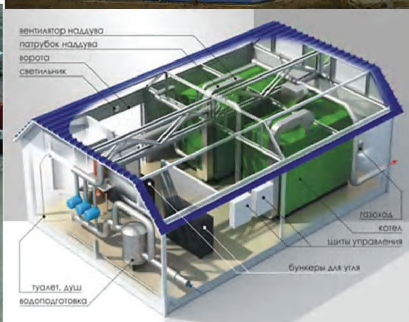
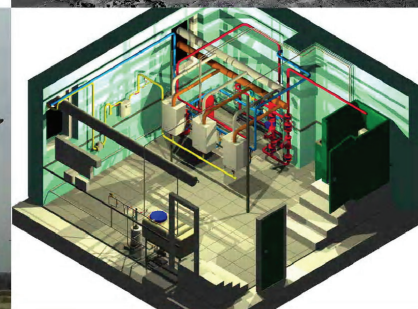
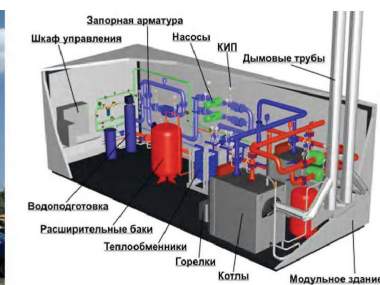


ВІСНИК

ДОНБАСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



Випуск 2016-5(121)

**ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ
ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года

Выходит 8 раз в год

Выпуск 2016-5(121)

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ
И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Макеевка 2016

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2016-5(121)

**ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ
ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Макіївка 2016

Основатель и издатель

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации

КВ № 9643 выдано 2 марта 2005 Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Печатается по решению ученого совета

Донбасской национальной академии строительства и архитектуры

Протокол № 2 від 28.10.2016

Редакционная коллегия:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор (главный редактор);

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор (ответственный редактор);

Лукьянов А. В., д. т. н., профессор (ответственный редактор выпуска);

Удовиченко З. В., к. т. н., доцент (ответственный секретарь выпуска);

Насонкина Н. Г., д. т. н., профессор;

Найманов А. Я., д. т. н., профессор;

Сердюк А. И., д. т. н., профессор;

Высоцкий С. П., д. т. н., профессор;

Куликов Н. И., д. т. н., профессор;

Олексюк А. А., д. т. н., профессор;

Андрийчук М. Д., д. т. н., профессор;

Нездойминов В. И., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано в печать 31.10.2016 Формат 60x84 1/8. Бумага многофункциональная офисная.

Печать ризографичная. Услов. печат. лист. 12,75 Тираж 300 экз. Заказ 070-16

Адрес редакции и издателя

86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Телефоны: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67

Тел/факс: (0623) 22-06-16, E-mail: vestnik@donnasa.ru,

http://donnasa.ru/ru/publishing_house/vestnik

Постановлением Президиума ВАК Украины от 06.11.2014 г. № 1279 журнал включен в перечень научных профессиональных изданий по техническим наукам и архитектуре

Напечатано в полиграфическом центре ДонНАСА

86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Засновник і видавець

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 9643

видано 02 березня 2005 року Державним комітетом телебачення і радіомовлення України

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Друкується за рішенням вченої ради
Донбаської національної академії будівництва і архітектури
Протокол № 2 від 28.10.2016

Редакційна колегія:

Горохов Є. В., д. т. н., професор (головний редактор);

Мущанов В. П., д. т. н., професор (відповідальний редактор);

Лук'янов О. В., д. т. н., професор (відповідальний редактор випуску);

Удовиченко З. В., к. т. н., доцент (відповідальний секретар випуску).

Насонкіна Н. Г., д. т. н., професор;

Найманов А. Я., д. т. н., професор;

Сердюк А. І., д. т. н., професор;

Висоцький С. П., д. т. н., професор;

Куліков М. І., д. т. н., професор;

Олексюк А. О., д. т. н., професор;

Андрійчук М. Д., д. т. н., професор;

Нездоймінов В. І., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова
Програмне забезпечення С. В. Гавенко
Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до друку 31.10.2016 Формат 60х84 1/8. Папір багатофункціональний офісний.
Друк різнографічний. Умов. друк. арк. 12,75 Тираж 300 прим. Заказ 070-16

Адреса редакції і видавця

86123, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури
Телефони: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67
Тел/факс: (0623) 22-06-16, E-mail: vestnik@donnasa.ru,
http://donnasa.ru/ru/publishing_house/vestnik

Постановою Президії ВАК України від 06.11.2014 р. № 1279 журнал внесено до переліку
наукових фахових видань із технічних наук та архітектури

Надруковано у поліграфічному центрі ДонНАБА
86123, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© Донбаська національна академія
будівництва і архітектури, 2016

УДК 628.16.0

А. С. ТРЯКИНА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЯДА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В работе предложена методика определения минимальной продолжительности ряда гидрохимических наблюдений, влияющих на подбор технологической схемы очистки. Построены графики, отображающие изменение 5 % квантилей распределения в зависимости от продолжительности ряда данных. Сделаны выводы о том, что минимальная продолжительность ряда данных должна составлять не менее семи лет для воды канала Северский Донец – Донбасс.

показатели качества воды, квантили, ряд данных, технологическая схема очистки

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Определяющее влияние на состав очистных сооружений водопровода оказывает расчетный состав воды в источнике водоснабжения. Показатели качества воды в поверхностных источниках обычно испытывают значительные колебания как по сезонам года, так и по годам наблюдений. Нормативные документы [1, 2] требуют назначать состав очистных станций водопровода по максимальным величинам показателей за все годы наблюдений, но не менее трех лет. В данной работе рассматривается вопрос об определении и обосновании минимальной продолжительности ряда гидрохимических наблюдений, то есть за какой промежуток времени необходимо брать данные по качеству воды при разработке технологической схемы очистки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В практике проектирования и эксплуатации водопроводных очистных сооружений инженерные методы и технологии использования гидрохимической информации недостаточно разработаны и не дают четких рекомендаций обработки, анализа и расчетов исходных данных по водоисточникам. А. О. Родина в своей работе [3] предлагала для определения минимальной продолжительности ряда данных по показателям качества воды использовать значения среднеквадратичных отклонений рассматриваемых выборок данных. По моему мнению, выбор данного статистического параметра не является верным, так как он не может отобразить динамику изменения показателей качества воды во времени.

Целью предложенной работы является определение и обоснование минимальной продолжительности ряда гидрохимических показателей при выборе технологической схемы очистки на основании многолетних наблюдений.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для того чтобы определить расчетные значения показателей качества воды, в первую очередь необходимо знать минимальную продолжительность периода, за который необходимо брать данные по качеству воды. В реальных условиях не всегда в распоряжении проектировщиков имеется необходимое количество данных, поэтому появляется необходимость определения минимальной продолжительности ряда наблюдений, которая сможет отобразить истинное колебание показателей качества воды во времени. Для этого в работе предлагается рассмотреть изменение величин квантилей

распределения с вероятностью 0,95 (5 % квантилей) [4] в зависимости от продолжительности рядов наблюдений.

На основании проведенного ранее исследования гидрохимических показателей качества воды канала Северский Донец – Донбасс [5, 6, 7], были рассчитаны 5 % квантили рядов наблюдений по следующим показателям: цветность, мутность, жесткость, перманганатная окисляемость, ОМЧ, коли-индекс. Значения 5 % квантилей были рассчитаны вначале для ряда наблюдений продолжительностью в один год, затем для ряда наблюдений продолжительностью в два года и так далее до продолжительности ряда данных в одиннадцать лет (таблица).

Таблица – Значения квантилей распределения с вероятностью 0,95

Продолжительность, лет	5 % квантили по показателям качества					
	цветность, град	мутность, мг/дм ³	жесткость, моль/м ³	перманганатная окисляемость, мг/дм ³	ОМЧ, к-во бактерий / см ³	коли-индекс
1	16	3	7,3	6,2	52	110
2	19,4	13,86	7,88	7	980	840
3	20,8	13,26	7,8	7,22	1 068	1 280
4	27,2	13,14	8,04	7,46	1 100	1 360
5	25	13,02	8,176	7,36	1 052	2 360
6	22	12,9	8,2	7,3	980	2 300
7	21,4	12,54	8,228	7,3	980	2 240
8	21	12,78	8,2	7,38	974	2 200
9	21	12,42	8,2	7,32	956	2 200
10	21	11,98	8,2	7,3	946	2 040
11	21	11,5	8,2	7,3	980	2 200

Далее на основании полученных данных были построены графики (рисунки 1–6), отображающие изменение 5 % квантилей распределения в зависимости от продолжительности ряда данных.

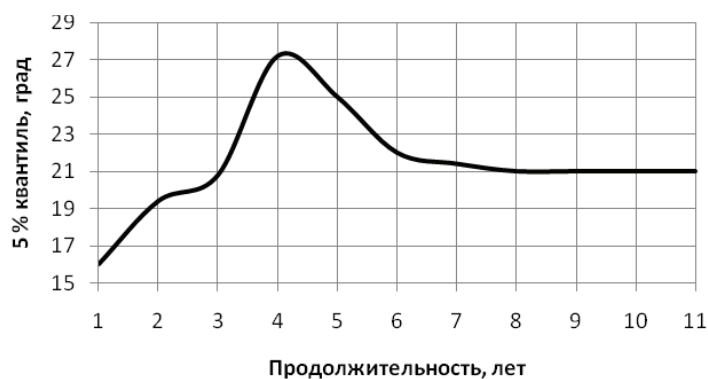


Рисунок 1 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю цветность.

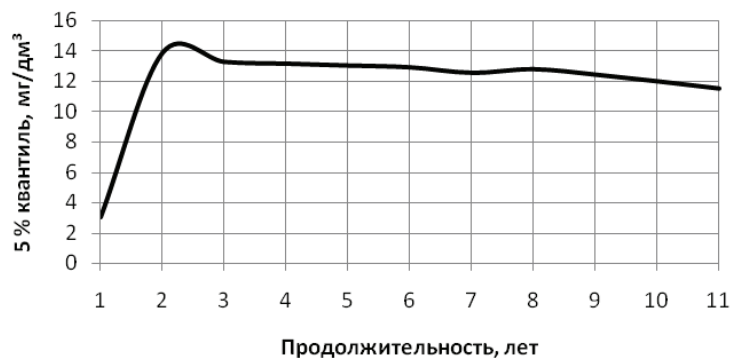


Рисунок 2 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю мутность.

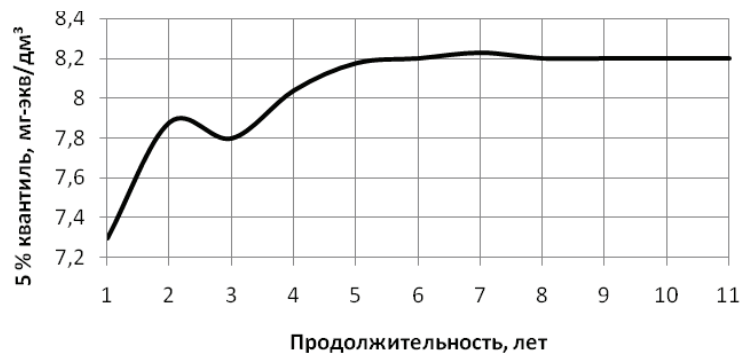


Рисунок 3 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю жесткость.

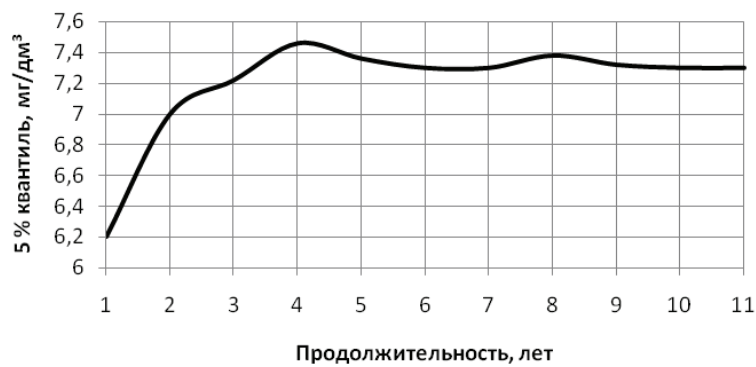


Рисунок 4 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю перманганатная окисляемость.

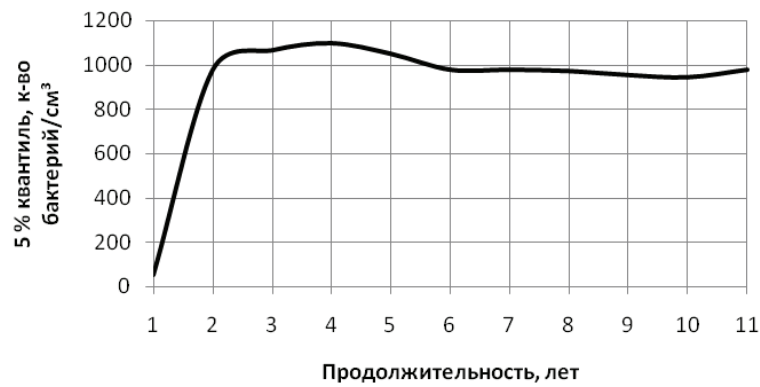


Рисунок 5 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю ОМЧ.

