN}}$ и $S_{\text{Т.МАХ}}$ — соответственно минимальная и максимальная площадь топочного потока воды, которые можно определить соотношением топочных векторов теплового воздействия на теплоноситель, вычисленных через радиусы $R_{\text{Т.МІN}}$ и $R_{\text{Т.МАХ}}$ (рис. 3).

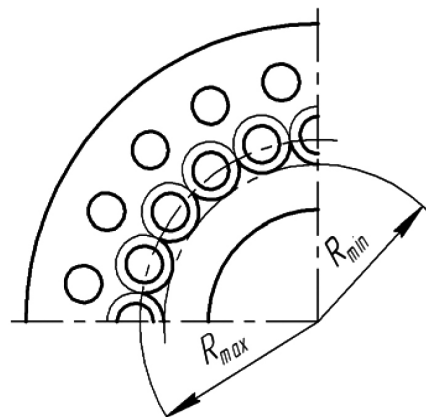


Рис. 3. К определению минимальной и максимальной площадей топочного потока воды

Исходя из рис. 3, средний эквивалентный диаметр, равный средней ширине потока жидкости, который можно приравнять к длине топочного вектора теплового воздействия на теплоноситель, определяется следующими формулами:

$$l_{\text{МІN}} = R_{\text{МІN}} - \frac{d_T}{2}, \quad l_{\text{МАХ}} = R_{\text{МАХ}} - \frac{d_T}{2}.$$

Аналогично топочному пространству рассчитывается и коэффициент теплопередачи конвекцией в условном конвективном потоке:

$$\alpha_{K.K} = \frac{\lambda_B}{d_{\text{э.К}}} (\text{Re}_K)^{K_{\text{ТБ.К}}}, \quad \text{где } \text{Re}_K = \frac{\omega_B d_{\text{э.К}}}{\nu_B K_{\text{ТБ.К}}}. \quad (8)$$

Формула (5) отличается от (8) значениями эквивалентных диаметров потоков и коэффициентов турбулентности. Эти коэффициенты определяются отношениями:

$$K_{\text{ТБ.Т}} = \frac{S_{\text{МР}}}{S_{\text{ТР}}}, \quad (9)$$

где $S_{\text{МР}}$ — площадь межтрубного пространства за вычетом $S_{\text{Т.МІN}}$;

S_{TP} — суммарная площадь наружных сечений трубок конвективного пучка, m^2 .

Дальнейший расчёт сводится к определению фактических мощностей теплопереносов в топочном:

$$N_{\phi.T} = \frac{\alpha_{K.T} F_T}{1000} (t_T - t_B), \quad (10)$$

и в конвективном потоке:

$$N_{\phi.K} = \frac{\alpha_{K.K} F_K}{1000} \Delta t_K. \quad (11)$$

В формулах (10 и 11):

F_T и F_K — соответственно поверхности нагрева топочного и конвективного потоков, m^2 ;

t_T и t_B — средние температуры поверхности нагрева топки и нагреваемой воды, $^{\circ}C$;

Δt_K — среднелогарифмический температурный напор в конвективном потоке, $^{\circ}C$.

Поверхности нагрева этих потоков рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} F_T &= \pi d_T l_T, \\ F_K &= \pi d_{K.TP} l_{TP} z, \end{aligned} \quad (12)$$

где: $d_{K.TP}$ и l_{TP} — наружный диаметр и длина трубок конвективной части котлоагрегата, м;

z — количество трубок в конвективном пучке, шт.

Увязку двух условных тепловых потоков в конвективной части котлоагрегата рекомендуется начинать с расчёта их живых сечений, которые определяются пропорционально количествам теплоты, передаваемых топкой и конвективными трубками. Кроме того, нужно рассчитать отдельно поверхности нагрева в топочном и конвективном потоках, а также средние температурные напоры. Эти три параметра необходимы в формулах (11–13) для определения тепловосприятий (тепловой мощности) нагреваемой воды $N_{\phi.T}$ и $N_{\phi.K}$. Тогда, зная эти параметры, рассчитываем невязки δ_o и δ_K вначале в условном топочном потоке, а затем в конвективном по формулам:

$$\begin{aligned} \delta_T &= \frac{N_T - N_{\phi.T}}{N_T} 100\%, \\ \delta_K &= \frac{N_K - N_{\phi.K}}{N_K} 100\%. \end{aligned} \quad (13)$$

Полученные невязки согласно нормативным требованиям в топочном пространстве не должны превышать $\delta_T = \pm 0,5\%$, а в конвективном $\delta_K = \pm 2\%$. Если при проектировании первая невязка превышает $\pm 0,5\%$, тогда лучший вариант уменьшить или увеличить живое сечение топочного потока перемещением конвективных трубок ближе или дальше от топочной поверхности. Также для этой цели можно использо-

вать неравномерное распределение трубок в конвективном пучке.

При эксплуатации невязка корректируется перемещением горелки в топке [5]. Если вторая невязка после регулировки будет больше нормативной, в таком случае целесообразно перекрыть несколько трубок пробками.

ВЫВОДЫ

В работе предложена методика поверочного расчёта для определения количества теплоты, воспринятой теплоносителем в конвективной части жаротрубного теплогенератора, с использованием его геометрических параметров и коэффициентов турбулизации потока воды. В дальнейшей работе будет проверена адекватность теоретических исследований реальному теплообмену. Геометрическое моделирование теплового баланса между топочной камерой и конвективной частью котла позволит получить необходимую мощность и максимально возможный КПД без внесения изменений в его конструкцию.

Перспективой для дальнейших исследований является совершенствование расчёта конвективной части жаротрубных котлоагрегатов с учётом разной направленности тепловых потоков и технических устройств, повышающих турбулентность движения как дымовых газов, так и нагреваемого теплоносителя.

Список литературы:

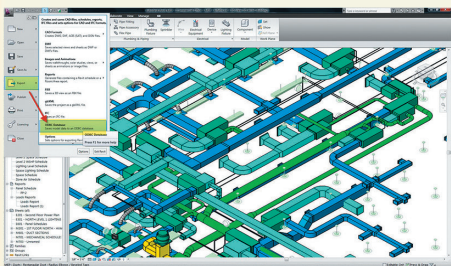
1. Лукьянов А.В. Теплогенераторы для локальных систем теплоснабжения. — Макеевка: ДонНАСА, 2003. — 156 с.
2. Тепловой расчёт котельных агрегатов. Нормативный метод / Под ред. Н.В. Кузнецова и др. — М.: Энергия, 1973. — 296 с.
3. Теплогенерирующие установки. Учебник / Делягин Г.Н., Лебедев В.И. — Стройиздат, 2010. — 559 с.
4. Качан В.Н. Совершенствование расчёта элементов конвективной части жаротрубных водогрейных котлов / В.Н. Качан, А.В. Лукьянов, Е.В. Конопацкий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Инженерные системы и техногенная безопасность: сб. науч. тр. — Макеевка: ДонНАСА, 2017. — Вып. 2017–5 (127). — С. 62–66.
5. Качан В.Н. Геометрическое моделирование теплового баланса жаротрубных котлоагрегатов / В.Н. Качан, А.В. Лукьянов, Е.В. Конопацкий // Вестник Луганского национального университета им. Владимира Даля. — Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. — № 8 (14) 2018. — С. 140–144.
6. Михеев М.А., Михеева Е.М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. — М.: «Энергия», 1977. — 344 с.

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» является одним из самых востребованных среди строительных специальностей по общероссийскому рейтингу.

Объектами изучения профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» являются системы тепло- и газоснабжения городов, предприятий и жилых зданий, системы отопления, вентиляции и кондиционирования, системы учета и сбережения энергетических ресурсов, которые должны предусматривать не только бесперебойную работу, но и возможность контроля за расходом горячей и холодной воды, газа, тепловой энергии как в целом по зданию, так и в каждом помещении.



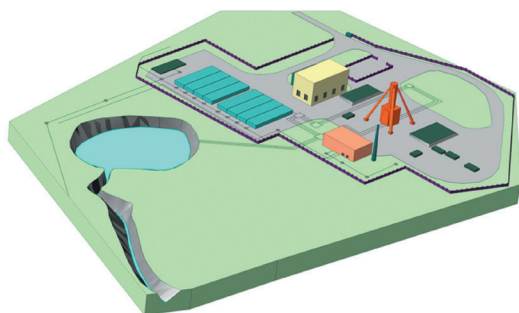
Решение подобных технических задач возможно только на основе фундаментальных знаний по гидравлике, термодинамике, теплообмену, отоплению, вентиляции, газоснабжению, кондиционированию воздуха и другим дисциплинам, которые и преподаются на кафедре «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Академии.



Наши выпускники способны занимать инженерные должности, в том числе руководящие, на предприятиях строительной индустрии в области инженерных сетей, работать в научно-исследовательских институтах, колледжах, высших учебных заведениях, а также в сфере купли-продажи климатической техники и инженерного оборудования.

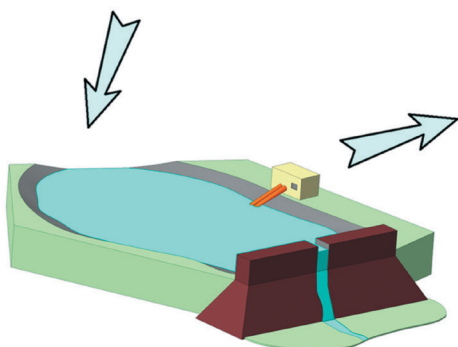


Установка очистки и деминерализации шахтных вод Шахта «Миусская»

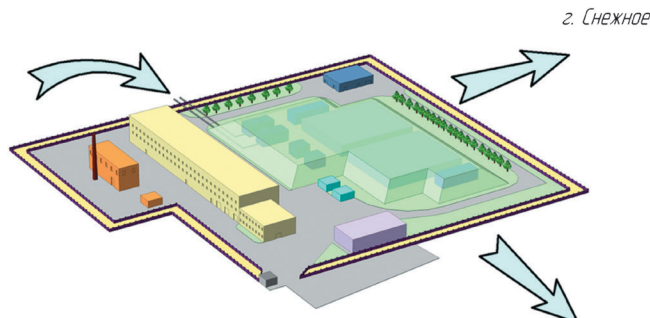


Промплощадка
ствала №27
ш. «Миусская»
(существующая)

Технологическая схема
расположения объектов
деминерализации
шахтной воды



Пруд-накопитель
(вновь сооружаемый)



Станция деминерализации
шахтных вод
(вновь сооружаемая)

г. Снежное

г. Торез

МЕНЕДЖМЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД

С.П. Высоцкий¹, д. т. н., профессор; С.Е. Гулько², к. т. н.

¹ ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

² Институт Донгипрошахт

Аннотация. Эксплуатируемые и закрытые шахты создают мировую проблему загрязнения окружающей среды. К вредным воздействиям относятся подтопление территорий и их заболачивание, размыв почв, загрязнение поверхностных вод и неблагоприятное воздействие на здоровье населения. Рассмотрены процессы загрязнения шахтной воды и проблемы менеджмента их использования. При относительно простой обработке шахтные воды могут использоваться в оборотных системах охлаждения, а при использовании обратного осмоса — для получения глубокоочищенной воды. Оценены уровни потерь воды в циклах генерации электрической энергии.

Ключевые слова: шахтная вода, загрязнение, очистка, генерация энергии, энергоноситель, потери, железо

Постановка проблемы. Проблема закрытия шахт и загрязнения окружающей среды сточными водами является общемировой. Например, в Соединенных Штатах Америки закрыто около 557 тысяч шахт. На период завершения прошлого века в этой стране 19 300 км ручьев и рек, и 7200 га озер и водохранилищ были значительно загрязнены шахтными водами [1, 2]. Действующие шахты составляют только небольшую часть по сравнению с закрытыми. В ряде городов Российской Федерации, само название которых связано с шахтами (Шахты, Новошахтинск), шахты полностью закрыты. Аналогичная ситуация существует в Донбассе.

Прекращение откачивания воды из действующих и закрытых шахт вызывает повышение уровня грунтовых вод и увеличивает опасное воздействие на окружающую среду. Указанные воздействия многосторонние. Первое воздействие — подтопление многих территорий, их заболачивание. Размыв почв приведет к массовому обрушению строений [3]. Следующее воздействие — загрязнение почвенных вод, почв, воды в колодцах. И, наконец, подъем уровня воды в затопленных шахтах приведет к вытеснению радона и метана. Эти токсичные и взрывоопасные газы могут скапливаться в подвалах, что может привести к массовым отравлениям или взрывам.

Многие загрязнители шахтных вод являются биологически активными веществами. Высокоактивные в биологическом отношении химические соединения могут вызвать эффект отдаленного влияния на здоровье человека: хронические воспалительные заболевания различных органов, изменение нервной системы, действие на внутриутробное развитие плода, приводящее к различным отклонениям у новорожденных.

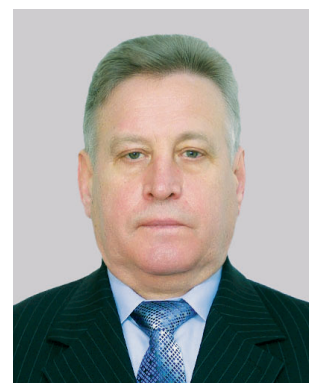
Медики установили прямую связь между ростом числа людей, болеющих аллергией, бронхиальной астмой, раком, и ухудшением экологической обстановки в данном регионе. Достоверно установлено, что такие отходы производства, как хром, никель, бериллий, асбест, многие ядохимикаты, являются канцерогенами, то есть вызывающие раковые заболевания. Еще в прошлом веке рак у детей был почти неизвестен, а сейчас он встречается все чаще и чаще. В результате загрязнения появляются новые, неизвестные ранее болезни. Причины их бывает очень трудно установить.

Целью исследования является оценка неблагоприятных воздействий действующих и закрытых шахт на окружающую среду и поиск путей минимизации использования пресных вод.