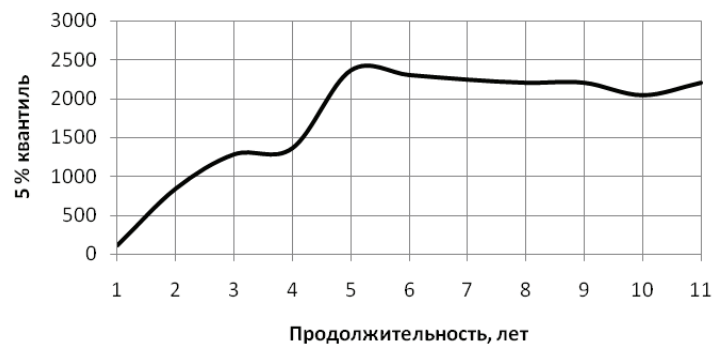


Рисунок 6 – Изменение 5 % квантилей серии наблюдений по показателю коли-индекс.

Из всех приведенных графиков можно увидеть, что величины 5 % квантилей всех рассмотренных показателей в значительной мере стабилизируются при продолжительности ряда в семь лет. При дальнейшем увеличении продолжительности ряда данных более семи лет происходит незначительное колебание величин 5 % квантилей:

- по показателю цветность интервал изменения данной величины составляет 0,21 град.;
- по показателю мутность – 0,31 мг/дм³;
- по показателю жесткость – 0,02 мг-экв/дм³;
- по показателю перманганатная окисляемость – 0,05 мг/дм³;
- по показателю коли-индекс – 103.

Таким образом, минимальная продолжительность ряда наблюдений по качеству воды канала Северский Донец – Донбасс для определения расчетных значений при выборе технологии очистки воды составляет семь лет. Ряды наблюдений продолжительностью менее семи лет будут лишены достаточного обоснования и не позволят определить достоверные расчетные значения показателей качества воды.

ВЫВОДЫ

На основании изучения изменения величин квантилей распределения с вероятностью 0,95 в зависимости от продолжительности рядов наблюдений для всех рассматриваемых показателей были определены минимальные продолжительности периодов, за которые необходимо брать данные по качеству воды. В результате рассматриваемые показатели в значительной мере стабилизируются при продолжительности ряда в семь лет. Ряды данных продолжительностью менее семи лет будут не достаточно информативны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.02-84*. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – Взамен СНиП II-31-74, СНиП I-Г.2-62, СН 243-63, СН 325-65, СН 353-66, СНиП II-Г.3-62 ; введ. 1985-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 176 с.
2. ДБН В.2.5-74:2013. Державні будівельні норми. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди [Текст]. – Уведено вперше ; чинні від 2014-01-01. – К. : Міністерство України, 2013. – 172 с.
3. Родина, А. О. Обоснование показателей качества поверхностных вод при выборе водоочистных технологий с применением теории риска [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04 / Родина Алла Олеговна. – Вологда, 2005. – 153 с.
4. Дунин-Барковский, И. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике [Текст] / И. В. Дунин-Барковский, Н. В. Смирнов. – М. : Гос. изд-во технико-теоретической лит-ры, 1955. – 557 с.
5. Трякина, А. С. Изучение показателей качества воды канала Северский Донец – Донбасс [Текст] / А. С. Трякина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. – Вип. 2013-5(103) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 3–8. – ISSN 1814-3296.
6. Сатин, И. В. Исследование гидрохимического режима канала Северский Донец – Донбасс [Текст] / И. В. Сатин, А. С. Трякина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2014. – Вип. 2014-5(109) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 5–11. – ISSN 1814-3296.
7. Найманов, А. Я. Обоснование расчетного состава воды при выборе технологической схемы очистки на основании многолетних наблюдений [Текст] / А. Я. Найманов, А. С. Трякина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2015. – Вип. 2015-5(115) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 59–67. – ISSN 1814-3296.

Получено 01.09.2016

А. С. ТРЯКИНА

ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ РЯДУ ГІДРОХІМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

В роботі запропонована методика визначення мінімальної тривалості ряду гіdroхімічних спостережень, що впливають на підбір технологічної схеми очищення. Побудовано графіки, що відображають зміну 5 % квантилів розподілу залежно від тривалості ряду даних. Зроблено висновки про те, що мінімальна тривалість ряду даних повинна становити не менше семи років для води каналу Сіверський Донець – Донбас.

показники якості води, квантілі, ряд даних, технологічна схема очищення

ALYENA TRYAKINA

DETERMINATION OF MINIMUM DURATION OF THE SERIES OF THE
HYDRO CHEMICAL OBSERVATIONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper proposed a method for determining the minimum duration of a series of the hydro chemical observations affecting the selection of technological scheme of purification. It has been developed the graphics that reflect the change of the 5 % quintiles of the distribution of depending on the duration of the data series. It has been concluded that the minimum duration of a number of data should be at least seven years for water of channel of Severski Donets – Donbas.

indicators of water quality, quintiles, a series of data, technological scheme of purification

Трякіна Альона Сергіївна – магістр, асистент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очистка природних вод.

Трякина Алена Сергеевна – магистр, ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка природных вод.

Tryakina Alyena – Master, Assistant, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: purification of natural water.

УДК 628.17

М. Ю. ГУТАРОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ НОРМИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРODOB

В статье приведен сравнительный анализ изменения водопотребления населением, проживающим в зданиях разного вида благоустройства с разными действующими нормами водопотребления при некруглосуточной подаче воды. Выявлено общее снижение водопотребления населением городов.

методика определения норм водопотребления, нормы водопотребления, потери воды, действующая норма водопотребления, реальное водопотребление населением, удельное водопотребление, объем реализованной воды

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В связи с постоянным ростом тарифов особое значение приобретают вопросы рационального потребления воды населением, проживающим в благоустроенном жилом секторе. Для органов городского самоуправления важной проблемой становится разработка нормативов удельного водопотребления, обоснование процента неучтенных расходов систем водоснабжения и водоотведения. Одним из рациональных путей снижения затрат и стабилизации тарифов является строгий учет водопотребления населением.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования в этой области проводят как сами предприятия водоснабжения, так и ученые многих городов СНГ (В. Н. Исаев, С. С. Душкин, Л. А. Шопенский, М. Г. Мхитарян и другие). Результатом этой работы стало выявление влияния факторов, влияющих на формирование водопотребления в жилых домах: степени благоустройства жилища, индивидуальных особенностей человека, традиций и культуры водопользования, а также значительных потерь воды, обусловленных причинами технического и социального свойства.

Целью работы является выявление фактических норм водопотребления населением. Для достижения поставленных в данной работе задач была осуществлена статистическая обработка данных водоканалов, натурные и анкетные обследования, экспертные оценки и собственные исследования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Обработка данных осуществлялась с помощью программного пакета для анализа экспериментальных данных и статического моделирования в среде Windows STATISTICA v 6.0.

В период с 2006 по 2013 гг. в городах Макеевка и Луганск было проведено исследование водопотребления населения, проживающего в зданиях пяти видов благоустройства, общих для рассматриваемых городов с почасовой и постоянной подачей воды. Сравнение утвержденных норм водопотребления городов с нормативами [1, 2, 3] и реальным водопотреблением населения приведены в таблице.

Следует отметить, что при формировании нормы водопотребления на 1 человека за сутки (в литрах) в городах с почасовой подачей воды учитывались следующие составляющие:

Таблица – Сравнительный анализ водопотребления в городах с почасовой и постоянной подачей воды

№ п/п	Вид благоустройства	Норма по [1]	Норма по [2]	Норма по [3]	Утвержденная норма		Реальное водопотребление	
					Почасовая подача	Постоянная подача	Почасовая подача	Постоянная подача
1	Жилые дома с водопроводом и канализацией без ванн	95	110	110	150	95	105,68	97,78
2	То же, с быстросействующими газовыми и электроводонагревателями и многоточечным водоразбором	210	135	135	320	210	275,4	211,13
3	То же, с ваннами длин. от 1 500 до 1 700 мм, оборудов. душами	300	285	285	305	195	242,9	194,61
4	То же, при высоте зданий более 12 эт. с централ. гор. водоснаб. и повышенных требов. к их благоустройству	400	–	–	400	295	228,24	289,31
5	Дома с бойлерами	300	235	235	320	300	242,87	180,45
Среднее значение реального водопотребления							219,02	194,66

– расходы воды, полученные согласно [4] после статистической обработки данных измерительных приборов;

– потери воды из внутридомовой сети (л/сут.чел.): среднемировой уровень внутридомовых потерь воды в многоквартирных домах составляет около 15 % от количества поданной воды в дом согласно [5].

– норматив неучтенных расходов из внутридомовых систем согласно [6] по формуле:

$$Q_{н.о} = W_1 + W_2, \text{ тыс. м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

Недоучет воды квартирными средствами учета, м³/год, определяли по формуле:

$$W_1 = 365 \cdot 22 \cdot N_{\text{кв}} \cdot q_i \cdot p, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2)$$

где 22 – количество часов, в течение которых потребители не пользуются водой при условии, что все водоразборные устройства закрыты;

$N_{\text{кв}}$ – количество квартирных средств учета воды ЖЭП, шт.;

q_i – минимальные расходы воды, которые считаются квартирным средством учета воды i -того типа по паспортным данным (0,02 м³/час);

p – нормативная часть водоразборной арматуры, которая имеет утечки, меньшие за q_i (рекомендуется принимать не больше 0,2).

Коммерческие расходы воды, м³/год, определяют по формуле:

$$W_2 = 0,1 \cdot Q_{\text{кв}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{кв}}$ – количество воды, которая реализована по показаниям квартирных водосчетчиков, м³/год.

Нормы водопотребления на 1 человека за сутки (в литрах) в городах с постоянной подачей воды формировались с учетом расходов воды, полученных согласно [4] после статистической обработки данных измерительных приборов.

В рассматриваемый период наблюдается общее снижение объема реализованной воды населению независимо от режима подачи воды (рисунок 1).

При этом наблюдается и снижение удельного водопотребления в городах с почасовой и постоянной подачей воды (рисунок 2). Как результат изменение удельного водопотребления с 250 до 220 л/сут.чел. и с 207 до 201 л/сут.чел. соответственно.

А вот общие потери воды предприятиями водоснабжения имеют иную тенденцию изменения – наблюдается их рост в городе с почасовой подачей и снижение при постоянной подаче воды (рисунок 3).

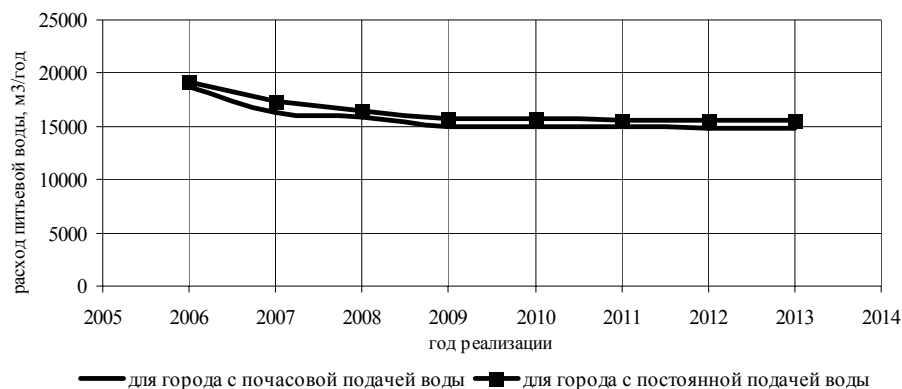


Рисунок 1 – Снижение объема реализованной воды населению в период с 2006 по 2013 гг.

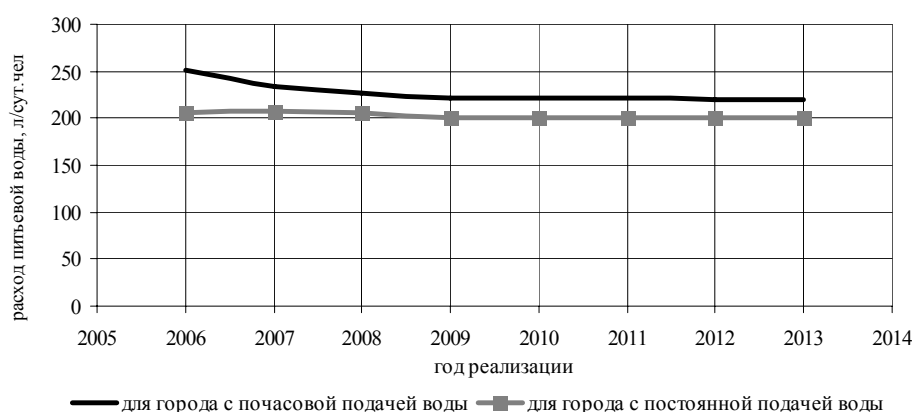


Рисунок 2 – Среднее удельное водопотребление населением в период с 2006 по 2013 гг.

Видимо, это связано с износом труб по мере увеличения срока эксплуатации. При почасовом графике часть воды теряется из-за сброса запаса воды.

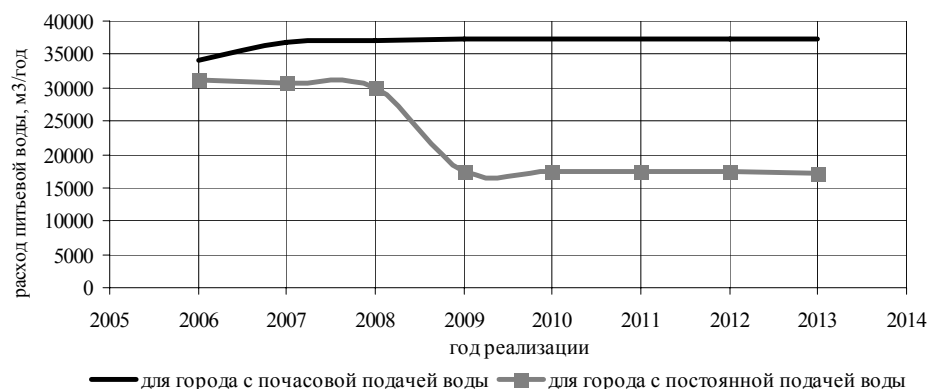


Рисунок 3 – Общие потери воды предприятиями водоснабжения в период с 2006 по 2013 гг.

Исходя из данных статистической обработки, с 2006 по 2013 гг. наблюдается снижение объема реализованной воды населению независимо от режима подачи воды в 1,2 раза. При этом прослеживается и снижение удельного водопотребления для городов с почасовой и постоянной подачей воды: в среднем 235 л/сут.чел. при постоянной подаче и 204 л/сут.чел. при почасовой. Для предприятий

водоснабжения наблюдается рост общих потерь воды в городе с почасовой подачей в 1,09 раза и снижение потерь воды при постоянной подаче воды в 1,8 раза.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали следующее:

- а) наблюдается общее снижение водопотребления городов;
- б) для городов с постоянной и почасовой подачей воды отмечается некоторое снижение удельного водопотребления;
- в) необходимо внедрение мероприятий по регулированию давления в сети, своевременному ремонту и замене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.01-85. Строительные нормы и правила. Внутренний водопровод и канализация зданий [Текст]. – Взамен СНиП II-30-76 и СНиП II-34-76 ; введ. 1986-07-01. – М. : Стройиздат, 1985. – 57 с.
2. СП 30.13330.2012. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 65 с.
3. ДБН В.2.5-64:2012. Державні будівельні норми. Внутрішній водопровід та каналізація [Текст]. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – Уведено вперше ; чинні з 2013-03-01. – К. : Міністерство України, 2013. – 105 с.
4. Про затвердження Методики визначення нормативів питного водопостачання населення [Текст] : Наказ Державного комітету України з питань житлово-комунального господарства від 27 вересня 2005 р. № 148 // Офіційний вісник України. – 2005. – № 42. – С. 327–336.
5. Кто оплатит «потерянную» воду? [Электронный ресурс] / Ирина Голидра // Вести Донбасса. – №49(90), 2009. – С. 10. – Режим доступа: <http://www.voda.dn.ua/files/pressa/solomka.pdf>.
6. Про затвердження Методики розроблення технологічних нормативів використання питної води житлово-експлуатаційними підприємствами і організаціями [Текст] : Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 14 травня 2008 р. № 126 // Офіційний вісник України. – 2008. – № 41. – С. 221–233.

Получено 02.09.2016

М. Ю. ГУТАРОВА

АНАЛІЗ НОРМУВАННЯ ВОДОСПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕННЯ МІСТ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено порівняльний аналіз зміни водоспоживання населенням, що проживає в будинках різного виду благоустрою з різними діючими нормами водоспоживання при нецілодобовій подачі води. Виявлено загальне зниження водоспоживання населенням міст.

методика визначення норм водоспоживання, норми водоспоживання, витрати води, діюча норма водоспоживання, реальне водоспоживання населенням, питоме водоспоживання, обсяг реалізованої води

MARINA GUTAROVA

ANALYSIS OF RATIONING OF WATER CONSUMPTION BY THE URBAN POPULATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper presents a comparative analysis of change of water consumption of the population, living in buildings of different types of improvement with different existing norms of water consumption taking into account water delivery not during the whole day. The general decrease in water consumption by the population of cities has been revealed.

a technique of determining water consumption norms, water consumption rate, water consumption rate of effective standard, real water consumption by the population, specific water consumption, volume of the realized water

Гутарова Марина Юріївна – магістр, асистент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: удосконалення нормування водоспоживанням населення міст.

Гутарова Марина Юрьевна – магистр, ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: усовершенствование нормирования водопотребления населением городов.

Gutarova Marina – Master, Assistant, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of rationing of water consumption by the urban population.

УДК 628.356

В. И. НЕЗДОЙМИНОВ, Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АЭРОТЕНК-ОТСТОЙНИК С ОБНОВЛЯЮЩИМСЯ ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ

В настоящей статье рассматривается усовершенствованная конструкция аэротенка-отстойника с обновляющимся взвешенным слоем ила для очистки городских сточных вод. Аэротенк-отстойник с затопленной эрлифтной системой аэрации поддерживает повышенные концентрации активного ила в биореакторе с минимальными размерами встроенного отстойника, что обеспечивает снижение энергозатрат и повышение эффективности биологической очистки. Эрлифтная система аэрации создает нисходящий поток, который обуславливает в отстойной части обновление взвешенного слоя осадка.

аэротенк-отстойник, эрлифт, аэрация, взвешенный слой, активный ил, затопленная струя

АНАЛИЗ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Эффективная работа сооружений биологической очистки во многом зависит от тесного взаимодействия аэротенка с вторичным отстойником, откуда активный ил, выпавший при отстаивании, постоянно возвращается в биореактор. За счет рециркуляции возвратного ила регулируется концентрация активного ила в самом аэротенке. Для получения высокой окислительной мощности аэробного сооружения необходимо поддерживать высокую концентрацию ила, а следовательно, увеличивать степень рециркуляции. При гравитационном разделении с учетом конструктивных особенностей отстойников концентрацию возвратного ила не удастся поднять свыше 5 г/дм^3 . Таким образом, разработка технических решений, направленных на увеличение эффективности разделения иловых смесей, актуальна и направлена на совершенствование сооружений биологической очистки.

На канализационных очистных станциях малой и средней производительности из экономических и эксплуатационных соображений предпочтение отдается аэротенкам-отстойникам. Разделение иловой смеси в аэротенках-отстойниках часто происходит в условиях взвешенного слоя. По сравнению с гравитационным осаждением разделение иловой смеси во взвешенном слое позволяет существенно сократить габариты отстойного сооружения и увеличить концентрацию ила в аэробном реакторе. Преимущества аэротенков с повышенными концентрациями активного ила неоспоримы, поскольку его биоценоз становится более устойчивым к высоким нагрузкам и к пагубному воздействию многих синтетических ингредиентов, обладает низким иловым индексом, осуществляет более глубокую биохимическую очистку сточной жидкости [1].

Поскольку аэротенки-отстойники в настоящее время все чаще внедряются на канализационных очистных станциях, их совершенствование является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ

Усовершенствование конструкции аэротенка-отстойника с использованием обновляющегося взвешенного слоя ила, направленным на повышение эффективности разделения иловых смесей.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Особенность работы взвешенного слоя аэротенка-отстойника заключается в том, что длительное нахождение в нем активного ила может приводить к всплыванию и выносу ила из отстойника в результате накопления газообразных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов [2]. В существующих аэротенках-отстойниках [3, 4] со взвешенным слоем осадка периодический возврат ила из зоны

осветления в зону аэрации требует устройства отдельных насосов и контроля за состоянием взвешенного слоя. Для решения поставленной цели конструкция аэротенка-отстойника была видоизменена (рисунок) [5].



Рисунок – Схема аэротенка-отстойника с обновляющимся взвешенным слоем: 1 – стенка затопленного эрлифта; 2 – вертикальная перегородка между зонами аэрации и отстаивания; 3 – наклонный козырек.

Аэрация иловой смеси в разработанной модели осуществляется за счет затопленной эрлифтной системы аэрации [6]. За счет эжектирования воздуха в эрлифте образуется восходящий газожидкостный поток, а за пределами эрлифта (в условной зоне поглощения кислорода) возникают интенсивные нисходящие потоки. Перегородка, разделяющая зоны поглощения и отстаивания, снабжена наклонным козырьком. Наклонное положение козырька приводит к постепенному сужению поперечного сечения нисходящего потока и возрастанию его скорости. Нисходящий поток, вытекающий через зазор между козырьком и стенкой затопленного эрлифта, можно рассматривать как пристенную плоскую затопленную струю. Постепенно расширяясь и рассеиваясь, затопленная струя за счет сил трения увлекает вниз поток жидкости, создавая вращательное движение ниже козырька – «водоворотную область» [7]. Осовая скорость u_0 плоской струи остается равной скорости на выходе из щели на расстоянии равном [8]:

$$S_0 = \frac{0,515 \cdot \delta_0}{a}, \quad (1)$$

где a – коэффициент структуры струи;

δ_0 – величина зазора между наклонным козырьком и стенкой затопленного эрлифта, м.

Окружные скорости водоворотной зоны в несколько раз меньше осевой скорости u_0 пристенной затопленной струи (эпюра на рисунке) [7]. В восходящий поток водоворотной области дополнительно вовлекается поток, определяющий гидравлическую нагрузку на отстойник. В этой зоне происходит процесс разделения иловой смеси во взвешенном слое осадка. При этом между нисходящей плоской струей и водоворотной зоной, из-за наличия поперечных пульсационных скоростей в пограничном слое струи, происходит перемешивание [8]. В результате этого обеспечивается постоянное обновление взвешенного слоя ила: ил из зоны осветления возвращается в эрлифт, соответственно заменяясь на активный ил из аэрируемой зоны. За счет постоянного обновления взвешенного слоя в нем не происходит увеличение концентрации ила и накопление газообразных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. В результате этого пористость и гидравлическое сопротивление остаются неизменными. Это позволяет поддерживать постоянно высокую гидравлическую нагрузку на осветлитель и таким образом повысить эффективность илоразделения.

При помощи модели аэротенка-отстойника с обновляющимся взвешенным слоем (рис.) был проведен ряд экспериментальных исследований, направленных на определение параметров сооружения, влияющих на эффективность его работы. Гидравлическая нагрузка на отстойник $q_{гидр}^{max}$ в данном сооружении напрямую связана с вращательным движением взвешенного слоя под козырьком. На

форму водоворотной зоны и интенсивность циркуляции в ней иловой смеси влияют, главным образом, скорость нисходящей затопленной струи и геометрические параметры козырька.

$$q_{\text{зидр}}^{\text{max}} = f(u_0, \delta_0, l, \beta), \quad (2)$$

где u_0 – осевая скорость на начальном участке затопленной струи, м/с;

l – длина наклонного козырька, м;

β – угол наклона козырька относительно вертикальной плоскости.

Большие скорости циркуляции жидкости в водоворотной области, с одной стороны, позволяют интенсифицировать возврат из него частиц ила в аэрируемую зону, а с другой стороны – способны привести к размыву взвешенного слоя и выносу ила с очищенной жидкостью. Экспериментально определены оптимальные скорости нисходящей струи, отклонение от которых приводит к ухудшению качества очищенной жидкости и устойчивости взвешенного слоя ила.

По результатам эксперимента установлено, что при $\beta = 35 \div 50^\circ$ достигается максимальная гидравлическая нагрузка на зеркало отстойника. Концентрация активного ила в аэротенке варьировалась в пределах $6,0 \div 9,0$ г/дм³, иловый индекс $I = 40 \div 85$ мл/г, а осевые скорости на начальном участке струи $u_0 = 0,05 \div 0,11$ м/с. Гидравлическую нагрузку на аэротенк-отстойник, работающий в режиме осветлителя со взвешенным осадком, рекомендуется определять в зависимости от критериального параметра $a_1 \cdot I$ [9]. На модели аэротенка-отстойника с обновляющимся взвешенным слоем осадка были получены гидравлические нагрузки в зависимости от $a_1 \cdot I$. В таблице представлены рекомендуемые и определенные экспериментально значения гидравлических нагрузок в зависимости от седиментационных свойств активного ила.

Таблица – Гидравлическая нагрузка на илоотделитель со взвешенным слоем в зависимости от критериального параметра $a_1 \cdot I$.