В мире с каждым годом усиливается антипатия сообщества к добыче полезных ископаемых. Существует напряженность отношений между обществом



Высоцкий
Сергей Павлович



Гулько Сергей
Евгеньевич

и представителями государственной или корпоративной собственности, которые неспособны компенсировать нисходящий поток загрязнений и потерь, связанных с добычей и переработкой природных ресурсов. Многолетние сбросы шахтных вод в поверхностные водоемы привели к массовому загрязнению поверхностных вод, изменению экологии рек и целых ландшафтов. Запасы рыбы сократились на 90–100 %, а прибрежные сельскохозяйственные земли деградировали и зачастую выведены из сферы производства. Особо следует отметить возможности использования поверхностных вод на предприятиях и в коммунальной сфере на территориях, расположенных ниже по течению рек, подвергшихся загрязнению. Особенно остро будет стоять проблема обеспечения населения водой приемлемого качества.

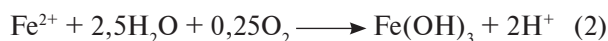
В центре дискуссий или напряженностей, возникающих в мировой практике проблем, до 60 % находятся именно проблемы с водой [4]. Возникает необходимость организации менеджмента шахтных вод – выбора направлений их очистки и использования.

Основные направления организации устойчивого менеджмента приведены на диаграмме [5].

Для правильного выбора направлений необходимо учитывать химизм процесса поступления загрязнений в шахтные воды.

Шахтные воды образуются за счет фильтрации поверхностных вод в подземные горизонты. В процессе просачивания поверхностных вод они насыщаются солями, присутствующими в породах, находящихся над выработками. В существующих схемах откачки шахтных вод и их накопления в прудах-осветлителях происходит многократная циркуляция воды по контуру шахта – пруд – шахта. При этом значительно увеличивается концентрация растворимых солей в шахтной воде.

Во многих случаях происходит загрязнение шахтной воды соединениями сульфат-ионов, железа, а также подкисление воды. При деградации большинства шахтных вод имеют место процессы окисления железосульфидных минералов, таких как пирит FeS_2 . В процессе окисления сульфидов до сульфатов и при окислении и гидролизе двухвалентного железа образуется равное количество ионов водорода по схемам:



Железоокисляющие бактерии увеличивают скорость окисления пирита по двум механизмам: прямое окисление по реакции (1) и окисление двухвалентного железа до трехвалентного, которое в свою очередь является окислителем для сульфидных соединений.

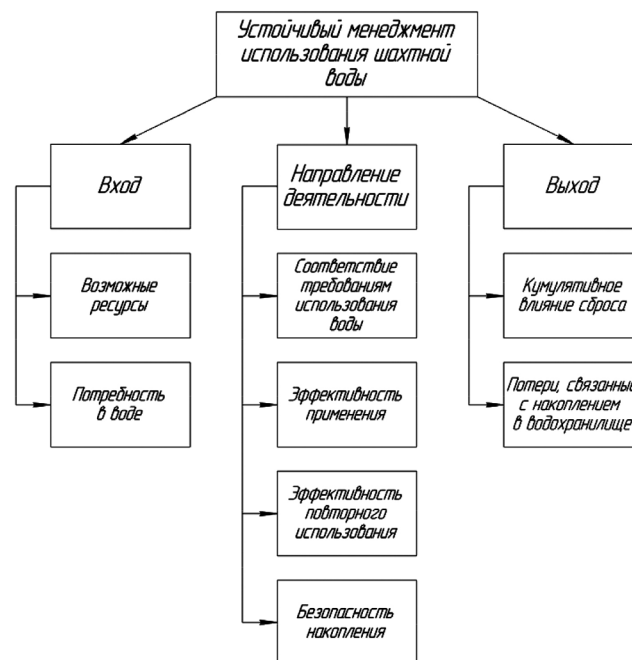


Рис. 1. Виды менеджмента использования шахтных вод

Основной процесс, обеспечивающий начальное закисление среды, является прямое окисление, т. е. процесс гидролиза Fe^{3+} и образование $\text{Fe}(\text{OH})_3$, является настолько быстрым, что не обеспечивают возможность участия Fe^{3+} в процессе окисления сульфидсодержащих соединений. При снижении уровня pH скорость абиотического окисления Fe^{2+} быстро снижается согласно уравнению:

$$-\frac{d\text{Fe}^{2+}}{d\tau} = k \frac{(\text{O}_{r(\text{водн})})(\text{Fe}^{rk})}{(\text{H}^+)^2}, \quad (3)$$

где: Fe^{2+} , $\text{O}_{2(\text{водн})}$, и (H^+) – активности веществ, k – константа скорости реакции, τ – время.

Одним из наиболее распространенных загрязнителей шахтных вод являются ферро-ионы Fe^{2+} . В процессе окисления загрязнений в поверхностных водах Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} по реакции (2). Согласно указанному уравнению один моль кислорода обеспечивает окисление четырех молей Fe^{2+} . Это соответствует окислению 7 мг Fe^{2+} на 1 мг O_2 . Растворимость кислорода в воде зависит от температуры и давления. Для общепринятой концентрации кислорода 8 мг/дм³ концентрация железа Fe^{2+} 55 мг/дм³ может быть окислена без дополнительной аэрации шахтной воды.

Кроме соединений железа, в шахтной воде присутствуют соединения других тяжелых металлов. Основным методом очистки шахтной воды от этих соединений является её обработка известью. Учитывая существенное различие оптимальных уровней pH для их осаждения, для минимизации воздействия на окружающую среду требуется применение много-

ступенчатой (по крайней мере, двухступенчатой) обработки воды раствором извести [6].

Дефицит пресных вод и увеличение их стоимости вызывают необходимость их разумного использования и применения альтернативных источников воды. На многих предприятиях таких отраслей, как энергетика, химия и металлургия, в качестве альтер-

нативного источника используют шахтные воды. Применение современных обратноосмотических технологий позволяет решить проблему много-тоннажного использования шахтных вод даже при необходимости глубокой очистки воды. На рис. 2 приведен баланс потоков воды при использовании шахтной воды на концерне «Стирол» (г. Горловка).

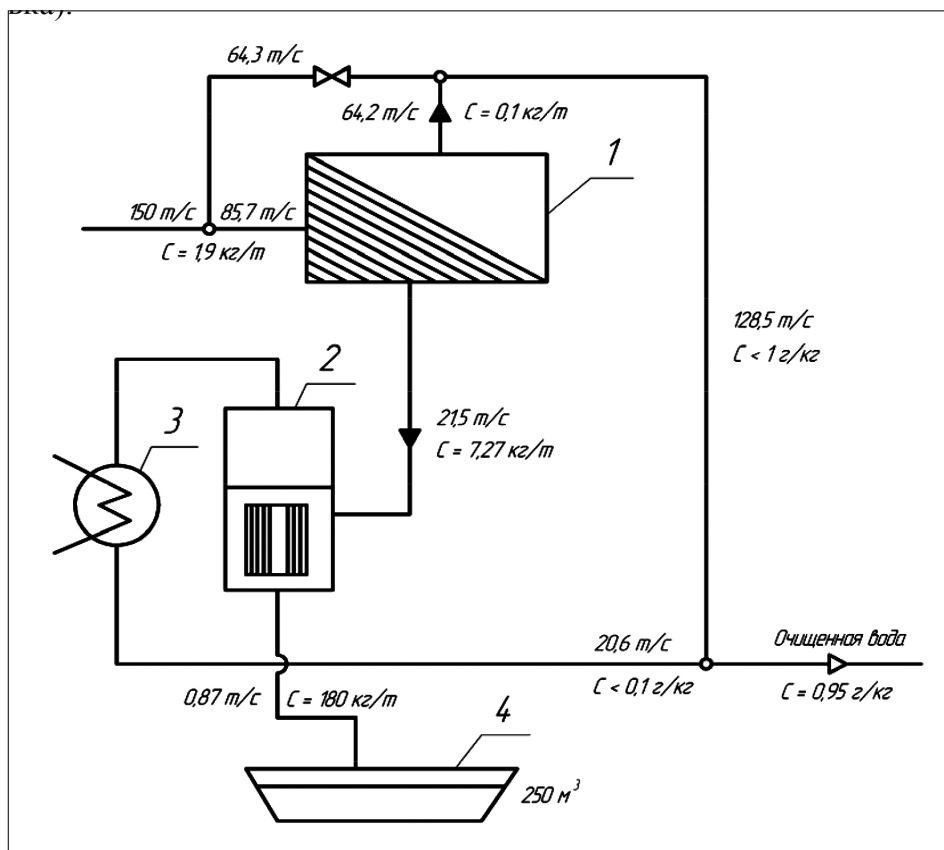


Рис. 2. Баланс потоков воды и концентрация солей в потоках на примере ПО «Стирол»
1 — обратноосмотическая установка; 2 — испаритель; 3 — конденсатор; 4 — бассейн выдержки

Значительные объемы воды расходуются при добыче и применении различных энергоносителей (табл. 1).

Таблица 1. Расход воды в процессе добычи и применения различных энергоносителей

№ п/п	Тип энергоносителя	Расход энергоносителя, литров воды на МВтч	
		диапазон	среднее значение
1	Сланцевый газ	13–78	39
2	Ядерное топливо	104–182	143
3	Традиционная нефть	104–260	182
4	Синтетический газ (при газификации угля)	143–338	234
5	Уголь энергетический	169–416	299
6	Сланцевое масло	286–728	507
7	Нефтеносный песок	381–884	611
8	Топливный этанол из зерновых	33–378	205
9	Биодизель из сои	182–975	578

Из приведенных в таблице данных следует, что из четырех самых экономичных по потреблению воды видов топлива на эквивалент полученной энергии в МВтч приоритетным является сланцевый газ.

Для ядерного топлива — урана, готового к использованию в реакторах, обогащенного и упакованного в ТВЭЛы, требуется в среднем 143 л/МВтч. Для синтетического газа, полученного путем газификации угля,

требуется 234 л/МВтч. При добыче угля требуется значительное количество воды. Это обусловлено тем, что в некоторых странах (США, ФРГ, Япония) угли обогащают как руду. На эти процессы расходуются дополнительно вода и энергия. При этом зола и ее составляющие, влияющие на экологическую ситуацию, не транспортируются до потребителя.

Следует отметить еще один важный фактор – расходование воды при генерации энергии, использовании приведенного энергетического потенциала носителей. Природный и синтетический газ, а также нефтепродукты позволяют генерировать энергию с использованием комбинированных циклов генерации энергии (КЦГЭ) с КПД 55–58 %. В традиционных энергетических циклах (ТЦГЭ), применяемых на ТЭС Донбасса, КПД составляет не более 33 %. Если учесть потерю тепла с уходящими газами в котлоагрегатах 17 %, то потеря воды на безвозвратное испарение в циркуляционных системах, используемых для конденсации пара, в градирнях или прудах-охладителях сокращается в первом случае в 2 раза.

Это обусловлено тем, что потери энергии на испарение воды в циркуляционных системах для комбинированных циклов генерации энергии составляют около 25 %, а для традиционных циклов – 50 %.

Соответственно, потери воды на испарение в циркуляционных системах в КЦГЭ составляет 0,36 т/МВтч, а в ТЦГЭ – 0,72 т/МВтч.

При генерации электрической энергии в ядерных энергетических установках потери воды на испарение в оборотных системах водоснабжения составляют 1 т/МВтч. Таким образом, эти установки нецелесообразно использовать в регионах, испытывающих дефицит воды.

Эти показатели существенно превышают значения расходования воды, приведенные в таблице, и изменяют показатели приоритетов использования воды при применении различных энергоносителей.

В докладе Гринпис «Великая кража воды: как угольная промышленность углубляет глобальный кризис водных ресурсов» экологи утверждают, что использование угля приводит не только к загрязнению атмосферы и негативному влиянию на климат, но и лишает расходование самого ценного ресурса – воды. Обнаружен факт, характерный и для Донбасса, что угольные предприятия и угольные электростанции расположены, в основном, в регионах, которые уже испытывают проблемы обеспечения пресной водой. При этом нерациональное использование водных ресурсов уже оказывает негативное влияние на экосистемы, а дефицит пресной воды является приоритетным фактором. Регионы с указанными приоритетами включены в «красный список» Гринпис.

Детальный анализ показателей потребления воды на электростанциях, выполненный специалистами Гринпис, и прогнозы Международного Энергетическо-

го Агентства (МЭА) указывают на то, что потребление воды в секторе электроэнергетики может вырасти на 85 % до 2035 года. При этом согласно МЭА увеличение использования воды будет происходить на электростанциях, где намерены применять технологию сокращения эмиссии диоксида углерода (СЭДУ). Учитывая то, что увеличение эмиссии паров воды, связанное с использованием СЭДУ, вызывает повышение парникового эффекта, требуется существенная корректировка программ предотвращения изменения климата.

ВЫВОДЫ

1. Дефицит и увеличение стоимости пресных вод вызывают необходимость использования альтернативных источников, в качестве которых могут быть применены шахтные воды.

2. Рассмотрены процессы загрязнения шахтных вод солями, соединениями железа, сульфат-ионов и подкисления воды.

3. Выполнена оценка потерь воды в циклах генерации электрической энергии. Основные потери воды происходят в циркуляционных системах охлаждения конденсаторов турбин. В Донбассе существует опыт использования шахтных вод для подпитки циркуляционных систем.

4. Приведены балансы потоков воды при использовании шахтной воды в качестве источника водоснабжения для концерна «Стирол».

Список литературы:

1. Karletta Chief. *Understanding the Gold King Mine Spill* / Karletta Chief, Janick F. Artiola, Sarah T. Wilkinson, Palama Beamer, Raina M. Maier. University of Arizona Support and Research Program, 2016, p. 11.
2. George R. Watzlaf. *The Passive Treatment of Coal Mine Drainage* / George R. Watzlaf, Karl T. Schroeder, Robert L. P. Kleinman, Candau L. Kairies, Robert W. Nairn. US Department of Energy National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, p. 71, 2004.
3. Высоцкий С.П. Риски затопления шахт и использование шахтных вод / С.П. Высоцкий, С.Е. Гулько, В.В. Лихачева // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета, № 1 (18), 2016. – Горловка: АДИ, 2016. – С. 88–95.
4. S. Jackson and M. Barbor. *Recognizing indigenous water cultures and rights in mine water management: the role of negotiated agreements*. World Water Week, Stockholm, Sweden. Aquatic Procedia, 5 (2015), pp. 81–89.
5. Xiang-feng Zhang. *Evaluating Water Management Practice for Sustainable Mining* / Xiang-feng Zhang, Lei Gao, Damian Barrett, Yun Chen. Water 2014, 6, p. 414–433.
6. Высоцкий С.П. Снижение вредного воздействия горных предприятий на окружающую среду / С.П. Высоцкий, С.Е. Гулько // Научный вестник НИИГД Респиратор, № 1 (54), 2017. – Донецк, 2017. – С. 65–74.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. Я. Найманов, д.т.н. профессор; Г.С. Турчина, ассистент; Ю.В. Гостева, ассистент
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. Оценку надежности кольцевой водопроводной сети предлагается выполнять методом сечений с учетом неравнозначности участков при осуществлении транспортной и раздаточной функций. Оценку надежности блока насосных агрегатов водопроводной насосной станции предлагается выполнять с использованием формулы полной вероятности.