Концентрация активного ила, г/л	Критериальный параметр $a_1 \cdot I$	Гидравлическая нагрузка, м ³ /(м ² ·ч)	
		по ДБН В.2.5-75:2013	в исследуемой модели
7,6	0,34	1,44	3,5
9,0	0,44	1,04	3,0
7,35	0,60	0,7	2,8

Гидравлическая нагрузка для аэротенка-отстойника с обновляющимся взвешенным слоем в 2–4 раза превосходит рекомендуемую для аэротенков-отстойников с илоразделением во взвешенном слое.

ВЫВОД

Разработанная усовершенствованная конструкция аэротенка-отстойника с использованием обновляющегося взвешенного слоя ила позволит повысить эффективность разделения иловых смесей:

- гидравлическая нагрузка на илоотделитель повышена в 2–4 раза по сравнению с рекомендуемыми нормативными значениями;
- возврат ила из взвешенного слоя аэротенка-отстойника в аэрируемую зону осуществляется без дополнительного насосного оборудования;
- полученный динамический взвешенный слой позволяет поддерживать высокую концентрацию ила в аэротенке-отстойнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитина, О. Г. Современная концепция биологической очистки сточных вод: новый взгляд [Текст] / О. Г. Никитина // Вода: химия и экология. – 2009. – № 11. – С. 9–20.
2. Research of processes of a deep aerobic mineralization of activated sludge [Текст] / V. Nezdoimov, V. Ziatina, V. Rozhkov, D. Nemova // Procedia Engineering. – 2015. – V. 117. – P. 1027–1032.
3. Канализация [Текст] : Учебник для вузов / С. В. Яковлев, А. Я. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1975. – 632 с.
4. Степанюк, І. В. Аерація та циркуляція активного мулу в аеротенку-відстійнику [Текст] / І. В. Степанюк, І. М. Таварклядзе // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. – 2011. – № 16. – С. 71–79.
5. Заворотный, Д. В. Обеспечение циркуляции иловой смеси в аэротенках-отстойниках со взвешенным слоем [Текст] / Д. В. Заворотный, А. В. Жибоедов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Выпуск 2016-3(119) : Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 186–189.

6. Нездойминов, В. И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93. – С. 353–358.
7. Михалев, М. А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом [Текст] / А. М. Михалев. – Л. : Энергия, 1971. – 184 с.
8. Богомолов, А. И. Гидравлика [Текст] / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1972. – 648 с.
9. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні системи та споруди. Основні положення проектування [Текст] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – [На замін СНИП 2.04.03-85 ; чинні від 2014-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 210 с.

Получено 03.09.2016

В. І. НЕЗДОЙМІНОВ, Д. В. ЗАВОРОТНИЙ
АЕРОТЕНК-ВІДСТІЙНИК З ВІДНОВЛЕННЯМ ЗАВИСЛОГО ШАРУ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У даній статті розглядається удосконалена конструкція аеротенка-відстійника з відновленням завислого шару мулу для очистки міських стічних вод. Аеротенк-відстійник з затопленою ерліфтною системою аерації підтримує підвищені концентрації активного мулу в біореакторі з мінімальними розмірами вбудованого відстійника, що забезпечує зниження енерговитрат та збільшення ефективності біологічної очистки. Ерліфтна система аерації створює низхідний потік, який обумовлює у відстійній частині відновлення завислого шару мулу.

аеротенк-відстійник, ерліфт, аерація, завислий шар, активний мул, затоплений струмінь

VIKTOR NEZDOYMINOV, DMITRY ZAVOROTNYI
AERATOR-CLARIFIER UNIT WITH THE RENEWED BALANCED LAYER
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the advanced design of an aerator-clarifier unit with renewed balanced layer of sludge for civil sewage treatments is considered. Aerator-clarifier unit with the flooded air-lift system of aeration maintains the increased concentration of activated sludge in the bioreactor and minimizing sizes of the inbuilt settler that provides decrease in energy consumption and increase in effectiveness of biological treatment. The air-lift system of aeration creates a down flow which causes renewal of a balanced layer of sludge in a settling zone.

aerator-clarifier unit, airlift, aeration, balanced layer, activated sludge, submerged jet

Нездойминов Віктор Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: біологічна очистка стічних вод.

Заворотний Дмитро Вікторович – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: водовідведення, механіка рідини та газу.

Нездойминов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: биологическая очистка сточных вод.

Заворотный Дмитрий Викторович – аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: водоотведение, механика жидкости и газа.

Nezdoyminov Viktor – D.Sc. (Eng.), Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: biological treatment of wastewater.

Zavorotnyi Dmitry – post-graduate student, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: sewerage, mechanics of fluids.

УДК 628.1-192; 62-192

А. Я. НАЙМАНОВ, Ю. В. ГОСТЕВА, Г. С. ТУРЧИНА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Приведено обоснование возможных нормативов надежности систем водоснабжения и водоотведения: коэффициентов готовности и вероятностей безотказного действия, а также допускаемого времени неготовности и количества перерывов в подаче воды.

водоснабжение, водоотведение, надежность, отказы, нормативы надежности

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Водопровод и канализация относятся к восстанавливаемым системам. Нормируемыми для них являются любые два из трех параметров надежности: коэффициент готовности K_g , наработка на отказ T_o и среднее время восстановления (пребывания в состоянии отказа) T_v . Вспомогательным параметром является вероятность безотказной работы системы P . В действующих нормативных документах на проектирование [1] и [2] вышеуказанные параметры надежности отсутствуют.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Следует отметить, что в [1] п. 7.4 нормирована продолжительность полного прекращения подачи воды или сокращенной подачи воды. Эти величины могут считаться аналогами качества функционирования систем водоснабжения (табл. 1).

Таблица 1 – Требования к качеству функционирования систем водоснабжения по [1]

Наименование показателей	Величины показателей для категорий систем водоснабжения		
	I	II	III
Численность населения, соответствующая категории, чел	Более 50 тыс.	5–50 тыс.	До 5 тыс.
Допустимая продолжительность полного прекращения подачи воды или снижения подачи более чем на 30 %, $T_{пер}$	До 10 мин	До 6 ч	До 24 ч
Допустимая продолжительность сокращенной не более чем на 30 % подачи воды, $T_{сокp}$	До 3 сут	До 10 сут	До 15 сут

На наш взгляд, более реалистичным было бы отнесение к населенным пунктам с водопроводами категории крупных городов с численностью жителей более 250 тыс. чел, II категории – средних городов с численностью населения 50–250 тыс. чел, а III – малых с численностью жителей до 50 тыс. чел. Это соответствовало бы градации населенных пунктов в градостроительстве.

Отклонение показателей качества воды от требований действующих нормативов качества питьевой воды не допускается.

В [2] отсутствуют какие-либо нормативы надежности или качества функционирования.

Требования к качеству предоставления коммунальных услуг приведены также в других документах:

– в Российской Федерации (далее – РФ) – «Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов»; утверждены постановлением Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354 [3];

– в Украине – «Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення»; утверждены постановлением Кабинета Министров Украины от 21 июля 2005 г. № 630 [4].

В соответствии с этими правилами за один месяц допускается не более двух перерывов в подаче холодной воды. Длительность каждого перерыва: в РФ – не более 4 часов, в Украине – не более 6 часов. Для водоотведения в РФ нормативы не предусмотрены, в Украине допускается не более одного перерыва в месяц длительностью от 6 до 24 часов.

Очевидно, что требования [1], приведенные в таблице 1, и требования [3] по качеству функционирования систем водоснабжения не соответствуют друг другу. При назначении нормативов надежности необходимо каким-то образом устранить это несоответствие на базе того, что постановления правительства имеют приоритет над документами, утвержденными министерствами и ведомствами.

Целью работы является обоснование возможных нормативов надежности на основе действующих нормативных документов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Требования [1] и [3] могут быть использованы в качестве основы для нормирования надежности систем водоснабжения. В частности, нормативную величину коэффициента готовности системы водоснабжения можно вычислить с помощью формулы (1) из [5]:

$$K_z^{норм} = R_{сист} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{расч}} \quad (1)$$

Расчетные расходы воды $Q_{расч}$, а следовательно, и недоподачу воды ΔQ согласно п. 5.1, 5.2 [1] следует определять за год. Таким образом, требования таблицы 1 можно считать относящимися к одному году эксплуатации системы водоснабжения. Недоподача ΔQ возникает из-за перерывов в подаче воды $T_{пер}$ и сокращения подачи воды в течение времени $T_{сокр}$. Величину расчетного расхода $Q_{расч}$, м³/год, и недоподачу воды ΔQ , м³/год можно выразить через часовой расход воды $Q_{час}$:

$$Q_{расч} = Q_{час} \cdot 8\,760, \quad (2)$$

$$\Delta Q = Q_{час} \cdot T_{пер} + Q_{час} \cdot 0,3 \cdot T_{сокр}, \quad (3)$$

где 8 760 – число часов в 1 году;

0,3 – коэффициент, учитывающий сокращение расчетной подачи воды на 30 %;

$T_{пер}$ и $T_{сокр}$ – продолжительность перерывов в подаче воды и сокращения расчетной подачи не более чем на 30 %.

Окончательно получаем выражение (4):

$$K_z^{норм} = 1 - \frac{Q_{час} \cdot T_{пер} + Q_{час} \cdot 0,3 \cdot T_{сокр}}{Q_{час} \cdot 8\,760} = 1 - \frac{T_{пер} + 0,3 \cdot T_{сокр}}{8\,760}. \quad (4)$$

В выражении (4) сумма $(T_{пер} + 0,3 \cdot T_{сокр})$ представляет собой аналог суммарного за 1 год времени неготовности (восстановления) системы $T_{г}$. В течение этого времени система водоснабжения не подает расчетный расход воды; она может находиться в состоянии или полного, или параметрического отказа. Количество отказов в формуле (4) не участвует.

Требования же [3] рассматривают в качестве объекта услуг отдельного абонента. Поскольку абонент привязан к участку сети водопровода или канализации, то эти требования можно считать относящимися к участку сети, но и вся система также должна отвечать им. В качестве расчетного периода времени здесь принят 1 месяц эксплуатации водопровода или канализации (720 часов). Коэффициент готовности участка водопровода за период времени 720 часов может быть вычислен по формулам:

– для условий РФ

$$K_{z(мес)}^{вод} = \frac{720 - 8}{720} = 0,988889 \approx 0,989;$$

– для условий Украины

$$K_{z(\text{мес})}^{\text{вод}} = \frac{720-12}{720} = 0,983333 \approx 0,983,$$

где 8 и 12 – число часов неготовности (отказа за 1 месяц).

Вероятность безотказной работы водопровода определяем в зависимости от количества перерывов за 1 месяц (30 суток) (для условий РФ и Украины):

$$P_{\text{мес}}^{\text{вод}} = \frac{30-2}{30} = 0,93333 \approx 0,933,$$

где 2 – число перерывов в подаче воды за 1 месяц (30 суток), т. е. число дней, в которые отсутствует подача воды.

Аналогично для канализации (только для условий Украины):

$$K_{z(\text{мес})}^{\text{кан}} = \frac{720-18}{720} = 0,975;$$

$$P_{\text{мес}}^{\text{кан}} = \frac{30-1}{30} = 0,966667 \approx 0,967,$$

где 18 – число часов перерыва в водоотведении;

1 – количество дней, в которые отсутствует водоотведение (количество перерывов в водоотведении).

Отметим, что вычисленные выше нормативы действуют в системах водоснабжения и водоотведения любой категории.

Совместное рассмотрение параметров надежности, полученных в результате вышеприведенных расчетов, позволяет сделать некоторые дополнительные оценки. В частности, найти допускаемое за один год количество отказов системы водоснабжения. Для этого надо суммарное время пребывания водопровода в состоянии неготовности $T_{\text{г}}$ разделить на допускаемую длительность перерыва в подаче воды (4 часа – в РФ и 6 часов – в Украине). В результате совмещения требований [1] и [3, 4] удастся рассчитать нормативы надежности систем водоснабжения, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные нормативы надежности систем водоснабжения

Категория систем водоснабжения	Страна	Нормативы надежности в расчете на 1 год, полученные исходя из требований [1]		Нормативы надежности на 1 месяц (720 часов), полученные исходя из требований [3, 4]				Возможное количество перерывов в подаче воды за 1 год эксплуатации, $n_{\text{г}} = T_{\text{г}} / t$	Нормативы надежности систем водоснабжения на 1 год эксплуатации, полученные совмещением требований [1] и [3, 4]			
		K_z по формуле (4)	Суммарное время неготовности за 1 год, $T_{\text{г}}^{\text{вод}} = (T_{\text{пер}} + 0,3 T_{\text{сопр}})$, ч	Допускаемая длительность перерыва в подаче воды, t , ч	Допускаемое количество перерывов, n_t	$K_{z(\text{мес})} = (720 - t) / 720$	$P_{\text{мес}} = (30 - n) / 30$		Допустимое количество перерывов в подаче воды, n	$P^{\text{норм}} = (365 - n) / 365$	Допустимое число часов неготовности, $T_{\text{г}} = n \cdot t$, ч	$K_z^{\text{норм}} = (8\ 760 - T_{\text{г}}) / 8\ 760$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	Украина РФ	0,997515	21,77	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	5,44 3,63	5 4	0,986 0,989	20 24	0,998 0,997
II	Украина РФ	0,991096	78,0	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	19,5 13,0	19 12	0,948 0,964	76 72	0,991 0,992
III	Украина РФ	0,984932	132,0	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	33,0 22,0	24 24	0,940 0,940	96 144	0,989 0,984

В столбце 10 допускаемое количество перерывов за 1 год для условий Российской Федерации в водопроводах III категории принято не 33, а 24, поскольку [3] допускают не более двух перерывов в месяц.

Приведенные в таблице 2 нормативы надежности представляются достаточно обоснованными и приближенными к реальности. Они отвечают в значительной мере как требованиям [1], так и [3, 4]. В частности, для систем любой категории за 1 месяц эксплуатации допускается не более двух отказов в водоснабжении, но за 1 год в водопроводе I категории таких отказов может быть в РФ не более 5, а в Украине – не более 4, II категории, соответственно, – не более 19 и 12 и III категории – не более 24. В то же время суммарная допустимая длительность перерывов в подаче воды – не более указанного в столбце 12 времени.

Для канализации подобные расчеты невозможны из-за отсутствия в [2] требований по качеству функционирования. Остаются нормативы на 1 месяц, и то – для условий Украины. Однако водопровод и канализация являются достаточно жестко сцепленными системами. Отказ водопровода вызывает зависимый отказ канализации, а отказ канализации вынуждает отключать водоснабжение. Поэтому допустимые к принятию нормативы надежности водопровода могут быть распространены и на канализацию, разделив ее также на категории I, II и III. На наш взгляд, нормативам в таблице 2 должны соответствовать отдельные элементы систем водоснабжения и водоотведения – насосные станции, очистные сооружения и т. д.

В. Г. Новохатний [6] предлагает выделить еще одну категорию потребителей, которые не допускают перерывов в подаче воды – больницы, учебные заведения, детсады, котельные, предприятия с повышенной опасностью производства. На наш взгляд их следовало бы назвать сверхкатегорийными потребителями. Они должны иметь локальные установки для повышения надежности своего водоснабжения, например резервуары с запасом воды и насосной станцией, скважины, баки и т. д.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные значения показателей надежности для систем водоснабжения всех трех категорий рекомендуются для использования их в качестве нормативов надежности для объектов водоснабжения и канализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 124 с.
2. СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 87 с.
3. О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354, г. Москва // Официальный интернет-портал правовой информации: Государственная система правовой информации. – Режим доступа : <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102147807>.
4. Про затвердження Правил надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення та типового договору про надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення [Электронный ресурс] : Постанова КМУ від 21 липня 2005 р. № 630, м. Київ : [із змінами] // Верховна Рада України : офіційний веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/630-2005-п>.
5. Ионин, А. А. Надежность систем тепловых сетей [Текст] / А. А. Ионин. – М. : Стройиздат, 1989. – 268 с. : ил. – (Надежность и качество). – ISBN 5-274-00518-7.
6. Новохатний, В. Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. Г. Новохатний. – Київ : Кивськ. нац. ун-т будівн. і арх., 2012. – 305 с.

Получено 04.09.2016

А. Я. НАЙМАНОВ, Ю. В. ГОСТЕВА, Г. С. ТУРЧИНА
РОЗРАХУНОК НОРМАТИВІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ
ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Донбаськая національна академія будівництва і архітектури

Наведено обґрунтування можливих нормативів надійності систем водопостачання та водовідведення: коефіцієнтів готовності та вірогідності безвідмовної дії, а також допустимого часу неготовності та кількості перерв у подачі води.

водопостачання, водовідведення, надійність, відмови, нормативи надійності

AUBEKIR NAIMANOV, YULIYA GOSTEVA, GALINA TURCHINA
CALCULATION OF REGULATIONS OF RELIABILITY OF WATER SUPPLY
SYSTEM AND SEWERAGE SYSTEM

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Grounds of possible standards of reliability of water supply systems and sewerage systems of the coefficients of availability and probability of failure-free operation and the permissible time of unavailability and the number of interruptions in the water delivery have been given.

water supply system, sewerage system, reliability, failure, regulations of reliability

Найманов Аубекір Ягопирович – доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: водопостачання, очищення води, методи підвищення надійності мереж водопостачання та каналізації.

Гостева Юлія Володимирівна – магістр; асистент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: водопостачання, методи підвищення надійності насосних станцій і мереж водопостачання.

Турчина Галина Сергіївна – магістр; викладач-стажист кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: надійність систем, методи підвищення надійності мереж водопостачання.

Найманов Аубекір Ягопирович – доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: водоснабжение, очистка воды, методы повышения надежности сетей водоснабжения и канализации.

Гостева Юлия Владимировна – магистр, ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: водоснабжение, методы повышения надежности насосных станций и сетей водоснабжения.

Турчина Галина Сергеевна – магистр, преподаватель-стажер кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: надежность сетей, методы повышения надежности сетей водоснабжения.

Naimanov Aubekir – D.Sc. (Eng.), Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water supply, water purification, methods of increasing reliability of water supply and sewer nets.

Gosteva Yuliya – Master, Assistant, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water supply, methods of increasing reliability of pump station and water supply nets.

Turchina Galina – Master, graduate Associate, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability of systems and methods of increasing reliability of water supply nets.

УДК 628.197.3

О. И. БАЛИНЧЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

БОРЬБА С КОРРОЗИЕЙ ТРУБ С ПОМОЩЬЮ ИНГИБИТОРА КАЛГОН

В статье рассмотрены методы борьбы с внутренней коррозией в стальных трубопроводах, предлагаемые для внедрения на водоводах Макеевской фильтровальной станции. Сделан анализ существующих методов борьбы с коррозионными разрушениями, с помощью которых возможно сохранить внутреннюю поверхность трубопроводов, разработаны критерии эффективности оценки противокоррозионных процессов, технология использования и установка реагентного хозяйства для ингибитора коррозии калгон.

ингибитор коррозии калгон, вращающийся цилиндрический электрод, определитель коррозионной активности

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Главной причиной неудовлетворительного состояния трубопроводных систем подачи воды на сегодняшний день является внутренняя коррозия труб. Водопроводы, выполненные из стальных труб, повреждаются вследствие электрохимической коррозии, развивающейся при контакте стали с водой. Существующие на сегодня самые прогрессивные антикоррозионные технологии предполагают укладку новых некорродирующих, а именно – пластиковых труб. Либо рекомендуются пленочные покрытия старых стальных трубопроводов, требующих сложных технологий предварительной очистки и самого нанесения – тоже. Кроме этого, на рынке водоподготовки появилось большое количество новых защитных средств и реагентов, способных значительно уменьшить эту коррозию без особых капитальных затрат на новизну и реконструкцию. Анализ таких веществ – ингибиторов (замедлителей) коррозии и предложение одного из них – решение указанной проблемы для Макеевской фильтровальной станции (МФС).

Целью исследований является разработка метода снижения агрессивности питьевой воды по отношению к стальным водоводам МФС.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ (ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ)

Задачи исследований сводились к решению следующих вопросов:

- исследованию зависимости агрессивности питьевой воды МФС от ее физико-химических свойств;
- определению зависимости доз ингибиторов коррозии, разрешённых в питьевом водоснабжении, от состава воды и расчётных формул для определения защитных доз ингибиторов коррозии МФС;
- выбору наиболее эффективного ингибитора коррозии, допустимого в питьевом водоснабжении;
- разработке технологии использования ингибиторов коррозии в питьевом водоснабжении г. Макеевка.

Исследования по определению коррозионности воды МФС и подбору эффективного ингибитора были выполнены с привлечением результатов, полученных на лабораторных установках «Вращающийся цилиндрический электрод», «Определитель коррозионной активности "ОКА-1"» – Б. Ф. Рейзина, А. Я. Найманова, О. И. Балинченко [1–3]. Исследования выполнены в лабораторных условиях. Лабораторная установка, наиболее часто использованная в опытах, представлена на рис. 1.

Вышеуказанная установка позволяет определить реальную коррозионность воды путем анализа количества продуктов коррозии, образующихся при контакте цилиндрического образца, изготовленного из стали, идентичной стали трубы при его вращении в стаканчике с исследуемой водой. Опыт

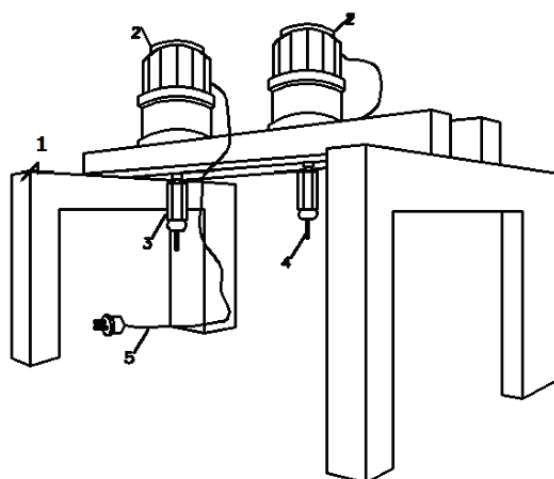


Рисунок 1 – Определитель коррозионной активности «ОКА-1»: 1 – станина; 2 – электродвигатель переменного тока; 3 – цилиндрические образцы; 5 – шнур электропитания.

длится в течение трех часов. Авторы установки гарантируют полное гидравлическое и электрохимическое моделирование процессов. При этом вода считается:

- коррозионной – при потере железа $> 0,25 \text{ мг/см}^2$,
- среднекоррозионной – при $0,25\text{--}0,15 \text{ мг/см}^2$;
- низкоррозионной – при $< 0,15 \text{ мг/см}^2$.

В последнем случае считают, что трубопровод выдерживает нормативный срок службы без использования специальных защитных средств внутренней поверхности. Состав очищенной воды от МФС приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели качества воды МФС, определяющие коррозионность стали труб

Место отбора проб		Показатели																			
		привкус, запах воды при 20 °С	балл	рН	цветность	мутность	железо общее	хлориды	сульфаты	сухой остаток	жесткость общая	мг-экв/куб. дм	мг/куб. дм		алюминий	цинк	медь	марганец	фосфаты	кол-во бактерий в 1 см ³ воды при 37 °С	бактериологический показатель
													остаточный хлор	мг/куб. дм							
МакРПУ	1-2	7,9	6	0,6	0,05	76	2 243	7 722	7	1	0,53	0,05	0,03	0,001	0,01	1,15	3				
за 2012 год																					
МакРПУ	1-2	7,9	10	0,6	0,05	77	2 231	708	7	1	0,31	0,04	0,03	0,001	0,01	1,06	3				

Задачи лабораторных исследований решались следующие:

- определить действительную коррозионность воды МФС;
- подобрать эффективный ингибитор коррозии, если это нужно.

Водоводы МФС, в основном отслужили положенный срок амортизации (20–40 лет) и находятся в состоянии повышенной аварийной опасности. Анализ состояния водоводов системы водоснабжения г. Макеевка дал следующие неутешительные результаты, обобщенные в табл. 2 [3]. Пора менять стальные водоводы практически все и сразу. Тогда как техническая и экономическая возможность замены – вряд ли более нескольких км в год, продолжая при этом «латать» остальные.

Изучив литературные источники, было решено применить ИНГИБИТОР КАЛГОН, новую модификацию триполифосфата натрия, прекрасно зарекомендовавшую себя при защите стиральных машин, то есть в условиях работы более сложных, чем в трубопроводах холодной воды. Согласно СанПиН России и Украины, допустимая доза этого реагента – 3,5 мг/л по PO_4^{3-} – как и прежнего триполифосфата натрия. Производитель калгона – Харьковское ООО «Плазма».

Таблица 2 – Сведения по стальным водоводам МФС

Срок эксплуатации участка, годы	Длина участка, км	Средний диаметр участка, мм
Водоводы к НС-2-го подъема (вода нетоварная)		
Более 30	12, 5 км	1 290
Внутриплощадочные трубопроводы		
Более 30 лет	3,2	790
Водоводы от НС-2 и НС-3 – к потребителю (товарная вода)		
Более 30 лет	34,3	640

В водной среде полифосфаты подвергаются гидролизу и при разрушении длинных цепей образуются маленькие кольца триметафосфата. Однако скорость гидролиза очень мала: при $pH = 7$ и $t = 20^\circ C$ для гидролиза на 5 % требуется около года, а при $90^\circ C$ за 6 часов может гидролизироваться до 40 %. Механизм защиты окончательно не изучен, предполагается образование защитной пленки за счет образования сложных комплексных соединений железа-фосфора-кальция в тончайшем аморфном слое. Интересно, что калгон не способствует биообрастаниям, в отличие от простых фосфатов, попадающих в сточную воду.