Ключевые слова: надежность, вероятность безотказной работы, транспортная и раздаточная функции участков кольцевой водопроводной сети, неравнозначность участков, алгебра логики, мостиковые системы, насосно-силовой агрегат, отказ, коэффициент готовности, средняя наработка на отказ, среднее время восстановления, продолжительность межремонтного периода

Рассматривая системы водоснабжения, можно сказать, что нормативно задокументированного математического подхода в оценке надежности не существует, так же как и отсутствуют конкретные цифры параметров надежности для определения устойчивости системы водоснабжения. Небольшим исключением может служить нормирование длительности и количества перерывов в подаче воды для различных категорий городов [19]. Кроме этого, предлагаемые в литературе расчетные зависимости для оценки одних параметров надежности насосных станций не вполне удобны и громоздки, для других – зачастую не приводятся.

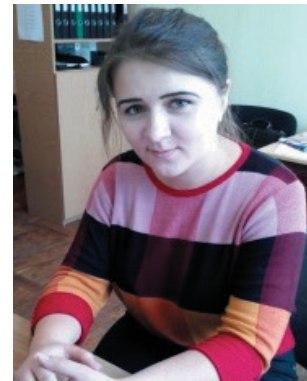
Сегодня можно выделить следующих ученых, которые вели свои изыскания в оценке надежности систем водоснабжения: Гальперин Е.М., Новохатный В.Г., Круценюк И.Ю., Панов М.Я., Щербатов В.И. и Петров Ю.Ф., Самойленко Н.И., Сенчук Т.С., Алексеев М.И., Ермолин Ю.А. [1, 10, 13, 14, 18], Ильин Ю.А. [7, 8], Науменко И.И. [12], Журба М.Г. [6], Дерюшев Л.Г. [4, 5]. Также следует отметить ученых, чьи отдельные элементы методов исследования косвенным или прямым способом применимы к системам подачи воды: Ионин А.А., Рябинин И.А., Черкесов Г.Н., Горопашная А.В. и другие [3, 9, 17].

Возможное описание комплексной математической модели нахождения параметров надежности кроется во взаимодействии различных методик, увязывающих между собой ряд особенностей рассчитываемой системы и позволяющих учитывать характеристики, связи и факторы конструкций, функционирования и эксплуатации.

Первое, о чем стоит упомянуть при расчете систем подачи и распределения воды, – это двойственный характер функционирования их основ-



Найманов
Аубекир Ягопирович



Турчина
Галина Сергеевна



Гостева
Юлия Владимировна

ных элементов – трубопроводов. С одной стороны, они выполняют задачу транспортировки жидкости к другим участкам, с другой – забор воды из системы. Ни один из существующих методов оценки надежности системы водоснабжения не учитывает эту особенность в полной мере. При этом стоит обратить внимание, что большинство исследователей в своих работах считают участки сети одинаковыми [1, 6, 10, 13], в то время как каждый трубопровод отличается от других: материалом, из которого изготовлен, длиной, преобладающей функцией (транзита или забора воды), диаметрами, соответственно, количеством переносимой и подаваемой жидкости. Также отличительной чертой является местоположение участков в структурной схеме, например, удаленность от водоводов (чем ближе к водоводам – тем более важным является безотказное функционирование) или расположение около зданий и промпредприятий, где необходима бесперебойная подача воды и т. д.

В данной статье будут исследоваться некоторые способы учета неравнозначности участков сети, исходя из различности их диаметра (как следствие, их живого сечения, количества возможного транзита и забора воды) и наличия постоянно нагруженного резерва в виде смежных трубопроводов в кольцевых системах подачи и распределения воды. А также будет рассмотрено получение расчетных зависимостей для оценки параметров надежности насосных станций при различном количестве рабочих и резервных агрегатов в блоках насосно-силовых агрегатов, а также определении межремонтного периода насосных агрегатов.

Для примера рассматривается схема водоснабжения, представленная на рис. 1.

На данной схеме приведены номера узлов, длины участков и диаметры труб для двух вариантов: над чертой – чугунных, под чертой – полиэтиленовых.

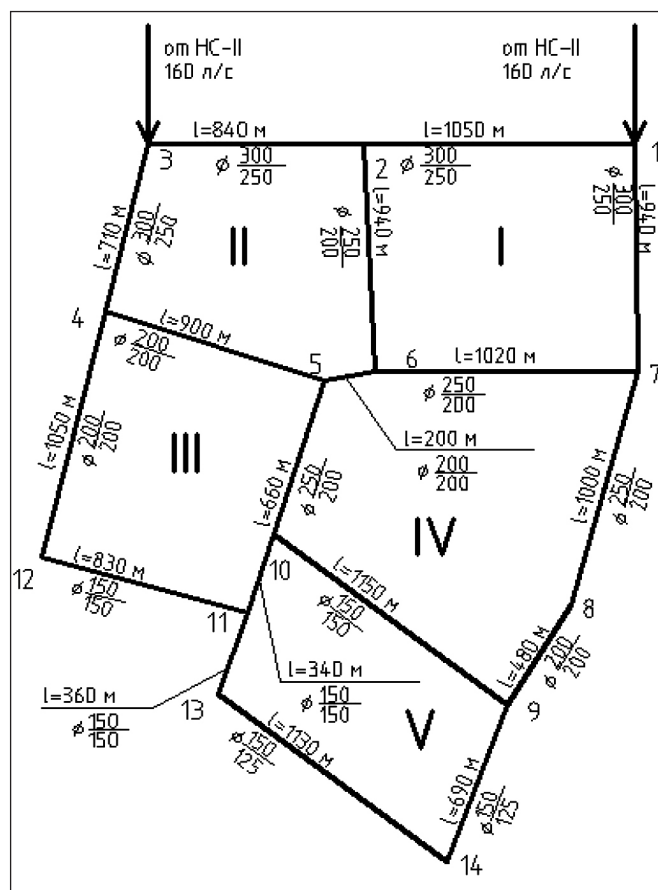


Рис. 1. Схема водопроводной сети

Величины путевых расходов воды в участках известны. Они приведены ниже в таблице 1 при оценке надежности.

Для начала рассчитаем параметры надежности для каждого участка, в частности, вероятность безотказной работы P .

$$P_i = e^{-\lambda \cdot l} \quad (1)$$

Таблица 1. Результаты расчета показателей надежности участков кольцевой сети без учета значимости (для $t=1$ год; для чугуна $\lambda = 0,43 \frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}$, для полиэтилена $\lambda = 0,02 \frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}$)

Показатели трубопровода			Для полиэтиленовых труб		Для чугунных труб	
№ уч.	l, км	$q_{\text{пут.}}, \text{ л/с}$	d, мм	$P_i = e^{-\lambda \cdot l}$	d, мм	$P_i = e^{-\lambda \cdot l}$
1	2	3	4	5	6	7
1-2	1,05	22	300	0,636702	250	0,979221
1-7	0,94	20	300	0,667539	250	0,981378
6-7	1,02	22	250	0,644968	200	0,979809
2-6	0,94	21	250	0,667539	200	0,981378
5-6	0,2	5	200	0,917602	200	0,996008
4-5	0,9	20	200	0,679118	200	0,982163
3-4	0,71	15	300	0,736926	250	0,985902
2-3	0,84	18	300	0,696866	250	0,983342
5-10	0,66	15	250	0,752939	200	0,986888
10-11	0,34	9	150	0,863998	150	0,993224

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
11-12	0,83	18	150	0,699868	150	0,983539
4-12	1,05	22	200	0,636702	200	0,979221
7-8	1	22	250	0,650538	200	0,980201
8-9	0,48	14	200	0,813525	200	0,990447
9-10	1,15	26	150	0,609907	150	0,977265
9-14	0,69	15	150	0,743290	125	0,986296
13-14	1,13	26	150	0,615174	125	0,977656
11-13	0,36	10	150	0,856600	150	0,992827
Σ	14,29	320				

Для учета значимости диаметров и количества дублирующих участков в кольцевой системе удобно применить метод «минимальных сечений», нашедший широкое применение в работах Рябинина И.А., и основанной им школы оценки параметров надежности с помощью булевой алгебры [17].

Минимальным сечением называется набор работоспособных элементов, отказ которых приводит к отказу системы, а восстановление работоспособности любого из них – к восстановлению работоспособности системы. Минимальных сечений может быть несколько, и в каждом не обязательно наличие всех элементов системы.

Для проведения расчета удобней воспользоваться обозначениями, принятыми в булевой алгебре, где параллельное соединение можно выразить в виде дизъюнкций (логический оператор «или», \vee), а последовательное – конъюнкций (логический оператор «и», \wedge). Эти обозначения использованы в таблице 2.

Дальнейшее решение производим согласно формулам теории вероятности.

Параметр вероятности безотказной работы:

- а) для двух параллельно соединенных элементов;
б) для последовательного соединения элементов:

$$а) P_{a,b} = 1 - [(1 - P_a) \cdot (1 - P_b)], \quad (2)$$

$$б) P_{a,b} = P_a \cdot P_b \quad (3)$$

Вопросами неравнозначности элементов в различных отраслях науки занимались Рябинин И.А. (электроника, военная техника) [17], Горопашная А.В. (информационные технологии, электроника) [3], Ионин А.А. (газоснабжение) [9], Самойленко Н.И. (водоснабжение) [18] и другие.

Ввиду того, что в водоснабжении понижение подачи воды более 30 % от расчетной считается отказом трубопровода, для улучшения ситуации с доставкой недостающей воды через смежные участки может вводиться резервирование пропускной способности трубопровода. Поэтому для расчета значимости участков в дальнейшем будет более перспективно опираться на площадь живого сечения труб, а не расчетный расход.

Находим величину относительного сечения труб на участке сети C_i :

$$C_i = \frac{f_i}{F} = \frac{d_i^2}{D} = \left(\frac{d_i}{D} \right)^2, \quad (4)$$

Таблица 2. Отображение конъюнктивно-дизъюнктивных связей для нахождения параметров надежности трубопроводов, учитывая постоянное резервирование смежными участками

Расчетный участок	Расчетный и смежные трубопроводы	Расчетный участок	Расчетный и смежные трубопроводы
P_{1-2}	$P_{1-2} \vee P_{1-7} \vee P_{2-3} \vee P_{2-6}$	P_{8-9}	$P_{8-9} \vee P_{7-8} \vee P_{9-10} \vee P_{9-14}$
P_{1-7}	$P_{1-7} \vee P_{1-2} \vee P_{6-7} \vee P_{7-8}$	P_{4-12}	$P_{4-12} \vee P_{3-4} \vee P_{4-5} \vee P_{11-12}$
P_{2-3}	$P_{2-3} \vee P_{1-2} \vee P_{2-6} \vee P_{3-4}$	P_{11-12}	$P_{11-12} \vee P_{4-12} \vee P_{10-11} \vee P_{11-13}$
P_{2-6}	$P_{2-6} \vee P_{1-2} \vee P_{2-3} \vee P_{6-7} \vee P_{5-6}$	P_{5-10}	$P_{5-10} \vee P_{5-6} \vee P_{4-5} \vee P_{9-10} \vee P_{10-11}$
P_{3-4}	$P_{3-4} \vee P_{2-3} \vee P_{4-5} \vee P_{4-12}$	P_{10-11}	$P_{10-11} \vee P_{5-10} \vee P_{9-10} \vee P_{11-12} \vee P_{11-13}$
P_{4-5}	$P_{4-5} \vee P_{3-4} \vee P_{5-6} \vee P_{5-10} \vee P_{4-12}$	P_{9-10}	$P_{9-10} \vee P_{5-10} \vee P_{10-11} \vee P_{8-9} \vee P_{9-14}$
P_{5-6}	$P_{5-6} \vee P_{2-6} \vee P_{6-7} \vee P_{4-5} \vee P_{5-10}$	P_{9-14}	$P_{9-14} \vee P_{8-9} \vee P_{9-10} \vee P_{13-14}$
P_{6-7}	$P_{6-7} \vee P_{1-7} \vee P_{7-8} \vee P_{2-6} \vee P_{5-6}$	P_{13-14}	$P_{13-14} \vee P_{9-14} \vee P_{11-13}$
P_{7-8}	$P_{7-8} \vee P_{1-7} \vee P_{6-7} \vee P_{8-9}$	P_{11-13}	$P_{11-13} \vee P_{10-11} \vee P_{11-12} \vee P_{13-14}$

В первом столбце: вероятность безотказной работы для каждого участка. Во втором столбце представлены участки, входящие в расчетное минимальное сечение; все участки соединены параллельно, в булевой алгебре подобные соединения можно выразить через дизъюнкции (логический оператор «или», \vee).

где: d_i и f_i – диаметр (м) и площадь (м²) сечения труб, которые являются смежными с расчетным участком;

D и F – условный диаметр (м) и площадь сечения трубопровода (м²) для пропуска всего подаваемого в сеть расхода воды Q при скорости течения $V = 1$ м/с.

Так как определяется влияние отключения других участков на снижение подачи воды в расчетном трубопроводе, естественно будет находиться C_i только для смежных труб. Ввиду того, что отключение одного из смежных участков не обязательно приводит к уменьшению подачи воды ниже 70% от расчетной, т.е. параметрическому отказу, следовательно, логично будет соединять данные участки параллельно. При таком соединении получаем следующие выражения для каждого трубопровода (согласно рис. 1).

Таким образом, получаются отдельные подсистемы, позволяющие произвести расчет вероятности

работы (P) отдельного участка с учетом влияния параметров смежных участков (снижение подачи воды на них, количество подключенных участков, площадь живого сечения труб). Пример расчета одной из подсистем приведена ниже.