Результаты коррозионных исследований даны в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты исследования ингибитора калгона

Доза калгона по PO_4^{3-} , мг/л	Доза калгона по техническому продукту, мг/л	Коррозионная активность воды, мг/см ²	Степень коррозионной агрессивности среды
0	0	0,25	средняя
3,5	5,12	0,104	низкая
5	7,35	0,052	низкая

Коррозионность воды, обработанной на МФС, согласно классификации (1) – «средняя», что подтверждается солидным сроком службы стальных водоводов. Количественно снижение коррозионности – около 50 % в среднем.

Предельно допустимая концентрация калгона обеспечивает «низкую» коррозионность воды по отношению к стальным водоводам, что позволит продлить их службу, отсрочить замену либо реконструкцию.

Предлагается дозирование раствора калгона в резервуар чистой воды МФС, как показано на рис. 2.

Дозирование калгона рекомендуется проводить постоянно. Относительно возможности снижения начальных доз фосфатных ингибиторов (следовательно и калгона) втрое приводятся сведения у И. Н. Рождова и А. Я. Найманова, где речь идёт о производственных экспериментах на водоводе «р. Дон – г. Шахты» [2]. То же мнение у Б. Ф. Рейзина [1], где речь идет о московской воде.

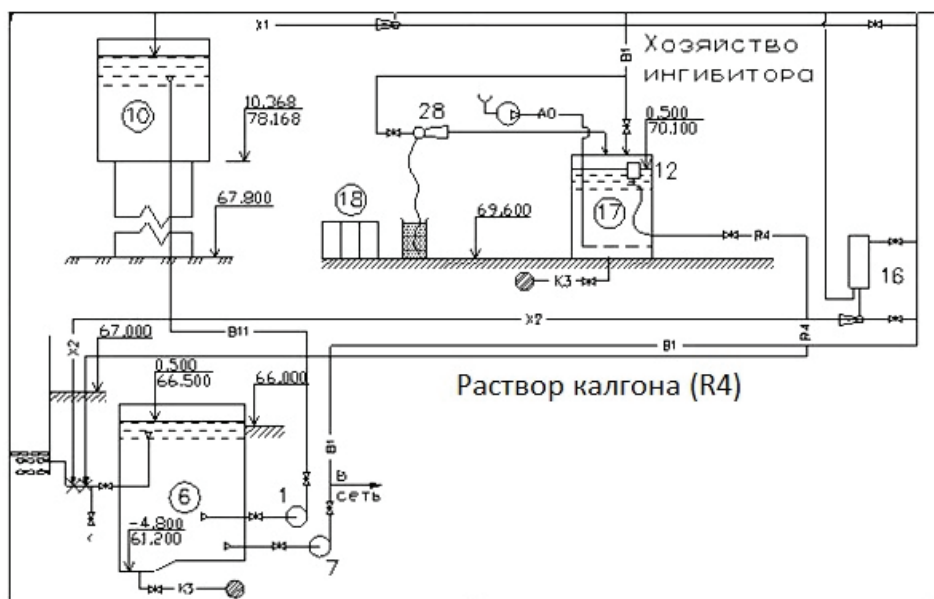


Рисунок 2 – Дозирование раствора калгона (обозначения из общей схемы МФС): 6 – РЧВ, 10 – установка УРП-2, 16 – хлоратор ЛОРНИИ СТО, 17 – расходный бак ингибитора, 18 – мешки с сухим ингибитором, 28 – эжектор-дозатор концентрированного раствора ингибитора.

ВЫВОДЫ

1. Стальные водоводы Макеевской фильтровальной станции в значительной мере изношены, нуждаются в антикоррозионной защите внутренней поверхности.
2. Превентивным методом защиты перед заменой или реконструкцией может стать добавка в воду допустимых доз ингибитора калгона – разновидности гексаметафосфата натрия, хорошо зарекомендовавшего себя в системах стиральных машин.
3. Для воды МФС достаточным является защитная доза калгона 3,5 мг/л по фосфат-иону, обеспечивая попадание в классификацию «некоррозионной», что соответствует снижению коррозии примерно вдвое.
4. Рекомендуется вводить калгон перед РЧВ с постепенным снижением дозы, контролируя коррозионность воды на «ОКА-1» или контрольных образцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рейзин, Б. Л. Коррозия и защита коммунальных водопроводов [Текст] / Б. Л. Рейзин, И. В. Стрижевский, Ф. А. Шевелев. – М. : Стройиздат, 1979. – 398 с.
2. Найманов, А. Я. Защита от коррозии систем коммунального хозяйства [Текст] / А. Я. Найманов, Н. И. Зотов, В. М. Маслак. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 80 с.
3. Балинченко, О. И. Современное состояние водных ресурсов Макеевки [Текст] / О. И. Балинченко, В. И. Нездойминов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2013. – Вып. 2013-5(103) : Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 41–46.
4. Ковалева, Е. А. Анализ и пути решения проблемы совершенствования систем хозяйственно-питьевого водоснабжения Украины [Текст] / Е. А. Ковалева, М. В. Солодовник, В. А. Ткачев // Сб. докладов Международного конгресса «ЭТЭВК-2005». – Крым. Ялта, 2005. – С. 196–199.
5. Ситническая, Э. А. Опыт санации водоводов большого сечения [Текст] / Э. А. Ситническая // Сб. докладов Международного конгресса «ЭТЭВК-2003». – Крым. Ялта, 2003. – С. 11–13.
6. Мальцева, Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии [Текст] : учебное пособие / Под ред. д. т. н., проф. С. Н. Виноградова. – Пенза: изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. – 55 с.

Получено 07.09.2016

О. Й. БАЛІНЧЕНКО

БОРОТЬБА З КОРОЗІЄЮ ТРУБ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНГІБІТОРА КАЛГОН

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуто методи боротьби з внутрішньою корозією в сталевих трубопроводах, що запропоновані для упровадження на водоводах Макіївської фільтрувальної станції. Проведено аналіз існуючих методів боротьби з корозійними руйнуваннями, за допомогою яких можливо зберегти внутрішню поверхню трубопроводів, розроблено критерії ефективності оцінки протикорозійних процесів, технологію використання і установку реагентного господарства для інгібітора корозії калгон.

інгібітор корозії калгон, циліндровий електрод, що обертається, визначник корозійної активності

OKSANA BALYNCHENKO

CORROSION CONTROL PIPES BY INHIBITOR CALGON

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the article the methods to combat internal corrosion in steel pipelines, proposed for implementation at the water filtration plant of Makeyevka were considered. It has been made the analysis of existing methods of dealing with corrosion damage, with which it is possible to maintain the inner surface of pipelines, we developed criteria to assess the processes against corrosion developed by the technology use and installation economy of reagents for corrosion inhibitor calgon.

inhibitor of corrosion of calgon, revolved cylindrical electrode, determinant of corrosive activity

Балінченко Оксана Йосипівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: корозія і захист водопроводів, захист трубопроводів від накипу, електрохімічні методи очищення води.

Балинченко Оксана Иосифовна – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: коррозия и защита водопроводов, защита трубопроводов от накипи, электрохимические методы очистки воды.

Balynchenko Oksana – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: corrosion and water supply system protection, scaling screen of pipelines, electrochemical methods of water treatment and purification.

УДК 628.1

А. В. ЧУМАК^а, Н. Г. НАСОНКИНА^б, С. Е. АНТОНЕНКО^б, Э. И. ЖУКОВ^с

^а ООО «Вулвер», ^б Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ^с КП «Вода Донбасса»

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Для скорейшего решения наиболее острых вопросов обеспечения населения питьевой водой гарантированного качества и с необходимым давлением, снижения себестоимости продукции необходимо выполнять оптимизацию работы энергопотребляющего оборудования. На примере насосной станции рассмотрена схема реконструкции и оптимизации ее работы. Представлены результаты натурных исследований.

водоснабжение, давление, насосная станция, гидроаккумуляторы, резервуары, потери

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Водоснабжение является одной из крупнейших отраслей жилищно-коммунального хозяйства, на долю которого выпадает четверть всех основных фондов. И от того, как будут решаться экономические и социальные задачи в этой отрасли, во многом зависит успех решения экономических задач страны.

Современная инженерная инфраструктура городов и промышленных объектов представляет собой сложный взаимосвязанный комплекс объектов, объединяющихся в систему. Выход из строя хотя бы одного объекта влечет за собой сбой в работе всей системы. Поэтому обеспечение бесперебойной работы систем коммунального хозяйства путем повышения надежности работы каждого элемента является основной задачей при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы по изучению насосных станций выполнялись под руководством таких ученых, как В. Я. Карелина, А. В. Минаева, И. В. Лобачева [1–2]. В работах А. Д. Тевяшева, А. Б. Лезнова, Р. В. Чупина, Е. С. Мелехова и других рассматриваются проблемы энергоснабжения за счет применения насосных агрегатов с регулируемым приводом [3–6]. Оперативное планирование работы насосных станций и пути оптимизации ее работы приведены в работах [7–10].

Следует отметить, что большинство насосных станций не оснащено регулирующими приводами и их управление осуществляется в ручном режиме. С целью оптимизации работы насосных станций и их адаптации к современным нормам водоснабжения предлагается система регулирования режима работы насосной станции с разнотипными насосами.

Цель статьи исследование оптимизации работы насосных станций с учетом повышения надежности систем водоснабжения и снижения энергозатрат.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЙ

Насосные станции являются важнейшим элементом системы водоснабжения городов. В условиях современных систем водоснабжения станции должны обеспечивать надежность, бесперебойность, высокую энергоэффективность, гибкость работы системы; простоту эксплуатации; минимум обслуживающего персонала. Достигнуть всех вышеперечисленных параметров возможно только с помощью применения высокотехнологического специализированного оборудования и применения новых современных методов расчета сооружений.

В качестве объекта исследований рассмотрена насосная станция г. Шорстка.

Водоснабжение города осуществляется от артезианских скважин. Средняя глубина скважин – 100–120 м.

С помощью насосных станций I и II подъемов вода подается потребителям. Необходимое давление в многоэтажной застройке обеспечивается с помощью повысительных насосных станций. Все повысительные насосные работают без емкостей запаса.

Водоснабжение города осуществляется в двух режимах: дневном и ночном. В ночном режиме (с 0 до 6 часов) насосные станции второго подъема не работают, Насосные станции первого подъема продолжают подачу воды в городскую сеть и на заполнение РЧВ. Давление в наружных сетях снижается до 1–2 атм.

Повысительная насосная станция, подлежащая модернизации, расположена в западной части города. Суточная подача воды насосной станцией составляет 2 763 м³/сут (таблица 1, 2). Насосы забирают воду из двух резервуаров емкостью по 1 500 м³ каждый. Вода в РЧВ поступает со скважин. Производительность скважинного насоса – 97 м³/час. Скважинный насос работает круглосуточно. Предусматривается увеличение подачи воды из скважин до 160 м³/час. Скважину планируется оснастить преобразователем частоты и перенаправить поток воды непосредственно в городскую сеть.

Таблица 1 – Характеристика насосного оборудования

Насос								Электродвигатель								Давление на мах при полностью открытой задвижке, м
№ насоса	Марка насоса	Расход, м³/час	Напор, м	об/мин.	Время работы	Время дросселирования	Раб/рез.	Тип	мощность кВт	Напряжение, кВ	Ток, А	об/мин	КПД, %	COS φ	Год выпуска	
1	ДЗ20-50	320	50	1 500	18	18	раб	МО250М4	75	0,38	170	1 500	91	0,91	2008	50
2	ДЗ20-50	320	50	1 500	0	0	рез.	МО250М4	75	0,38	170	1 500	91	0,91	1982	50
3	ДЗ15-71	315	71	3 000	0	0	рез.	4AMH250	90	0,38	170	3 000	93	0,89	1998	71

Таблица 2 – Общая характеристика работы насосной станции

Q м ³ /час	Часы работы	Давление, м	№ насоса	Кол-во раб. насосов	Часы работы	Q м ³ /час	Q м ³ /год Qм ³ /сут×365
0	0–6	0		0	0	0	0
230	6–9	45	№ 1	1	3	690	251 850
180	9–18	40	№ 1	1	9	1 620	591 300
223	18–22	45	№ 1	1	4	892	325 580
173	22–24	40	№ 1	1	2	346	126 290
					18 час/сут	3 548	1 295 020

В насосной станции три ввода электроснабжения от трех подстанций, что говорит о высокой степени ее надежности. Все это, включая наличие РЧВ (общей емкостью 3 000 м³) и двух скважин (общей производительностью 257 м³/час), позволяет говорить о данной насосной станции, как о стратегическом резерве, способном подать в городские сети до 6 168 м³/сут в случае аварии на других насосных станциях.

На насосной станции предлагается установить следующее оборудование: насосную станцию на базе трех консольных насосов NKP – G 80-200, пилотный насос NKV, расходомер с импульсным выходом «Взлет МР УРСВ 510Ц».