Расчет для участка 1-2 ($d=0,25$ м), материал – полиэтилен. Смежными ему являются участки 1-7 ($d=0,25$ м), 2-3 ($d=0,25$ м) и 2-6 ($d=0,20$ м). Соответственно, сумма всех диаметров составит 0,70 м. Тогда коэффициенты значимости для смежных участков составят $C_{1-7}=0,357$, $C_{2-3}=0,357$, $C_{2-6}=0,286$. Следом перемножаем P_i и C_i . Затем по структурно-логической схеме ведем расчет участков как параллельно соединенных элементов.

Проводим аналогичный расчет всех подсистем, состоящих из основных и смежных трубопроводов, для нахождения уточненных показателей вероятности безотказной работы с учетом значимости участков. Полученные значения приведены в таблице 4.

Таблица 3. Пример расчета одной из подсистем

	№ уч-ка	Диаметр	C_i	$P_i=e^{-\lambda_i t}$	$C_i \cdot P_i$
Основной	1-2	0,25		0,979221	0,979221
Смежные	1-7	0,25	0,357	0,981378	0,350
	2-3	0,25	0,357	0,983342	0,351
	2-6	0,20	0,286	0,981378	0,281
Σ		0,7	1,0	P (подсист.) = 0,994	

Таблица 4. Расчетные показатели вероятности безотказной работы отдельных участков с учетом влияния пропускной способности смежных участков

Полиэтилен						Чугун					
№ уч.	P_i	№ уч.	P_i	№ уч.	P_i	№ уч.	P_i	№ уч.	P_i	№ уч.	P_i
1-2	0,994	3-4	0,996	7-8	0,994	1-2	0,832	3-4	0,877	7-8	0,844
1-7	0,994	2-3	0,995	8-9	0,997	1-7	0,839	2-3	0,860	8-9	0,912
6-7	0,992	5-10	0,995	9-10	0,990	6-7	0,841	5-10	0,896	9-10	0,840
2-6	0,992	10-11	0,997	9-14	0,996	2-6	0,850	10-11	0,940	9-14	0,886
5-6	0,998	11-12	0,995	13-14	0,978	5-6	0,961	11-12	0,877	13-14	0,647
4-5	0,993	4-12	0,994	11-13	0,998	4-5	0,862	4-12	0,839	11-13	0,939

Согласно расчету можно проследить простые закономерности: если заложить резерв пропускной способности (диаметр труб), то можно существенно повысить вероятность подачи воды в требуемом количестве в случае поломки какого-либо участка – путем передачи недостающего количества жидкости за счет резерва живого сечения труб. Также естественно наблюдение, что чем большее количество трубопроводов подсоединены к расчетному участку в кольцевых сетях водоснабжения – тем выше показатели их надежности, и наоборот: чем меньше количество резервирующих участков – тем ниже падают их характеристики надежности. Если применить предложенную методику для различных конфигура-

ций расчетной схемы сети водоснабжения, можно с большей вероятностью определить наиболее перспективный подбор резервирующих трубопроводов в кольцевой водопроводной системе подачи и распределения воды. Также данный способ позволяет найти необходимый баланс между капитальными затратами и будущими экономическими выгодами при эксплуатации с точки зрения резерва полезного живого сечения труб.

Несколько иначе оценивается надежность насосных станций. Поскольку насосные станции также являются одним из наиболее ответственных элементов систем водоснабжения, то они с определенной вероятностью не должны допускать перерывов

в подаче воды либо эти перерывы должны быть не более одних суток. Отказы насосных станций могут привести к отказу всей системы. Таким образом, возникает необходимость в изучении методов оценки надёжности насосных станций.

По мнению целого ряда специалистов, при оценке надёжности насосных станций достаточно ограничиться оценкой технологической части станций. Отличительной особенностью этой части является применение в ней двух различных видов резервирования:

- постоянного в трубопроводной обвязке станции;
- замещением в блоке насосных агрегатов.

В связи с этим целесообразно технологическую часть насосной станции представлять состоящей из трех последовательно соединенных блоков:

- блока всасывающих трубопроводов;
- блока насосных агрегатов;
- блока трубопроводов с напорной стороны.

Оценка надёжности каждого блока выполняется отдельно.

При оценке надёжности насосных станций литературные источники обычно рекомендуют использовать надёжность насосного агрегата. В понятие «насосный агрегат» Ионин А.А. [9] предлагает включать пять последовательно соединенных элементов: задвижку на всасывающей стороне, насос, электродвигатель, задвижку на напорной стороне и обратный клапан. Иногда электродвигатель не включают в расчет надёжности технологической части.

К числу основных параметров надёжности насосных станций (насосных агрегатов) обычно относят вероятность безотказного действия P , коэффициент готовности K_g , среднюю наработку на отказ T_0 и среднее время восстановления (перерыва в работе) T_B . Надёжность агрегата легко вычисляется по известным формулам для системы с последовательным соединением элементов в структурно-логической схеме:

- вероятность безотказной работы насосно-силового агрегата

$$P_{agr} = P_1^2 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4, \quad (5)$$

где P_1, P_2, P_3, P_4 — вероятность безотказной работы, соответственно, задвижки, насоса, электродвигателя и обратного клапана; коэффициент готовности насосно-силового агрегата

$$K_{g(agr)} = K_{g(1)}^2 \cdot K_{g(2)} \cdot K_{g(3)} \cdot K_{g(4)}, \quad (6)$$

где $K_{g(1)}, K_{g(2)}, K_{g(3)}, K_{g(4)}$ — коэффициент готовности, соответственно, задвижки, насоса, электродвигателя и обратного клапана.

Коэффициент готовности любого элемента вычисляется по формуле

$$K_{g(i)} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}, \quad (7)$$

где μ — интенсивность восстановления элемента, ч⁻¹;

λ — интенсивность отказов элемента, ч⁻¹.

Вероятность безотказной работы элемента можно определить, используя формулу (1)

$$P_i = e^{-\lambda t},$$

где t — продолжительность эксплуатации элемента от момента начала эксплуатации (для нового элемента) или от момента окончания ремонта (для не нового элемента).

Величины λ и μ для элементов систем водоснабжения могут приниматься по данным Ильина Ю.А. [7, 8]. Отметим, что величина K_g является стационарной оценкой, т. е. не меняется в течение времени эксплуатации, а P — нестационарной.

Особенностью насосной станции является то, что насосные агрегаты резервируются замещением. Это делает неприменимыми обычные методы составления структурно-логических схем, а также метод структурной декомпозиции и эквивалентирования. Одним из методов оценки надёжности блока насосных агрегатов может быть использование формулы полной вероятности, которая рекомендуется теорией надёжности при резервировании замещением [2]. Структурно-логическая схема блока насосных агрегатов при резервировании замещением и наличии n рабочих и m резервных однотипных агрегатов представлена на рис. 2.

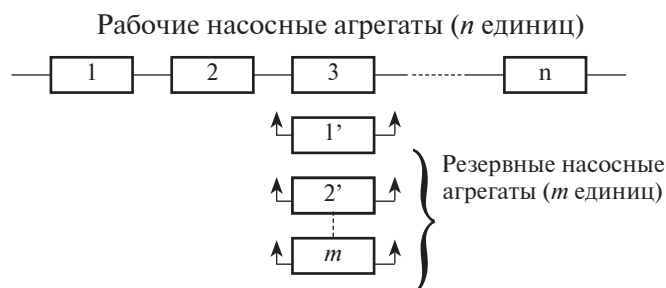


Рис. 2. Структурно-логическая схема блока насосных агрегатов

Резервные агрегаты находятся в режиме ожидания и могут быть включены вместо любого отказавшего рабочего агрегата. Все агрегаты однотипны.

Вероятность нахождения данной системы в работоспособном состоянии равна сумме вероятностей всех возможных работоспособных состояний.

Для системы с n рабочими и m резервными агрегатами при однотипных агрегатах таких состояний может быть $(m + 1)$:

1. Все $(n+m)$ агрегатов работоспособны (исправны).

2. Один агрегат неработоспособен (неисправен), число исправных агрегатов равно $[(n+m)-1]$.

3. Два агрегата неисправны, число исправных агрегатов равно $[(n+m)-2]$.

$(m+1)$. Неработоспособны m агрегатов, число исправных агрегатов равно n .

Если число неработоспособных агрегатов будет больше, чем число резервных агрегатов m , то число работающих агрегатов станет меньше n и насосная станция не будет подавать расчетный расход воды, что означает параметрический отказ насосной станции.

Формула полной вероятности работоспособного состояния системы имеет следующий вид

$$P_{\text{сист}} = \sum_{i=n}^{i=n+m} C_{(n+m)}^i \cdot P^i \cdot (1-P)^{(n+m)-i}, \quad (8)$$

где $P_{\text{сист}}$ — вероятность работоспособного состояния системы;

i, n, m — количество, соответственно, исправных, рабочих и резервных элементов;

$C_{(n+m)}^i$ — число перестановок из общего количества элементов $(n+m)$ по количеству исправных агрегатов i , $C_{(n+m)}^i = \frac{(n+m)!}{i![(n+m)-i]!}$;

$C_{(n+m)}^{(n+m)} = 1$

P — вероятность работоспособного состояния одного элемента;

$(1-P)$ — вероятность неработоспособного состояния элемента.

При подстановке в формулу (8) в качестве P вероятность безотказного состояния насосного агрегата $P_{\text{агр}}$ получим выражение для вероятности безотказной работы блока насосных агрегатов $P_{\text{БНА}}$

$$P_{\text{БНА}} = \sum_{i=n}^{i=n+m} C_{(n+m)}^i \cdot P_{\text{агр}}^i \cdot (1-P_{\text{агр}})^{(n+m)-i} \quad (9)$$

Если же в формулу (8) подставить в качестве P коэффициент готовности насосного агрегата $K_{\text{з(агр)}}$, то получим выражение для вычисления коэффициента готовности блока насосных агрегатов $K_{\text{з(БНА)}}$

$$K_{\text{з(БНА)}} = \sum_{i=n}^{i=n+m} C_{(n+m)}^i \cdot K_{\text{з(агр)}}^i \cdot (1-K_{\text{з(агр)}})^{(n+m)-i} \quad (10)$$

Отметим, что $P_{\text{БНА}}$ является нестационарной величиной, которая изменяется во времени; а $K_{\text{з(БНА)}}$ — стационарная оценка, которая от времени в явном виде не зависит.

Используя формулы (9) и (10), можно получить расчетные зависимости для оценки надежности блока насосных агрегатов для частных случаев при разном количестве рабочих и резервных агрегатов. Удоб-

но вместо индекса (БНА) записывать при параметрах надежности $(n+m)$, т. е. количество рабочих и резервных агрегатов. Ниже представлены преобразованные формулы (9) и (10) для двух вариантов сочетаний количества рабочих и резервных агрегатов. Что касается средней наработки на отказ T_0 и среднего времени восстановления $T_в$, то они рассматриваются ниже отдельно.

1. На насосной станции два рабочих и один резервный агрегат, $n=2, m=1$.

Данная система может находиться в двух работоспособных состояниях:

а) все три агрегата работоспособны, $i=3$,

$$P_{\text{агр}} = C_3^3 P_{\text{агр}}^3 (1-P_{\text{агр}})^{3-3}; C_3^3 = 1; P_{\text{агр}} = P_{\text{агр}}$$

б) работоспособны 2 агрегата, третий — неработоспособен, $i=2$.

$$P_{\text{б}} = C_3^2 P_{\text{агр}}^2 (1-P_{\text{агр}})^{3-2}; C_3^2 = 3;$$

$$P_{\text{б}} = 3P_{\text{агр}}^2 (1-P_{\text{агр}}).$$

Вероятность безотказной работы блока насосных агрегатов

$$P_{(2+1)} = P_{\text{агр}} + P_{\text{б}} = P_{\text{агр}}^3 + 3P_{\text{агр}}^2 (1-P_{\text{агр}}).$$

Коэффициент готовности блока насосных агрегатов

$$K_{\text{з(2+1)}} = K_{\text{з(а)}} + K_{\text{з(б)}} = K_{\text{з(агр)}}^3 + 3K_{\text{з(агр)}}^2 (1-K_{\text{з(агр)}}).$$

2. На станции три рабочих и два резервных агрегата, $n=3, m=2$.

Система может находиться в трех работоспособных состояниях:

а) все пять агрегатов работоспособны, $i=5$,

$$P_{\text{агр}} = P_{\text{агр}}^5;$$

б) четыре агрегата работоспособны, один — неработоспособен, $i=4$,

$$P_{\text{б}} = C_5^4 P_{\text{агр}}^4 (1-P_{\text{агр}}) = 5 P_{\text{агр}}^4 (1-P_{\text{агр}});$$

в) три агрегата работоспособны, два — неработоспособны, $i=3$,

$$P_{\text{в}} = C_5^3 P_{\text{агр}}^3 (1-P_{\text{агр}})^2 = 10 P_{\text{агр}}^3 (1-P_{\text{агр}})^2;$$

Вероятность безотказного действия блока насосных агрегатов

$$P_{(3+2)} = P_{\text{агр}} + P_{\text{б}} + P_{\text{в}} = P_{\text{агр}}^5 + 5P_{\text{агр}}^4 (1-P_{\text{агр}}) + 10P_{\text{агр}}^3 (1-P_{\text{агр}})^2.$$

Коэффициент готовности блока насосных агрегатов

$$K_{\text{з(3+2)}} = K_{\text{з(а)}} + K_{\text{з(б)}} + K_{\text{з(в)}} = K_{\text{з(агр)}}^5 + 5K_{\text{з(агр)}}^4 (1-K_{\text{з(агр)}}) + 10K_{\text{з(агр)}}^3 (1-K_{\text{з(агр)}})^2.$$

Аналогичные формулы могут быть составлены и для других количеств рабочих и резервных агрегатов. Количество резервных агрегатов в данных формулах принималось не более двух, поскольку СП 31.13330.2012 [19] не предусматривает большего количества резервных агрегатов при любом количестве рабочих агрегатов. Получаемые с помощью формулы полной вероятности зависимости для оценки параметров надежности блока насосных агрегатов доста-

точно просты и пригодны для инженерных расчетов. Отметим, что именно надежность блока насосных агрегатов и определяет надежность всей насосной станции. На первом этапе надежности остальных блоков могут быть приняты равными единице.

Что касается средней наработки на отказ T_0 и среднего времени восстановления (простоя) $T_в$, то для их оценки можно привлечь следующие соображения. В принципе, среднее время простоя нормировано постановлениями правительства по правилам оказания услуг предприятиями водоснабжения и канализации. В России допускаемый перерыв в подаче воды потребителю составляет 4 часа единовременно при аварии и 8 часов (суммарно) в месяц [16]. В Украине допустимый перерыв в подаче воды составляет не больше 6 часов в сутки и не более 2 раз в месяц, т. е. 12 часов (суммарно) в месяц [15]. Системы водоснабжения ни на какие категории не делятся в [15, 16]. Указанные цифры не согласуются с требованиями СП 31.13330.2012 [19] к водопроводам I, II, III категорий, однако являются обязательными для исполнения. Таким образом, в России величина $T_в$ в расчете на один месяц эксплуатации должна приниматься равной восьми часам, тогда $T_0 = 720 - 8 = 712$ ч. В Украине же, соответственно, $T_в = 12$ ч, $T_0 = 720 - 12 = 708$ ч (720 – число часов в одном месяце).

Исходя из этих цифр, можно вычислить нормативные величины коэффициентов готовности насосных станций за расчетное время 1 месяц:

– для условий России

$$K_z^{норм} = \frac{T_0}{T_0 + T_в} = \frac{712}{720} = 0,9889;$$

– для условий Украины

$$K_z^{норм} = \frac{T_0}{T_0 + T_в} = \frac{708}{720} = 0,9833.$$

В то же время нормативные величины вероятности безотказного действия насосных станций вычисляются по количеству отказов в месяц, которое для условий обеих стран составляет 2 отказа в месяц. Тогда

$$P_{норм} = \frac{30 - 2}{30} = 0,9333,$$

здесь 30 – среднее число дней работы станции за 1 месяц.

С нормативными величинами $K_z^{норм}$ и $P_{норм}$ необходимо сравнить расчетные величины $K_z(БНА)$ и $P_{БНА}$, полученные по формуле полной вероятности. Если расчетные значения указанных величин больше нормативных, то можно считать принятое количество рабочих и резервных насосных агрегатов достаточным для удовлетворения нормативных требований. В противном же случае надо принимать меры по

повышению надежности станции – увеличить количество резервных агрегатов или применять более надежные насосные агрегаты.

Следует отметить, что используя требования СП 31.13330.2012 [19], можно найти допустимое количество отказов за 1 год эксплуатации [11]. Нормативные величины коэффициентов готовности и вероятностей безотказного действия в расчете на 1 год также вычисляются путем сопоставления требований СП и постановлений правительства [15, 16]. Для условий Украины они составляют [11]:

для водопровода I категории – не более 4 отказов в год; $P_{норм}^{год} = 0,989$; $K_z^{год(норм)} = 0,997$;

для водопровода II категории – не более 12 отказов в год; $P_{норм}^{год} = 0,964$; $K_z^{год(норм)} = 0,992$;

для водопровода III категории – не более 24 отказов в год; $P_{норм}^{год} = 0,940$; $K_z^{год(норм)} = 0,984$;

Таким образом, водопроводы разных категорий отличаются только допустимым количеством отказов в год, длительность же одного отказа одинакова у всех категорий.

Важной величиной для эксплуатационников является длительность межремонтного периода насосного агрегата $T_{межрем}$. Она определяется следующим образом. В формуле полной вероятности для данного количества рабочих и резервных агрегатов задаем $P_{БНА} = P_{норм}$. Например, для трех рабочих и двух резервных агрегатов

$$P_{агр}^5 + 5P_{агр}^4(1 - P_{агр}) + 10P_{агр}^3(1 - P_{агр})^2 = P_{норм} = 0,9333.$$

Отсюда находим величину $P_{агр}$, которая должна иметь место в конце межремонтного периода. Далее выражаем из формулы $P_i = e^{-\lambda t}$ время t , которое и является межремонтным периодом $T_{межрем} = t = -\frac{\ln P_{агр}}{\lambda}$. Величина λ принимается по справочникам для данной марки насоса.

$$T_{межрем} = -\frac{\ln 0,9333}{1,6 \cdot 10^{-4}} = 431,43 \text{ ч.}$$

Таким образом, для практического применения предложена методика оценки надежности блока насосных агрегатов. Выведены расчетные зависимости для определения коэффициентов готовности и вероятности безотказного действия блока насосно-силовых агрегатов при различных количествах рабочих и резервных агрегатов. Показана возможность определения межремонтного периода насосных агрегатов.

Список литературы:

1. Гальперин, Е.М. Расчет кольцевых водопроводных сетей с учетом надежности функционирования [Текст] / Е. М. Гальперин – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1989. – 104 с.

2. Голинкевич, Т.А. Прикладная теория надежности [Текст] / Т.А. Голинкевич. — М.: Высшая школа, 1985. — 168 с.
3. Горопашная, А.В. Адаптация логико-вероятностных методов оценки веса, зависимости, вклада, ущерба и активности элементов для немонотонных логических функций. [Текст] / International Scientific School. Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems, MA SR-2007, September 4-8, 2007, S.-Petersburg, Russia, p.540. — Рр. 409—412.
4. Дерюшев, Л.Г. Показатели надежности трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / Л.Г. Дерюшев // Водоснабжение и санитарная техника. — 2000. — № 12. — С. 6—9.
5. Дерюшев, Л.Г. Оценка надежности систем водоснабжения [Текст] / Л.Г. Дерюшев, А.В. Минаев // Водоснабжение и санитарная техника. — 1988. — № 11. — С. 4—5.
6. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное [Текст]: Учебное пособие. Том 1 / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. — М.: Издательство АСВ, 2004. — 288 с.
7. Ильин, Ю.А. Надежность водопроводных сооружений и оборудования [Текст] / Ю. А. Ильин — М.: Стройиздат, 1985. — 240 с.
8. Ильин, Ю.А. Расчет надежности подачи воды [Текст] / Ю.А. Ильин. — М.: Стройиздат, 1987. — 320 с.
9. Ионин, А.А. Надежность систем тепловых сетей [Текст] / А.А. Ионин. — М.: Стройиздат, 1989. — 265 с.: ил. — (НК: Надежность и качество).
10. Круценюк, И.Ю. Математические методы и модели оценки вероятности безотказной работы сети водоснабжения на примере г. Норильска. — дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ [Текст] / И.Ю. Круценюк. — Норильск: Норильский индустриальный институт. — 2005. — 193 с.
11. Найманов, А.А. Возможные нормативы надежности систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / А.А. Найманов, А.А. Найманова // Науковий вісник будівництва, Харків, Харк. нац. ун-т будівн. і арх., 2013. — № 71. — С. 397—402.
12. Науменко, И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем [Текст]: учебное пособие / И.И. Науменко. — К.: Вища школа, 1990. — 239 с.
13. Новохатний, В.Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання. дис. на здобуття вч. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.23.04. — Водопостачання та каналізація. — 2012. — 350 с.
14. Панов, М.Я., Петров, Ю.Ф., Шербатов, В.И. Модели управления функционированием систем подачи и распределения воды. — Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. — 271 с.
15. Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення / із змінами / Затверджено Постановою КМУ від 21 липня 2005 р. № 630, м. Київ. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/630-2005-p>.
16. Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов /с изменениями/. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354, г. Москва. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102147807>.
17. Рябинин, И.А., Черкесов, Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем [Текст] / И.А. Рябинин, Г.Н. Черкесов — М.: Радио и связь, 1981. — 264 с., ил. — (Б-ка инженера по надежности).
18. Самойленко, Н.И., Сенчук, Т.С. Функциональная надежность магистральных трубопроводных транспортных систем [Текст]: Монография / Н.И. Самойленко, Т.С. Сенчук. — Х.: Издательство «ХТМТ», ХНАГХ, 2009. — 276 с.
19. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02.-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]: СП 31.13330.2012 — М.: Минрегион России, 2011. — 124 с.

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – к 70-летнему юбилею начала подготовки инженеров-строителей в Донбассе

**В.И. Нездойминов, д.т.н., профессор; А.В. Лукьянов, д.т.н., профессор;
К.А. Яковенко, к.т.н., доцент; С.П. Высоцкий, д.т.н., профессор**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве является правопреемником института городского хозяйства и охраны окружающей среды, который был создан при реорганизации структуры академии в 2004 году. Базисом для его создания послужил природоохранный факультет, существовавший в период 1995–2004 годов. До этого он именовался санитарно-техническим факультетом, который был создан в 1971 году еще в Макеевском филиале Донецкого политехнического института. Создание факультета связано с подготовкой специалистов по теплогазоснабжению, вентиляции, водоснабжению и канализации.

КАФЕДРА «ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ»

История создания. В 1969 году в Макеевском филиале Донецкого политехнического института в качестве эксперимента была набрана группа студентов на специальность «Водоснабжение и канализация». В течение трех лет, до 1972 года, из-за нехватки кадров большинство дисциплин специальности вел старший преподаватель Попельшко А.С. В 1971 году с кафедры «Теплотехника, газоснабжение и вентиляция» был приглашен к.т.н., доцент Слез Л.Г., а в 1973 году на базе сотрудников этой же кафедры была создана кафедра «Водоснабжение и канализация» (ВК) (Приказ № 423 Минвуза УССР от 29.08.73 г., приказ по институту от 10.04.73 г.).

Возглавил её к.т.н., доцент Белецкий Б.Ф. В первый состав преподавателей кафедры входили: к.т.н., доцент Слез Л.Г., доцент Килимник В.Д., старший преподаватель Караваев Ю.И., ассистенты Пивовар Л.В., Ерёмкин А.М., Пудвиль В.Р., Окрушко В.Е., Настенко Л.Н. В это же время к ним присоединился молодой ученый из Новочеркасского политехнического института, к.т.н., старший преподаватель Куликов Н.И. Специальные дисциплины вели: «Канализация» – Куликов Н.И., «Водоснабжение» – Белецкий Б.Ф. и Караваев Ю.И.



*Нездойминов
Виктор Иванович*



*Лукьянов
Александр Васильевич*



*Яковенко
Константин
Анатольевич*



*Высоцкий
Сергей
Павлович*

Постепенно состав кафедры увеличивался. В 1972 году на кафедру пришел ассистент Омельченко Н.П. (к.т.н. с 1982 г.). В 1975 году её дополнили к.т.н. Найманов А.Я. и к.т.н. Парфенов В.Ф., а в 1977 году — к.т.н. Чернышев В.Н. Количество групп студентов также возросло до трех.

В 1979 году на кафедре был организован набор в аспирантуру, научным руководителем аспирантов назначили к.т.н., доцента Куликова Н.И. Началась подготовка собственных высококвалифицированных кадров. Под руководством Куликова Н.И., Найманова А.Я. защитили кандидатские диссертации и стали преподавателями кафедры Нездойминов В.И. (в настоящее время доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе Академии), Ни-



На фото: д.т.н., проф. Куликов Н.И., заведующий кафедрой «Водоснабжение и канализация» (1979–2002 гг.)

киша С.Б., Вертий В.В., Карагезов Ф.Г., Балинченко О.И. (ныне доцент кафедры ВВ и ОВР), Насонкина Н.Г. (д.т.н., профессор каф. ГСХ), Беляева Е.Л., Затолокин Н.Е., Зотов Н.И. (к.т.н., доцент каф. ГСХ), Окрушко В.Е.

В 1979 году Куликов Н.И. избран заведующим кафедрой.

Были сформированы следующие научные направления:

1. Разработка и исследование новых методов

очистки промышленных сточных вод (предприятия металлургической и химической промышленности);

2. Исследование гидравлики водоводов в целях увеличения их пропускной способности;

3. Совершенствование индустриальных методов строительства водопроводно-канализационных сооружений и их комплексов;

4. Исследование методов снижения коррозии и накипеобразования в системах оборотного водоснабжения;

5. Методы защиты сетей и сооружений систем водоснабжения и водоотведения от вредного влияния горных выработок.

С открытием аспирантуры на кафедре, а также с увеличением объёмов хозяйственных работ, резко возросла научная деятельность её сотрудников. К работе привлекались, кроме преподавателей, сотрудники научно-исследовательского сектора (НИС) и студенты. На 1 января 1982 года общее количество работников на кафедре возросло до 50 человек: 16 преподавателей, 29 сотрудников НИСа, 5 чел. — учебно-вспомогательный персонал.

Наряду со становлением кафедры создавалась и улучшалась её материальная база. С переходом института в новые корпуса, построенные в п. Дзержинского Червоногвардейского района г. Макеевки, кафедре были предоставлены аудитории в корпусе № 1 для чтения лекций, проведения практических занятий и выполнения лабораторных работ. Под руководством Слёза Л.Г. была создана лаборатория гидравлики и насосов, Нездойминова В.И. — лаборатория основ очистки воды, Омельченко Н.П. — лаборатория водоснабжения.