Насосная станция работает в двухступенчатом режиме:

I-я ступень: работает один насос; расход – 180 м³/час; напор – 40 м; время работы – 11 час/сут.

II-я ступень: работают два насоса; расход – 230 м³/час; напор – 45 м; время работы – 7 час/сут.

По предоставленным данным о колебании уровня воды в РЧВ (таблица 3), можно сделать вывод, что пиковый расход на сегодняшний день не превышает 210 м³/час. При переходе на круглосуточную подачу – 170 м³/час. Анализ работы насосов, оборудованных преобразователями частоты (ПЧ), показывает, что существенной экономии электроэнергии не происходит в виду того, что даже при минимальных расходах насосы должны поддерживать напор не менее 40–45 м вод. ст. Это приводит к тому, что частота вращения вала насоса не снижается ниже 85–90 %, (40–45 Гц), а основное время работы насоса приходится на 95–100 % (47–50 Гц) от максимальной частоты вращения. Тем не менее, согласно законам подобия насосов, снижение частоты вращения вала насоса на 5 % должно привести к снижению потребляемой мощности на 15,7 %.

Таблица 3 – Режим работы насосной станции

2 подъём воды насосной станцией					
01.06			03.06		
Время час	Уровень м	Расход куб.м	Время час	Уровень м	Расход куб.м
6	4,75	204	6	4,5	311
7	4,5	161,2	7	4	182,6
8	4,35	139,8	8	3,8	182,6
9	4,25	204	9	3,6	139,8
10	4	139,8	10	3,5	139,8
11	3,9	118,4	11	3,4	182,6
12	3,85	182,6	12	3,2	182,6
13	3,65	118,4	13	3	139,8
14	3,6	139,8	14	2,9	182,6
15	3,5	161,2	15	2,7	97
16	3,35	139,8	16	2,7	139,8
17	3,25	139,8	17	2,6	182,6
18	3,15	182,6	18	2,4	139,8
19	2,95	161,2	19	2,3	182,6
20	2,8	161,2	20	2,1	139,8
21	2,65	118,4	21	2	97
22	2,6	97	22	2	97
23	2,6	97	23	2	97
24	2,6	97	24	2	97
$\Sigma = 2\ 763,2 + \text{ночной разбор}$			$\Sigma = 2\ 913,0 + \text{ночной разбор}$		

Ставя перед собой задачу экономии электроэнергии в качестве приоритетной, предлагается установить пилотный насос производительностью 20 м³/час для обеспечения пиковых расходов.

Пиковый режим характеризуется расходом воды $Q_{\text{пик}}$, колеблющимся в пределах 0,9–1,0 $Q_{\text{пик}}$, в течение всей его продолжительности $T_{\text{пик}}$. При этом $T_{\text{пик}}$ не является непрерывным периодом и предстает в виде $T_{\text{пик}} = \Sigma t_{\text{пик}}$, где $t_{\text{пик}}$ – промежутки времени, на всем протяжении которых расход воды на объекте находился в пределах 0,9–1,0 $Q_{\text{пик}}$, м³/час. Продолжительность пикового режима $T_{\text{пик}}$ составляет 2 часа в сутки.

Интенсивный режим характеризуется расходом воды $Q_{\text{инт}}$, колеблющимся в пределах 0,7–0,9 $Q_{\text{пик}}$, в течение всей его продолжительности $T_{\text{инт}}$. При этом, $T_{\text{инт}}$ не является непрерывным периодом и предстает в виде $T_{\text{инт}} = \Sigma t_{\text{инт}}$, где $t_{\text{инт}}$ – промежутки времени, на всем протяжении которых расход воды на объекте находился в пределах 0,7–0,9 $Q_{\text{пик}}$, м³/час. Продолжительность интенсивного режима $T_{\text{инт}}$ составляет 4 часа в сутки.

Средний режим характеризуется расходом воды $Q_{\text{ср}}$, колеблющимся в пределах 0,35–0,70 $Q_{\text{пик}}$ в течение всей его продолжительности $T_{\text{ср}}$. При этом $T_{\text{ср}}$ не является непрерывным периодом и предстает в виде $T_{\text{ср}} = \Sigma t_{\text{ср}}$, где $t_{\text{ср}}$ – промежутки времени, на всем протяжении которых расход воды на объекте находился в пределах 0,35–0,70 $Q_{\text{пик}}$, м³/час. Продолжительность среднего режима $T_{\text{ср}}$ составляет 12 часов в сутки.

Минимальный режим характеризуется расходом воды $Q_{\text{мин}}$, колеблющимся в пределах 0,20–0,35 $Q_{\text{пик}}$, в течение всей его продолжительности ($T_{\text{мин}}$). Продолжительность минимального режима $T_{\text{мин}}$ составляет 6 часов в сутки.

Принимая во внимание все вышеизложенное, предлагается следующая конфигурация насосной станции (табл. 4).

Таблица 4 – Распределение расходов и напоров воды по часам суток на выходе из НСП

Период времени суток, час	00–01	01–02	02–03	03–04	04–05	05–06	06–07	07–08	08–09	09–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17	17–18	18–19	19–20	20–21	21–22	22–23	23–00
Напор, м. вод. ст.	26	21	21	21	21	16	50	48	50	50	50	49	49	49	49	49	49	48	49	50	49	50	52	54
Расход, м ³ /час	–5,2	–4,6	–4,7	–4,7	–4,5	–4,7	175,3	202,9	189,8	190,6	188,0	184,8	163,4	177,4	157,9	163,9	185,7	192,2	191,4	191,4	197,2	199,0	181,0	146,5
Итого	3 205,3 м³/сут																							

1. Группа малых насосов: два вертикальных многоступенчатых насоса, работающие по двухступенчатой схеме в переменном режиме в комплекте с пультом управления, датчиками давления, запорной арматурой и защитой по сухому ходу. Марка насоса: CR 64-2 производства GRUNDFOS, номинальной мощностью 11,0 кВт каждый. Каждый из насосов оснащается преобразователем частоты.

2. Группа основных насосов: два консольных насоса в комплекте с пультом управления, датчиками давления, запорной арматурой и защитой по сухому ходу. Марка насоса: НКР – G 80-200 номинальной мощностью 30,0 кВт каждый. Каждый из насосов оснащается преобразователем частоты.

3. Расходомер с импульсным выходом «Взлет МР УРСВ 510Ц». Режимная карта работы насосной станции в круглосуточном режиме представлена в таблице 5. Как видно из карты, расчетное время работы основного насоса составляет не более 6 часов в сутки.

Принимая во внимание то, что с переходом на круглосуточное водоснабжение суточный расход несколько увеличится, предлагается снижение напора в ночном режиме с 40 до 32–35 м. Эта мера позволит сократить расход воды, идущий в основном на утечки. Эта мера позволит не только сэкономить воду, но и снизить аварийность сети, так как ввиду малых расходов, давление в сети ночью максимально (табл. 6).

ВЫВОДЫ

Предложенный способ оптимизации параметров насосной станции позволяет повысить энергоэффективность функционирования и точность поддержания выходных технологических параметров насосной станции с двумя параллельно включенными разнотипными насосами. При этом происходит рекуперация энергии в сеть, что позволяет значительно улучшить экономические показатели использования насосной станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции [Текст] / В. Я. Карелин. – М. : Стройиздат, 1986. – 320 с.
2. Лобачев, И. В. Насосы и насосные станции [Текст] / И. В. Лобачев. – М. : Стройиздат, 1983. – 191 с.
3. Лезнов, Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудных установках [Текст] / Б. С. Лезнов. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 358 с.
4. Чунин, Р. В. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / Р. В. Чунин. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2011. – 323 с.
5. Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства [Текст] / А. Я. Найманов, Н. Г. Насонкина, В. Н. Маслак, Н. И. Зотов ; НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 152 с.
6. Евдокимов, А. Г. Потокораспределение в инженерных сетях [Текст] / А. Г. Евдокимов. – М. : Стройиздат, 1979. – 199с.
7. Reinbold, C. The Search for Energy Savings: Optimization of Existing & New Pumping Stations [Текст] / C. Reinbold // Florida Water Resources Journal. – 2011. – March. – P. 44–52.
8. Lipták, B. Pumping Station Optimization [Текст] / B. Lipták // Control Promoting Excellence in Process Automation, 2009. – № 2. – P. 12–19.
9. Pulido-Calvo, I. Selection and Operation of Pumping Stations of Water Distribution Systems [Текст] / I. Pulido-Calvo, J. C. Gutiérrez-Estrada // Environmental Research Journal, Nova Science Publishers. – 2011. – Vol. 5, Issue 3. – P. 1–20.
10. Ruuskanen, A. Optimization of Energy Consumption in Wastewater Pumping [Текст] : Master's thesis / A. Ruuskanen. – Helsinki : Lappeenranta University of Technology Department of Energy- and Environmental Technology, 2007. – 99 p.

Получено 08.09.2016

Таблица 5 – Режимная карта работы насосной станции

Режим	Малый насос № 1 CR 64-2	Малый насос № 1 CR 64-2	Основной насос № 1 NK-G80-200	Основной насос № 2 NK-G80-200 (резерв)	Расход, м³/час	Наиболее вероятный расход, м³/час	Напор, м вод.ст.	Продолжительность режима, час	Объем подаваемой воды, м³	Расход эл. энергии в режиме кВт/час
Минимальный (ночной)	✓	---	---	---	40-70	60	35	6	360	66
Средний (наиболее вероятный)	✓	✓	---	---	70-140	120	40	12	1 440	264
Интенсивный	---	---	✓	---	140-180	170	40	4	680	120
Пиковый	---	✓	✓	---	180-204	190	45	2	380	82
ИТОГО								24	2 560 3 228 _{макс}	532
Режим опрессовки системы	✓	✓	✓	---	266		45	1		
Аварийный	✓	✓	✓	✓	406		45			

Таблица 6 – Параметры работы насосной станции

Режим водоразбора	Максимальная вероятность к-ва открытых приборов		Расход, м³/час		Продолжи- тельность режима, час		Реализованный объем воды, м³		Продолжительность работы насосов, часов				Потребляемая мощность, кВт	
	средн	макс	средн	макс	средн	макс	средн	макс	насос № 1		насос № 2		средн	макс
									средн	макс	средн	макс		
простой	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
минимальный	1	2	0,54	1,08	8,0	4,5	4,31	4,86	8,0	4,5	—	—	2,8	2,3
	3	4	1,62	2,16	1,3	0,9	2,1	1,94	1,3	0,9	—	—	0,8	0,7
интенсивный	6	8	3,24	4,32	0,6	0,8	1,94	3,46	0,6	0,8	0,6	0,8	1,25	1,45
	12	16	6,48	8,64	0,1	0,2	0,65	1,74	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,6
Всего	—	—	—	—	24	24	9,0	12,0	10	6,4	0,7	1,0	5,15	5,05

А. В. ЧУМАК ^a, Н. Г. НАСОНКИНА ^b, С. Є. АНТОНЕНКО ^b, Е. І. ЖУКОВ ^c
ДЕЯКІ АСПЕКТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

^a ТОВ «Вулвер», ^b Донбаська національна академія будівництва і архітектури, ^c КП «Вода Донбасу»

Для швидкого вирішення найбільш гострих питань забезпечення населення питною водою гарантованої якості і з необхідним тиском, зниження собівартості продукції необхідно виконувати оптимізацію роботи енергоспоживаючого устаткування. На прикладі насосної станції розглянута схема реконструкції й оптимізації її роботи. Представлені результати натурних досліджень.

водопостачання, тиск, насосна станція, гідроаккумулятори, резервуари, втрати

ANDREY CHUMAK ^a, NADIYA NASONKINA ^b, SVETLANA ANTONENKO ^b,
EDUARD ZHUKOV ^c
CERTAIN ASPECTS OF THE PUMPING STATIONS RECONSTRUCTION
RESTORATION

^a LLC «Vulver», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

^c ME «Company "Donbas Water"»

For the decision of questions of providing of population by the drinking-water of sure quality and with a necessity pressure, declines of unit cost it is needed to execute optimization of work of equipment of consumption energy. By the example of pumping station regenerative circuit and optimization of his work have been considered. The results of exemplary researches have been presented.

water supply, pressure, pump station, hydraulic accumulators, reservoirs, loss

Чумак Андрій Вікторович – магістр, головний технолог ТОВ «Вулвер». Наукові інтереси: очищення природних і стічних вод, зворотний осмос.

Насонкіна Надія Геннадіївна – д. т. н., професор кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: системи водопостачання і водовідведення, екологічна безпека систем водопостачання.

Антоненко Світлана Євгенівна – к. т. н., доцент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: електрохімічне зм'якшення води, нові матеріали і устаткування при проектуванні систем опалення.