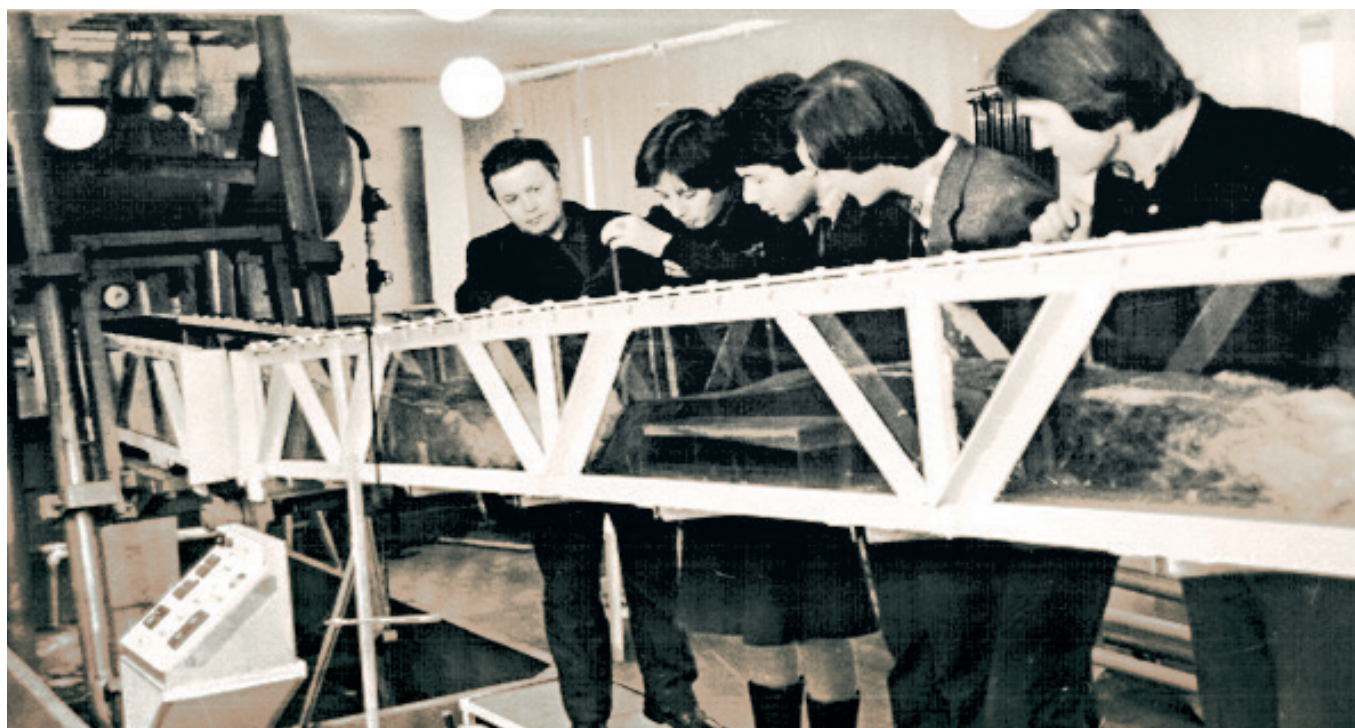
На фото: состав кафедры «Водоснабжение и канализация» в 1982 году

Большую помощь при оснащении лабораторий установками, приборами, насосами оказало предприятие «Укрпромводчермет». Установки, изготовленные на предприятии для выполнения лабораторных работ по гидравлике и технической механики жидкости и газов, работают и в настоящее время, демонстрация их работы всегда вызывает неподдельный интерес студентов, гостей, специалистов в области водоснабжения и водоотведения. Силами студенческого отряда под руководством Карагезова Ф.Г. и сотрудников кафедры был построен лабораторный корпус № 2, в котором также размещались семь лабораторий, оснащенных самым современным на тот момент оборудованием.

Наличие такой современной, крепкой материальной базы позволяло студентам и сотрудникам кафедры выполнять научные исследования по водоподготовке, очистке стоков и обработке осадков сточных вод и воплощать результаты исследований в реальные дипломные проекты, защищать кандидатские и докторские диссертации. Современная материальная база позволяет вести учебный процесс на высоком уровне. В последние годы лаборатория кафедры получила современное измерительное оборудование, например, ультразвуковой измеритель расхода жидкости, акустический течеискатель и электронный солемер. Данные современные приборы и аппараты с успехом используются в образовательном и научно-исследовательском процессе кафедры.



На фото: ультразвуковой измеритель расхода жидкости, акустический течеискатель и электронный солемер



На фото: лаборатория гидравлики и насосов. Слева — Слез Л.Г.



На фото: обработка скважины методом пневмовзрыва

В это время были подготовлены кадры, позволившие создать два мощных научно-исследовательских центра: «Биотехнология очистки воды» и «Пневмовзрыв», возглавляемые Куликовым Н.И. и Слёзом Л.Г. соответственно (1984–1995 гг.). Вначале они функционировали при кафедре ВК, а затем трансформировались в самостоятельные учебно-производственные комплексы с научно-исследовательскими, проектными и производственными мощностями. В отдельные годы в центрах трудились до 300 человек. На базе кафедры действует учебно-про-

изводственный центр «ДАК-ДонНАСА», где студенты имеют возможность получить дефицитную рабочую профессию монтажника пластмассовых труб и сантехнических систем.

Научная школа, созданная на кафедре ВК, стала известна не только на Украине, но и в странах СНГ, Польше, Китае, Чехии, Греции, Израиле, Канаде. Набор студентов на специальность «Водоснабжение и канализация» в этот период был самым большим и составлял четыре полноценные (по 25 чел.) группы.

В 1988 г. Куликов Н.И. предложил новую революционную технологию очистки сточных вод иммобилизованными микроорганизмами на ершовой насадке.

Было подготовлено даже специальное распоряжение СМ УССР «О широком внедрении ершовой технологии в практику очистки сточных вод» и выделены деньги на строительство цеха по выпуску ершей. Это позволило создать замкнутый комплекс очистки воды: научные исследования, проектирование, промышленное внедрение очистных сооружений с использованием ершей.

В 2000 году Куликов Н.И. стал лауреатом Государственной премии Украины в области науки и техники.

В 2002 году кафедру возглавил к.т.н., доцент Нездойминов В.И.

В 2002 году на кафедру пришли ассистенты Зайченко Л.Г. (к.т.н. с 2007 г.) и Деревянко М.С.

За прошедшее с 2002 года время основной преподавательский состав кафедры пополнился молодыми преподавателями: к.т.н. Синежук И.Б.; к.т.н., доцент Рожков В.С. (стажировался в Англии, лауреат Государственной премии молодых ученых); к.т.н.,



На фото: состав кафедры ВВ и ОВР, 2012 год

доцент Григоренко Н.И. (прошла стажировку в Чехии); к.т.н. Зятин В.И. (стажировался в Германии); к.т.н., доцент Лесной В.И.; к.т.н. Жибоедов А.В. (ответственный секретарь приемной комиссии Академии); ст. препод. Майстренко О.В., аспиранты Акулова Ю.Г., Заворотный Д.В., Васильева Ю.В.; ассистент Егорова Н.В.; Могукало А.В., Хапчук Ф.Н. — преподаватели-стажеры. В 2011 году на кафедру перешел преподаватель кафедры физики — к.ф.-м.н. Голоденко Н.Н.

На кафедре постоянно работают зав. лабораторией Чернышева Е.Н., старший лаборант Кабанова Т.Ф., мастер — лаборант Сливков А.В., мастер производственного обучения Задорожная Е.П.

В 2013 году заведующий кафедрой ВВ и ОВР Нездойминов В.И. защитил докторскую диссертацию. В 2014 году д.т.н. Нездойминов В.И. и к.т.н. Чернышев В.Н. за разработку технологии глубокой минерализации осадков сточных вод были номинированы на Государственную премию Украины в области науки и техники.

В 2018 году Нездойминов В.И. назначен проректором по учебной работе Академии. Сегодня он продолжает научную деятельность, работу с аспирантами, соискателями и остается заведующим кафедрой. Продолжается оснащение кафедры современным оборудованием.

Активное развитие в настоящее время имеет основанная Нездойминовым В.И. научная школа очистки сточных вод в биореакторах с затопленной эрлифтной системой аэрации. Публикации в этом направлении в настоящее время издаются в рецензируемых изданиях, а сам Виктор Иванович по праву считается одним из наиболее авторитетных специалистов в области биологической очистки сточных вод на постсоветском пространстве.



3D-принтер

На кафедре широко внедряется 3D-печать — один из главных образовательных трендов последних лет. Школы и университеты по всему миру отчетливо понимают, что без использования 3D-принтеров сегодня нельзя обеспечить студентам по-настоящему всестороннюю подготовку.

За 45 лет существования кафедра выпустила сотни высококвалифицированных специалистов в области водоснабжения и водоотведения, успешно работающих как в странах СНГ, так и в дальнем зарубежье.

КАФЕДРА ТЕПЛОТЕХНИКИ, ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ (ТТГВ)

История создания. Кафедра «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» зарождалась на базе строительного факультета Макеевского филиала Донецкого политехнического института. В 1965 году был произведен первый набор студентов специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». Именно в этот период возникает острая необходимость в квалифицированных специалистах, способных проектировать и обслуживать сеть коммуникаций в строящихся зданиях и устранять дефекты в уже имеющихся системах. Первая созданная студенческая группа в дальнейшем сформировала круг профессионалов, многие из которых позже стали известными специалистами в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Спустя некоторое время специальность начинает пользоваться все большим спросом среди молодежи: так, в 1966 году была набрана одна группа, в 1967 — две, в 1972 — три, а с 1978 — уже четыре группы студентов.

У истоков научной школы кафедры стояли компетентные специалисты, сформировавшие направления исследований, работа в рамках которых ведется по настоящее время.

В 1972 году, когда Макеевский инженерно-строительный институт начинает функционировать как отдельное высшее учебное заведение, самостоятельность приобретает и кафедра теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, которая уже к 1975 году разделяется на две кафедры: «Теплотехника и теплогазоснабжение» и «Отопление и вентиляция».

В 1977 году кафедру теплотехники и теплогазоснабжения возглавил Валентин Федорович Губарь, доктор технических наук, профессор, советник президента АН Высшей школы Украины, лауреат премии Н. Островского в области науки и техники и премии ДКНТ СССР. В.Ф. Губарь руководил кафедрой более 30 лет, именно под его руководством впервые в Донбассе создается научная школа по направлению «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана



На фото: д.т.н., профессор Валентин Федорович Губарь

воздушного бассейна». Несомненной заслугой Валентина Федоровича стали не только научные наработки по самым актуальным вопросам в области строительства и ЖКХ, а также создание на кафедре сплоченного коллектива в дружеской атмосфере понимания и взаимовыручки.

В это время существенно возросло количество научных публикаций, монографий и учебных пособий. Ин-

тенсивное развитие факультета, в состав которого входила кафедра, в 70-х годах потребовало значительного расширения кадрового состава преподавателей. Из научно-исследовательских институтов и различных высших учебных заведений на кафедру начали приходить компетентные специалисты: Кравец А.Г., Качан В.Н., Дымнич А.Х., Сербин В.А., Каплун П.Р. и многие другие. Кроме того, ряд студентов и выпускников направлялись на дальнейшее обучение в аспирантурах ведущих вузов страны, после окончания которых они возвращались на кафедру, становились преподавателями и передавали полученные знания молодому поколению. Среди них — Кормышев В.В., Ольховиченко В.А., Белов В.М., Кичатов В.П., Катин Л.Д. и др. На кафедрах начинали читать свои курсы такие крупнейшие специалисты, как: В.Ф. Пашков — курс отопления; Лифар А.И. —

топливо, котельные агрегаты и котельные установки, Черноскутова В.Ф. — газоснабжение, Олексюк А.А. — теплоснабжение и др.

Расширение профессорско-преподавательского состава и повышение его квалификации позволили укрепить уровень подготовки инженеров, наладить связи факультета с ведущими научными и учебными учреждениями Украины и СССР в целом, с профильными предприятиями и строительными организациями, сформировать основные научно-методические направления исследований. В этот период были организованы: учебно-производственный центр «Сантехник», Центр технической экологии и ресурсосбережения, научный центр «Экотер», лаборатория охраны окружающей среды и центр по монтажу пластиковых труб «ДАК-ДонНАСА», которые стали базой для создания современных учебно-производственных центров.

Время после 1989 года было нелегким для кафедры. Началось постепенное сокращение набора студентов, и в 1992 году набор составил всего лишь две группы студентов кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».

В 1994 году происходит разделение сантехнического факультета на два факультета-кафедры: теплоснабжение и вентиляция (заведующий В.Ф. Губарь) и водоснабжение и канализация (заведующий Н.И. Куликов). Популярность этих специальностей и достаточно высокий конкурс среди абитуриентов позволили уже в 1995 году восстановить факультет под названием «Природоохранный», в структуру которого вошла выпускающая кафедра «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция».

В 2008 году кафедру возглавил доктор технических наук, профессор Александр Васильевич



На фото: состав кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции под руководством В.Ф. Губаря, 1982 год

Лукьянов, энергичный и высококвалифицированный специалист, с появлением которого началась новая страница в истории кафедры. А.В. Лукьянов является воспитанником кафедры и учеником В.Ф. Губаря. Под руководством В.Ф. Губаря А.В. Лукьянов защитил кандидатскую и докторскую диссертации.

Кафедра сегодня. На сегодняшний день переоценить высокую социальную и стратегическую значимость профессии инженер-проектировщик ТГВ очень сложно, и хотя высшие учебные заведения ежегодно выпускают тысячи специалистов, строительные предприятия и ЖКХ все равно остро нуждаются в квалифицированных кадрах. Сегодня на кафедре преподается комплекс дисциплин, связанных с теплотехнической подготовкой будущих специалистов по таким направлениям инженерии в строительстве как отопление, теплоснабжение, теплогенерация (котельные установки), вентиляция, кондиционирование, газоснабжение и охрана воздушного бассейна. Обеспечение требуемого микроклимата в помещениях жилых, общественных зданий и зданий промышленного назначения, обеспечение зданий теплом, газом, горячей водой, проектирование установок по использованию вторичных энергоресурсов и решение экологических задач — далеко не полный перечень направлений деятельности выпускников ТГВ. Подготовка студентов дневной и заочной формы обучения включает в себя следующие направления профессиональной деятельности:

проектно-конструкторское: расчеты и проектирование систем отопления, вентиляции, холодоснабжения зданий, тепло- и газоснабжение объектов, разработка проектов автономных и централизованных котельных и тепловых пунктов;

строительно-монтажное: изготовление, монтаж, пуск и наладка оборудования и систем ТГВ, приборов учета и контроля тепла, воды и газа, технология, механизация и организация строительства и производства систем ТГВ, автоматизация процессов ТГВ;

эксплуатационное: техническая диагностика комплексов ТГВ, мониторинг окружающей среды, повышение надежности и эффективности систем жизнеобеспечения домов и сооружений, пуск и наладка систем ТГВ;

научно-исследовательское: разработка новых технических решений по охране воздушного бассейна, снижение затрат топлива, энергии, тепла при реконструкции объектов, исследование и разработка устройств для измерения характеристик газоздушных потоков и др.

Одним из важнейших достоинств данной специальности является ее многопрофильность. Получивший эту специальность выпускник одновременно является инженером-теплоэнергетиком, инжене-

ром-строителем, инженером городского хозяйства, инженером-экологом.

Кадровый состав. Сегодня кадровый состав включает и «старую гвардию» — преподавателей 70–80-х годов с огромным опытом и глубокими знаниями в сфере науки, и молодое поколение, в числе которого — ее недавние выпускники. Среди них: три профессора — Лукьянов А.В., Олексюк А.А., Качан В.Н.; девять доцентов — Захаров В.И., Удовиченко З.В., Монах С.И., Шайхед О.В., Максимова Н.А., Губарь С.А., Кондрыкинская А.В., Выборнов Д.В., Долгов Н.В.; три старших преподавателя — Орлова А.Я., Демешкин В.П., Рязанцева Л.А.; шесть ассистентов — Михайская О.В., Головач Ю.А., Савич Д.В., Шацков А.О., Колосова Н.В., Кляус Б.В., Романенко Б.Р.

Отличительной чертой кадровой политики кафедры является стремление пополнять преподавательский коллектив своими воспитанниками. Так, на кафедре выполнили научные исследования и защитили докторские диссертации (Качан В.Н., Лукьянов А.В., Олексюк А.А., Горожанкин С.А.) и кандидатские диссертации (Захаров В.И., Монах С.И., Удовиченко З.В., Максимова Н.А., Шайхед О.В., Кондрыкинская А.В., Выборнов Д.В., Долгов Н.В.). Важно отметить, что практическую составляющую учебного процесса обеспечивают сотрудники, имеющие большой опыт работы на производстве, среди них: Рязанцева Л.А., возглавлявшая СПП «МАКЕ-ЕВТЕПЛОСЕТЬ» ГП «ДОНБАССТЕПЛОЭНЕРГО» в период с 1998-го по 2017 г.; Губарь С.А. — к.т.н., доцент, начальник отдела теплоснабжения департамента коммунальных предприятий Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики.

Благодаря активному сотрудничеству с профильными организациями в период государственной итоговой аттестации выпускники кафедры имеют возможность перенимать опыт от ведущих руководителей профильных направлений сферы и жилищно-коммунального хозяйства.

Учебно-методическая база. Методический кабинет кафедры ТГВ укомплектован методическими материалами по учебным дисциплинам, конспектами лекций, учебными пособиями и справочной литературой. Для выполнения лабораторных работ, курсового и дипломного проектирования используется около 100 наименований методических указаний.

На кафедре оборудованы две специализированные лекционные аудитории и восемь лабораторий: для проведения лабораторных работ с элементами научных исследований по вопросам теплоемкости воздуха, термодинамических процессов, парообразования, процессов во влажном воздухе, утечки и дросселирования газов, эксергетического анализа процессов теплообмена, определения интенсив-



На фото: студенты кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции во время прохождения практической подготовки

ности теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции, процессов теплопередачи в различных теплообменных аппаратах; лаборатории для проведения исследований таких специальных дисциплин как теплоснабжение, теплогенерирующие установки, газоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха. Вышеперечисленные аудитории обеспечены необходимыми материалами, приборами и оборудованием. Компьютерные классы, имеющиеся в распоряжении кафедры, снабжены современным программным обеспечением, а также имеют доступ к сети «Internet».

Международная деятельность. Кафедра поддерживает научные связи с рядом высших учебных заведений Донецкой и Луганской Народной Республик, Российской Федерации, Республики Беларусь, Приднестровья, Словакии и других стран. Среди них ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк), ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского» (г. Донецк), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва, Российская Федерация), ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород, Российская Федерация), ГОУ ВПО «Луганский национальный университет им. Владимира Даля» (г. Луганск), «Технический университет в Кошице» (г. Кошица, Словакия), ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (г. Воронеж, Российская Федерация), ВПФ ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко» (г. Тирасполь, Приднестровье), УО «Брестский государственный технический университет» (г. Брест, Республика Беларусь), ФГБОУ ВО «Оренбургский государствен-

ный университет» (г. Оренбург, Российская Федерация), АСА ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация), ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (г. Симферополь, Российская Федерация); ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина».

Научно-исследовательская работа студентов и молодых ученых. Во многом расширение научных связей стало возможным благодаря активной работе диссертационного совета Д 01.005.01 на соискание ученой степени доктора и кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, что дает возможность обеспечить молодыми компетентными специалистами ТГВ как практическое, так и научное направление отрасли строительства и ЖКХ. Хочется отметить, что ведущие специалисты вузов ДНР, ЛНР и стран СНГ активно рецензируют и оппонируют диссертации наших соискателей. Так, в период с 2015 г. в диссертационном совете было защищено одиннадцать диссертационных работ, из которых пять – молодые специалисты, сотрудники кафедры ТТГВ.

Благодаря развивающимся научным связям в рамках обмена опытом ведения научно-исследовательской и изыскательской деятельности наши специалисты имеют возможность посещать различные международные конференции. Одной из недавних конференций стала III Международная научно-техническая конференция «Энергетические системы (ICES-2018)», которая проводилась на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

Сотрудники и студенты кафедры принимают активное участие в государственных исследовательских разработках, одной из последних является «Разработка концепции создания социального

жилья и восстановления объектов инфраструктуры на территориях, пострадавших от военных действий». В данной работе были рассмотрены возможные способы теплоснабжения проектируемого микрорайона с использованием современных энергосберегающих систем.

В области энергосбережения специалисты кафедры активно занимаются обследованием существующих конструкций тепловых сетей и ограждений.

Выпускники кафедры в течение последних трех лет получили возможность прохождения государственной итоговой аттестации в рамках экстерната по специальности ТГВ в ГОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону, РФ) с последующим получением диплома российского образца. Ежегодно кафедрой проводятся научно-технические конференции молодых ученых, аспирантов, студентов, посвященные анализу существующих проблем в области теплогазоснабжения и вентиляции и перспективам их решения, по результатам которых публикуются многочисленные научные труды.

Выпускники кафедры. Окончив специальность ТГВ, наши выпускники становятся мастерами и инженерами в организациях по строительству, монтажу, наладке, эксплуатации и ремонту систем теплоснабжения, газоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, теплогенерирующих установок; могут работать на первичных инженерных должностях в проектных организациях, а также занимать должности, в том числе руководящие, на предприятиях строительной индустрии в области инженерных систем, в научно-исследовательских институтах, лицеях, колледжах, высших учебных заведениях.

КАФЕДРА ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ХОЗЯЙСТВА

В 1995 году руководство Донбасской государственной академии строительства и архитектуры приняло решение об открытии специальности «Городское строительство и хозяйство» в связи с потребностью региона в специалистах данного профиля подготовки. Первый набор студентов на данную специальность был произведен в 1995 году (группа ГСХ-1). Одноименная кафедра организована в 1997 году в составе природоохранного факультета. Первым заведующим кафедрой был назначен д.т.н, профессор А.Я. Найманов. Кафедра является выпускающей.

«Городское строительство и хозяйство» — один из самых актуальных и важных профилей направления 08.03.01 «Строительство». Нормальная жизнь современных городов и населенных пунктов невозможна без работы специалистов городского строительства и хозяйства, которые обеспечивают деятельность городских систем транспорта, водо-, тепло-, газо-, электроснабжения, санитарной очистки, организации ландшафта, благоустройства территории и эксплуатации жилищного фонда, строительства и ремонта домов и сооружений. Инженер-строитель профиля ГСХ — это профессионал, способный осуществить весь производственный цикл (проектирование, строительство, реконструкция и техническая эксплуатация) как отдельных зданий, так и жилых комплексов целых городов. Основной целью инженеров-строителей ГСХ является создание высокого уровня благоустройства города, наилучших условий труда, быта и отдыха горожан, обеспечение их полного культурно-бытового обслуживания.



*На фото:
выпускники гр. ТГВ-41
с заведующим кафедрой
А.В. Лукьяновым*



*На фото:
состав кафедры
в 2004 году*

Инженеры ГСХ должны обладать большим объемом знаний, уметь (с учетом местных условий) применять то, что достигнуто мировой градостроительной наукой и практикой. Специалисты этого направления в настоящее время привлекаются для решения проблем современных городов, являющихся сложной, постоянно развивающейся системой, все компоненты которой находятся в постоянном взаимодействии и взаимозависимости. Современный город представляет собой чрезвычайно сложный организм, включающий промышленные предприятия, объекты теплоэнергетического комплекса, жилую среду, обслуживающие население культурно-бытовые и торговые предприятия, объекты образовательной сферы и

здравоохранения, административные учреждения и многое другое. Для принятия оптимальных и технически грамотных решений необходимы специалисты, понимающие сущность и специфику различных взаимоувязанных процессов, протекающих внутри населенного пункта.

Кафедра создавалась на базе двух кафедр «Теплогазоснабжение и вентиляция» и «Водоснабжение и канализация». Преподаватели, основавшие кафедру:

— представители кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» — доц. Пашков В.Ф., доц. Дегтярев А.П., ст. преп. Кувшинов Ю.Е., асс. Антоненко С.Е.;

— представители кафедры «Водоснабжение и канализация» — проф. Найманов А.Я., доц. Окрушко В.Е., доц. Дрозд Г.Я., доц. Зотов Н.И., асс. Ковтун С.В.



На фото: состав кафедры в 2012 году

С 1997-го по 2016 год кафедрой «Городское строительство и хозяйство» руководили д.т.н, профессор Найманов А.Я., д.т.н, профессор Насонкина Н.Г., к.т.н., доцент Пашков В.Ф. С 2016 г. по настоящее время кафедрой руководит к.т.н., доцент Яковенко К.А.

В 2000 году состоялся первый выпуск специалистов по данному направлению (ГСХ-1). По мере увеличения приема на специальность ГСХ расширялся и штат кафедры, повышалась квалификация ее сотрудников. В 1998 году защитил докторскую диссертацию Дрозд Г.Я., в 2005 году защитила докторскую диссертацию Насонкина Н.Г, которая пришла на кафедру в 2000 году. С 1998-го по 2018 год защитили кандидатские диссертации следующие сотрудники кафедры: Ковтун С.В., Сытниченко Н.В., Сатин И.В., Яковенко К.А., Антоненко С.Е., Гутарова М.Ю., Трякина А.С., Михайлов А.В.

В разное время на кафедре работали: Маркин А.Н., Губарь С.А., Удовиченко З.В., Сатин И.В., Андреев С.В., Назаров Г.А., Романова Т.И., Акулова Ю.Г., Островская С.В., Коровина А.В., Каишева Ю.А., Сытниченко Н.В., Киценко Т.П., Бирцев О.А., Борейко И.В., Сахновская В.Г., Скоробогатова К.А.

На данный момент учебный процесс осуществляет профессорско-преподавательский состав в количестве 12 штатных сотрудников: 2 профессора, доктора технических наук — Найманов А.Я., Насонкина Н.Г.; 5 доцентов, кандидатов технических наук — Зотов Н.И., Антоненко С.Е., Яковенко К.А., Гутарова М.Ю., Трякина А.С.; 1 старший преподаватель — Шаталов В.И.; 4 ассистента — Гостева Ю.В., Михайлов А.В. (защитил кандидатскую диссертацию в 2018 г.), Береза П.Г., Турчина Г.С.

За время существования кафедра прошла целый ряд процедур по аккредитации, лицензированию и международной аккредитации (в 2002–2003 гг.

прошла международную аккредитацию в Лондонском институте строителей). В итоге специальность ГСХ аттестована на высший IV уровень, который дает право готовить бакалавров и магистров, а также кадры высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру.

В свое время получила признание концепция подготовки кафедрой специалистов по городскому строительству и хозяйству с уклоном в сторону городского хозяйства. В 2011–2012 годах кафедра провела две Всеукраинские олимпиады по специальности ГСХ, на которых студенты кафедры заняли 2–3 места в общем зачете среди 13 вузов.

Для бакалавров и магистров ГСХ кафедра преподает следующие основные курсы: планировка и застройка населенных пунктов; инженерная подготовка территорий; городские транспортные системы; городские улицы и дороги; городские инженерные сети; регулирование микроклимата помещений; санитарная очистка городов; санитарно-техническое оборудование зданий; содержание городской застройки; комплексная реконструкция городской застройки; реконструкция и основы эксплуатации зданий и сооружений; управление городом и городским хозяйством; надежность систем городского хозяйства; технология строительно-монтажных работ. Кроме того, отдельные дисциплины по городскому хозяйству читаются для других специальностей Академии.

Учебный процесс проводится в соответствии с утвержденным Министерством образования учебным планом на базе кредитно-модульной системы. Все обучение нацелено на подготовку городского инженера, обладающего глубокими знаниями по управлению городом; планировке, реконструкции, благоустройству и архитектурному формированию



На фото: состав кафедры в 2016 году

городских территорий; проектированию, строительству и эксплуатации городских транспортных систем, гражданских и промышленных зданий и сооружений, городских инженерных сетей и сооружений, инженерного оборудования зданий.

Преподавателями кафедры читаются 37 учебных дисциплин. Все дисциплины обеспечены информационными пакетами, рабочими программами дисциплин, электронными конспектами лекций, методическими указаниями к курсовым проектам, лабораторным и практическим занятиям. На основе электронных материалов, входящих в УМКД, разработаны дистанционные курсы по всем дисциплинам. Дипломное проектирование осуществляется на реальной основе строительства и реконструкции существующих городов, поселков, микрорайонов и отдельных зданий. Для усиления связи с производством для бакалавров проводятся ознакомительная, две производственные и преддипломная практики.

Материальная база позволяет вести учебный процесс на высоком уровне. Имеются две лекционные аудитории с мультимедийными проекторами, четыре учебные лаборатории (регулирование микроклимата, технология строительно-монтажных работ, санитарно-технического оборудования зданий, планировки и застройки населенных пунктов), две научные лаборатории. В лабораториях для учебного процесса используются уникальные современные стенды фирм «Danfoss», «ГЕРЦ Арматурен» и «DEVI».



Для выполнения научно-исследовательских работ в конце 1999 г. организован факультетский центр «Технической экологии и ресурсосбережения» (ТЭРС), в который вошла и кафедра ГСХ. Руководителем центра назначен д.т.н., проф. А.Я. Найманов.

Научные направления работы. Сотрудники кафедры ведут активную научную деятельность, оказывают консультационные и инженерные услуги по вопросам городского строительства и коммунального хозяйства (водоснабжения, водоотведения, санитарной очистки, городского пассажирского транспорта, охраны окружающей среды и т. д.), занимаются

разработкой технологических регламентов, проектно-сметной документации.

Основные научные направления работы:

1. Оптимизация систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов и отдельных объектов. Определение оптимальных норм водоснабжения и водоотведения с учетом индекса экономической эффективности.

2. Автономные установки для очистки сточных вод с помощью пробиотиков.

3. Оптимизация работы систем городского пассажирского транспорта.

4. Оценка состояния и оценка работы улично-дорожных сетей города. Определение существующих и перспективных транспортных потоков на улично-дорожной сети города. Обоснование необходимости развития улично-дорожных сетей города.

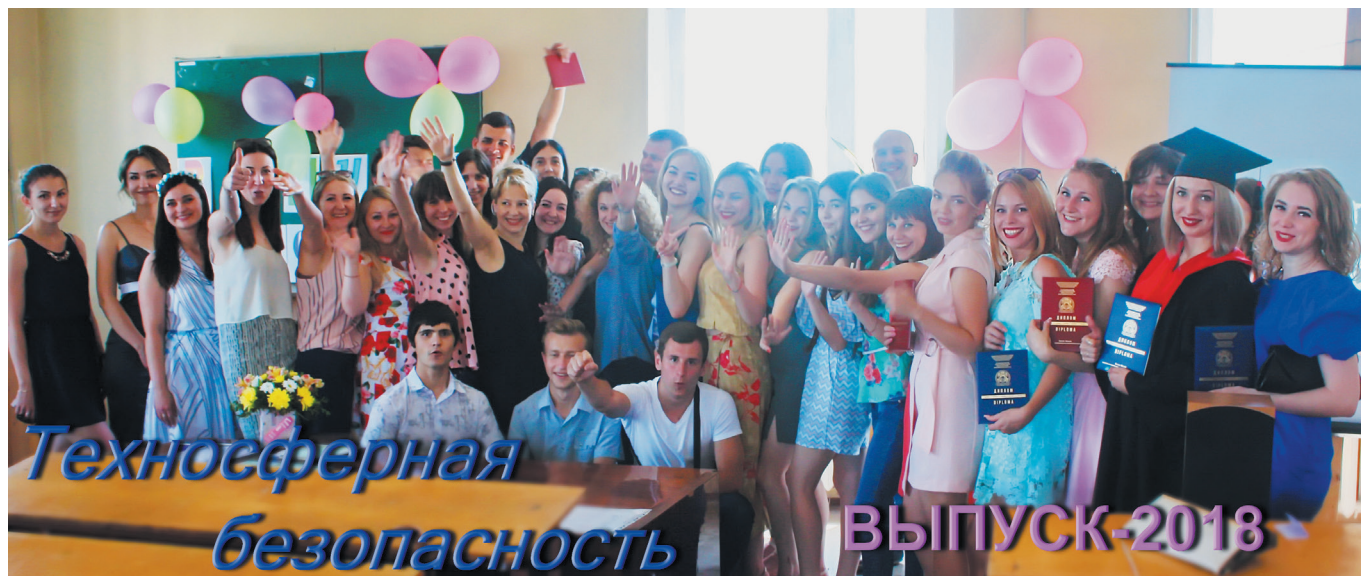
5. Повышение энергоэффективности работы котельных, снижение накипеобразования в котлах путем электрохимической обработки подпиточной воды постоянным током, проектирование и конструктивно-технологическое оформление установок электрохимической обработки воды для предприятий коммунального хозяйства.

6. Разработка комплексных схем санитарной очистки населенных пунктов.

Воспитательная работа является неотъемлемой частью учебного процесса. Уровень проведения занятий, манера поведения преподавателей, отношение к студентам играет воспитательную роль. Значительное внимание уделяется проведению кураторских часов, Дней кафедры, участию в Днях факультета. Проводятся собрания со студентами, беседы на заседаниях кафедры; студенты принимают участие в профориентационной работе. Победы студентов специальности ГСХ на всеукраинских олимпиадах (2011–2013 гг.) в личном зачете и высокие места в общем зачете воспитывают гордость за Академию и кафедру.

КАФЕДРА «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Кафедра «Техносферная безопасность» является выпускающей по направлениям подготовки **20.03.01, 20.04.01 Техносферная безопасность** (в настоящее время открыт профиль *Инженерная защита окружающей среды*). Также кафедра осуществляет образовательную деятельность по общеобразовательным дисциплинам (*«Безопасность жизнедеятельности», «Основы охраны труда», «Охрана труда в отрасли», «Гражданская оборона»* для студентов всех направлений подготовки ГОУ ВПО «ДонНАСА», *«Обеспечение пожарной безопасности и огнестойкости зданий и сооружений»* (для студентов направления подготовки **08.03.01 Строительство**)).



На протяжении своего развития человечество постоянно сталкивалось с проблемой обеспечения безопасности. Благодаря прогрессу, изменившему мир, выросло благосостояние людей, улучшились качество жизни и условия их труда; невиданных размеров достигли промышленные производства и темпы строительства. Однако развитие техносферы ведет к повышению не только качества жизни, но и уровня опасности для жизнедеятельности человека. Отсутствие у человека естественных механизмов защиты требует приобретения навыков обнаружения и предвидения опасностей, а также применения средств защиты. Это достижимо только в результате обучения и приобретения опыта на всех этапах образования и практической деятельности. Поэтому все больше возрастает значение подготовки специалистов с высшим образованием, способных не только обеспечить личную безопасность, но и выработать мероприятия

по защите персонала на объектах экономики, а также организации их выполнения в чрезвычайных ситуациях различного характера.

В настоящее время кафедра готовит выпускников по направлению подготовки «Техносферная безопасность»:

код 20.03.01 — квалификация (степень) «бакалавр»;

код 20.04.01 — квалификация (степень) «магистр».

Область профессиональной деятельности выпускников включает: обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на природную среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования, способы защиты в чрезвычайных ситуациях.



На фото: состав кафедры «Прикладная экология и безопасность жизнедеятельности», 1999–2000 учебный год

Кафедра «Техносферная безопасность» организована в 2016 г. путем слияния кафедр «Охрана труда, безопасность жизнедеятельности и гражданская защита» и «Прикладная экология». История кафедры техносферной безопасности ведет свой отсчет с 1992 года. За время существования кафедра несколько раз реорганизовывалась, включая в свой состав новые составляющие техносферной безопасности. Вопросами безопасности в ДонНАСА на протяжении последних 35 лет занимались различные кафедры:

— для решения вопросов экологической безопасности в 1992 г. была организована кафедра «Прикладная экология и безопасность жизнедеятельности», первым заведующим которой стал академик АН ВШ Украины, д.т.н., профессор В.Г. Погребняк. Первыми преподавателями, работающими на кафедре, были: Высоцкий С.П., Петренко Т.В., Падалко С.И., Некрасов Ю.П., Сердюк А.И., Кирилас А.Р.;

— исследованиями опасных факторов труда в строительстве и разработкой циклов дисциплин «Охрана труда» занимались педагоги, вошедшие в 1999 г. в состав кафедры «Технология строительного производства»: профессор Медведев Э.Н., профессор Кашуба О.И., доцент Попова Н.П., Кабанец В.И., Смолякова З.Д.;

— обучением студентов вопросам гражданской обороны и безопасности в чрезвычайных ситуациях с 2000 г. занимался Вербенко А.Ф. В сентябре 2003 года на основании решения ученого совета Академии и приказа ректора была создана кафедра «Гражданская оборона и военная подготовка офицеров запаса по вопросам гражданской защиты». Основу преподавательского состава составляли офицеры запаса, имеющие большой опыт работы и высокую профессиональную подготовку: Ленский В.Г.,

Майбродский С.В., Вербенко А.Ф. До сентября 2005 года кафедра выполняла задачу по подготовке офицеров запаса на правах филиала военной кафедры КНУБА. В связи со структурными изменениями и изменением направления основной деятельности в 2009 году кафедра была сокращена и стала секцией кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»;

— в 2011 г. из кафедр «Прикладная экология и химия», «Гражданская оборона» и «Технология, организация и охрана труда в строительстве» выделена кафедра «Охрана труда, безопасность жизнедеятельности и гражданская защита», занимающаяся вопросами обеспечения безопасности в техносфере, способами защиты от опасностей в условиях жизнедеятельности человека, которую возглавляет доктор технических наук, профессор, академик Международной энергетической академии (Академия критических технологий и региональных исследований), член-корреспондент Инженерной академии С.П. Высоцкий.

В настоящее время качество осуществления образовательной деятельности обуславливает наличие на кафедре техносферной безопасности высококвалифицированных специалистов в сфере безопасности: семь докторов наук, в том числе член-корреспондент Инженерной академии Украины, д.т.н., профессор Высоцкий С.П., академик Академии горных наук, Заслуженный деятель науки и техники, д.т.н., профессор Пашковский П.С., д.х.н., профессор Сердюк А.И., д.т.н., с.н.с. Мамаев В.В., д.т.н., с.н.с. Долженков А.Ф.; д.т.н., с.н.с. Медведев В.Н., д.т.н., с.н.с. Брюханов А.М.; девять кандидатов наук, полковник гражданской защиты Министерства чрезвычайных ситуаций (в отставке) старший преподаватель Левченко Л.Г.



*На фото: состав кафедры
«Техносферная безопасность»,
2017–2018 учебный год*

Уважаемые авторы!

Планируемый к изданию 6-й номер научно-практического журнала «Строитель Донбасса» будет посвящен теоретико-методологическим и проектно-исследовательским подходам в области архитектурно-градостроительного формирования, совершенствования, реконструкции, реабилитации, реинтеграции и модернизации зданий и сооружений, городских территорий. В связи с этим к рассмотрению принимаются статьи и сообщения, в которых излагаются результаты исследований и разработок по направлениям:

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

Материалы просим направлять до 12 марта 2019 г. по адресу:

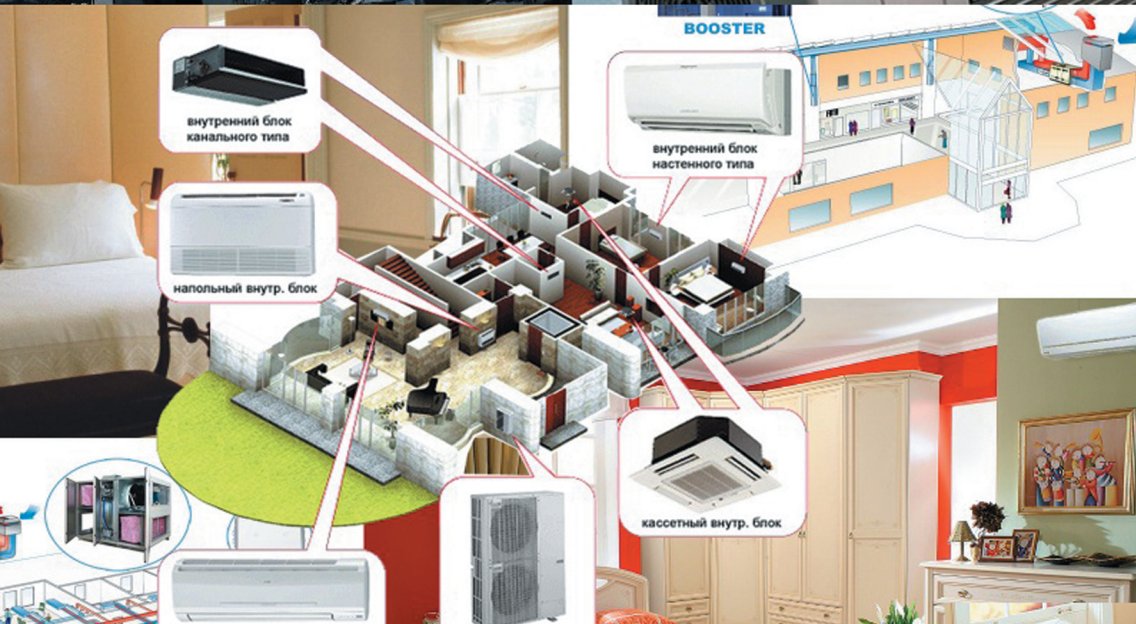
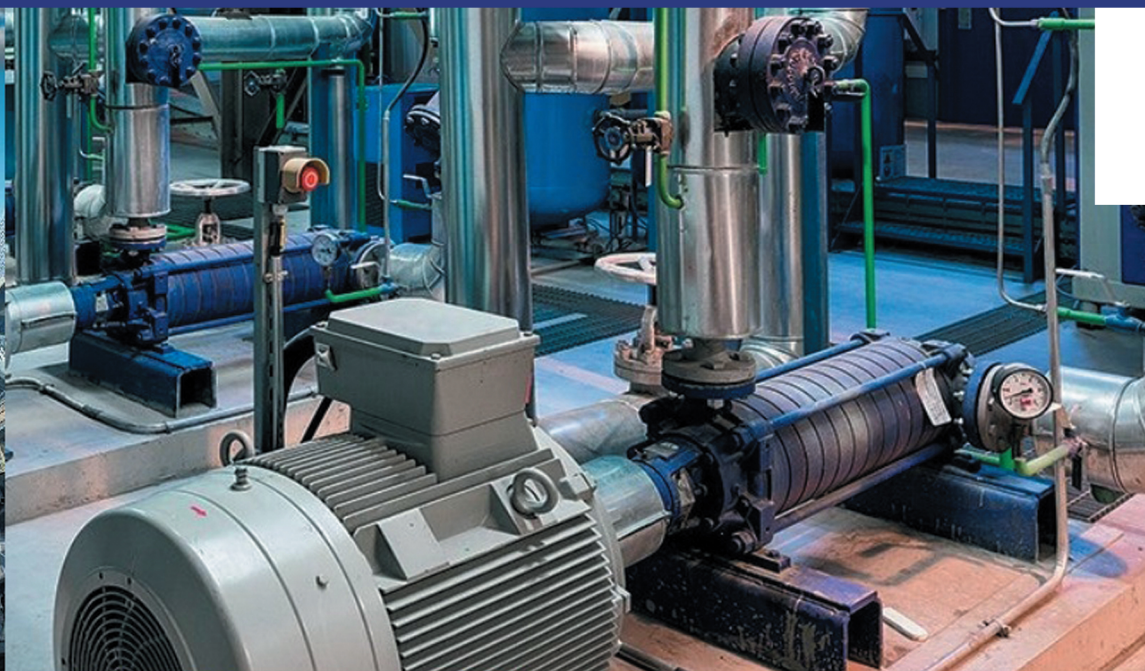
286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, ДонНАСА.

Электронная почта: mailbox@donnasa.ru; journals@donnasa.ru

При подаче материалов придерживайтесь «Требований для авторов» с целью обеспечения наиболее быстрой публикации ваших статей.

С уважением, редакционная коллегия





ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»



ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2



+38(0623) 22 -74 -71



mailbox@donnasa.org