Жуков Едуард Іванович – керівник лабораторії налагодження водопровідних споруд і мереж КП «Компанія "Вода Донбасу"», Центральна контрольно-дослідна та проектно-вишукувальна водна лабораторія Наукові інтереси: очищення природних вод, фізико-хімічне очищення води.

Чумак Андрей Викторович – магистр, главный технолог ООО «Вулвер». Научные интересы: очистка природных и сточных вод, обратный осмос.

Насонкина Надежда Геннадьевна – д. т. н., профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: системы водоснабжения и водоотведения, экологическая безопасность систем водоснабжения.

Антоненко Светлана Евгеньевна – к. т. н., доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, новые материалы и оборудование при проектировании систем отопления.

Жуков Эдуард Иванович – начальник лаборатории наладки водопроводных сооружений и сетей КП «Компания "Вода Донбасса"», Центральная контрольно-исследовательская и проектно-изыскательская водная лаборатория. Научные интересы: очистка природных вод, физико-химическая очистка воды.

Chumak Andrey – Master, main technologist LLC «Vulver». Scientific interests: natural and wastewaters treatment, reverse osmose.

Nasonkina Nadiya – D.Sc. (Eng.), Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water and wastewater treatment, ecological safety of the water systems.

Antonenko Svetlana – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: electrochemical softening waters, new materials and the equipment at designing of systems of heating.

Zhukov Eduard – Head of the laboratory of commissioning of water supply facilities and networks ME «Company "Donbas Water"», the Central control and research and development water laboratory. Scientific interests: natural waters treatment, physical and chemical water treatment.

УДК 628.16.087:620.19+628.162.4

С. Е. АНТОНЕНКО, А. Я. НАЙМАНОВ, А. А. САМОЙЛЕНКО, Л. В. КОРСУН, П. Г. БЕРЕЗА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВОЗМОЖНОСТЬ ВНУТРИКОТЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ В ПАРОВЫХ КОТЛАХ

Рассмотрена возможность внутрикотлового электрохимического умягчения воды для паровых котлов, разработана экспериментальная установка со встроенными в котел электродами для проведения исследований, приведены результаты работы котла без водоподготовки и при внутрикотловой электрохимической обработке воды с удельным расходом электричества 50 А·ч/м³.

электрохимическая водоподготовка, накипеобразование, внутрикотловая электрообработка

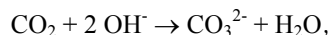
ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Умягчение воды широко применяется в водоподготовке. Однако в ряде случаев, например для локальных объектов небольшой производительности, применение реагентного метода нецелесообразно или даже неприемлемо в связи с необходимостью организации реагентного хозяйства и узлов всей технологической схемы осветления воды – отстаивания, фильтрования, корректирования pH и т. д. В этих случаях может быть использован электрохимический метод умягчения, не требующий для своего осуществления реагентов, компактный в осуществлении, позволяющий проводить в одном аппарате не только умягчение, но и корректировку pH выходной воды.

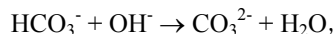
АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последние годы метод электрохимической обработки воды получает все более широкое распространение в связи с появлением новых конструкций аппаратов и перспективных электродных и мембранных материалов [1–3].

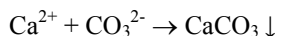
Электрохимическое умягчение воды, приводящее к удалению из воды ионов кальция и магния, по сути химических реакций сходно с реагентным умягчением, с той лишь разницей, что повышение pH среды происходит за счет разложения на электродах молекул воды на H⁺ – и OH[–] – ионы под воздействием электрического поля [4]. Процесс электрохимического умягчения воды осуществляется в катодном пространстве диафрагменного электролизера (или прикатодном для бездиафрагменного), в котором при повышении pH изменяется углекислотное равновесие воды – происходит связывание растворенного в воде углекислого газа с образованием карбонат-ионов:



а также переход гидрокарбонатных ионов в карбонатные:



и далее



При pH > 8,4 практически весь углекислый газ переходит в гидрокарбонатную, а затем в карбонатную форму [5]. Если произведение активностей ионов кальция и карбонат-ионов в воде превышает значение произведения растворимости карбоната кальция, этот процесс сопровождается образованием зародышей твердой фазы карбоната кальция, выпадающего в осадок. При pH > 10,3 в осадок

начинает выпадать гидроксид магния. Следует отметить, что если для осаждения ионов магния достаточно лишь повышения рН, то для полного декальцинирования воды, кроме повышения рН, необходимо, чтобы карбонатная щелочность воды превышала ее кальциевую жесткость. Таким образом, электрохимический метод позволяет устранить как временную (карбонатную) кальциево-магниевую жесткость, так и постоянную магниевую жесткость, поскольку кальций удаляется из воды лишь в виде карбоната кальция.

Для умягчения могут быть использованы электрохимические аппараты как с разделением, так и без разделения электродных пространств. В бездиафрагменных проточных электролизерах кристаллы солей жесткости, первоначально образующиеся на поверхности катода, отрываются под действием катодно выделяемого водорода и выносятся за пределы электролизера [6, 7]. Удаление солей жесткости может происходить и при прокачивании обрабатываемой воды через сетчатые катоды [8].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особый интерес представляет решение внутрикотловой обработки воды с целью ее умягчения [9]. Такое решение позволяет сократить время на водоподготовку, снижает энергозатраты на перекачку подпиточной воды путем встраивания электродов для умягчения воды в конструкцию парового котла, а также экономит производственные площади за счет отсутствия емкости для водоподготовки.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Использование внутрикотловой обработки воды для снижения накипеобразования на теплоотдающих поверхностях было решено проверить экспериментальным путем. Для этого создана экспериментальная лабораторная установка (рис.).

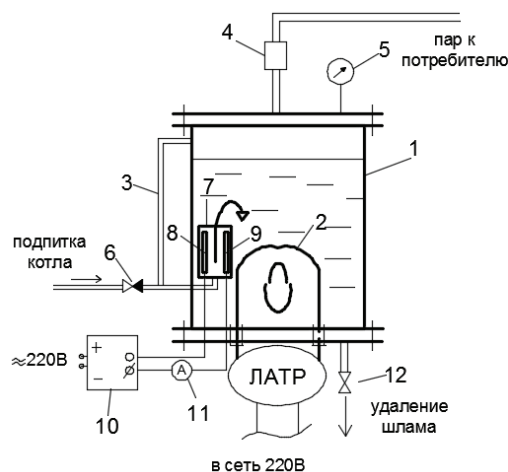


Рисунок – Модель парового котла.

Лабораторная установка состоит из емкости 1 объемом 5 литров, выполненной из нержавеющей стали. В емкости размещен электрический нагревательный элемент 2 мощностью 1 кВт, через лабораторный автотрансформатор он подключается в электросеть.

Основная емкость соединена с водомерным стеклом 3, что позволяет контролировать уровень жидкости в котле. Пар, вырабатываемый установкой, проходя через ротаметр 4, выбрасывается в атмосферу. На крышке емкости расположен манометр 5. Подпитка котла осуществляется в нижнюю часть емкости через обратный клапан 6. Водопроводная вода попадает в устройство электрохимической обработки 7, в котором расположен графитовый анод 8 и стальной катод 9. Расстояние между электродами 2,5 см. Через выпрямитель 10 (источник постоянного тока мощностью 2,5 кВт) постоянный ток с удельным расходом электричества 50 А·ч/м³ подается на электроды, сила тока контролируется миллиамперметром 11. Опорожнение системы осуществляется через вентиль 12.

Производительность установки – 0,8–1,0 кг/ч, температура пара 105 °С, давление до 0,2 кгс/см². Первоначальное заполнение котла – 3 литра, на протяжении всего опыта уровень жидкости в емкости поддерживается на отметке приблизительно 2,5 л. Продолжительность одного опыта 8 часов. Интенсивность накипеобразования оценивалась взвешиванием нагревательного элемента (г, г/м²·час) и вычислялась по формуле:

$$g = \frac{G}{F \cdot \tau},$$

здесь G – масса накипи на поверхности нагрева, г,
 F – площадь поверхности нагрева, м², $F = 0,0155$ м²,
 τ – продолжительность опыта, час.

Для оценки водно-химического режима котла проводились химанализы воды подпиточной и котловой. Результаты исследований при продолжительности опыта $\tau = 8$ часов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты опытов при подпитке парового котла сырой (неумягченной) водой

№ опыта	Показатели качества воды										Масса накипи, на поверхности нагрева G _н , г	Интенсивность накипеобра- зования g, г/м²час
	Подпиточная вода					Котловая вода, после окончания опыта и остывания 1 час						
	t, °C	pH	Що	Жо	Ca²⁺	t, °C	pH	Що	Жо	Ca²⁺		
			мг-экв/л					мг-экв/л				
1	24	7,74	4,8	6,3	4,0	24	8,1	1,1	10,1	7,2	0,1490	1,47
2	24	7,6	4,6	6,3	4,5	23	8,0	1,0	10,5	7,4	0,1846	1,82
3	20	7,37	4,2	6,0	4,4	20	8,6	1,2	9,8	7,8	0,1679	1,65
4	20	7,42	4,0	6,3	4,5	20	8,3	1,0	10,6	7,4	0,1379	1,36
5	20	7,85	4,6	6,2	4,0	19	8,4	1,0	9,9	7,2	0,2192	2,19
среднее	21,6	7,6	4,4	6,2	4,3	21,5	8,3	1,06	10,2	7,4	G _{сн} = 0,17	g _{сн} = 1,7

Таблица 2 – Результаты опытов при внутрикотловой обработке воды удельным расходом электричества 50 А·ч/м³

№ опыта	Показатели качества воды										Масса накипи, на поверхности нагрева G _н , г	Интенсивность накипеобразования g, г/м ² час
	Подпиточная вода					Котловая вода, после окончания опыта и остывания 1 час						
	t, °C	pH	Що	Жо	Ca ²⁺	t, °C	pH	Що	Жо	Ca ²⁺		
			мг-экв/л					мг-экв/л				
1	15		4,6	7,3		15		2,0	9,9		0,1004	0,81
2			5,0	6,8				4,0	16,2		0,1326	1,07
3	17	8,8	5,0	7,9	5,0	17	8,3	2,0	11,3	5,9	0,0633	0,36
4	17	8,4	5,0	7,3	4,8	17	8,3	2,4	7,5	4,1	0,0423	0,34
5	16		4,8	6,7	6,1	16	8,4	3,2	16,1		0,0445	0,51
среднее	16,3	8,6	4,9	7,0	5,3	16,3	8,3	2,7	12,2	5,0	G _{ср} = 0,077	g _{ср} = 0,62

Анализ результатов исследований работы котла без водоподготовки и при использовании внутрикотловой электрообработки удельным расходом электричества 50 А·ч/м³ воды показывает снижение количества накипи на поверхности нагрева более чем на 50 %, а интенсивность накипеобразования при этом снижается более чем на 60 %.

ВЫВОДЫ

При сравнении полученных результатов ($g_{\text{ср.}} = 0,62$ г/(м²·час)) с данными, полученными при обработке воды в диафрагменном электролизере при аналогичных условиях ($g_{\text{ср.}} = 1,02$ г/(м²·час)) [10] можно говорить о применимости метода внутрикотловой обработки воды.

При дальнейших исследованиях необходимо определить оптимальную площадь электродов при внутрикотловой обработке воды, а также оптимальный расход электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Pat. 6527940 USA, МПК⁷ C02 F 1/461. Production method of acid water and alkaline water [Текст] / Takayuki Shimamune, Masashi Tanaka, Yasuo Nakajima, Yoshinori Nishiki, Hideto Shimizu ; assignee Permelec Electrode Ltd.; Kanagawa. – № 818447; filed 17.03.97 ; publ. 4.03.2003. – 6 p.
- 2 Pat. 6139717 USA, МПК⁷ C02 F 1/461. Process for treating water and apparatus therefore [Текст] / Hideo Hayakawa, Moriya-ko, Moriya-machi, Kita-soma-gun, Ibaraki-ken ; assignee Hayakawa; Hideo. – № 287096 ; filed 7.04.99 ; publ. 31.10.2000. – 7 p.

- 3 Pat. 6338789 USA, МПК⁷ C02 F 1/461. Electrophysical water treatment apparatus [Текст] / Hecking Willi ; Hans Sassereth & Co, KG. – № 637183 ; filed 11.08.2000 ; publ. 15.01.2002. – 11 p.
- 4 Гончарук, В. В. Изменение свойств воды под влиянием электрохимической обработки [Текст] / В. В. Гончарук, В. В. Маляренко // Химия и технология воды. – 2001. – Т. 23, № 4. – С. 345–353.
- 5 Комплексная переработка минерализованных вод [Текст] / Под ред. А. Т. Пилипенко. – К. : Наукова думка, 1984. – 284 с.
- 6 Пат. 2164219 Российская Федерация, МПК⁷ C 02 F 1/46. Способ и установка электрохимической обработки воды для ее умягчения [Текст] / Д. Мерсье ; заявитель и патентообладатель Д. Мерсье. – № 97116728/12 ; заявл. 08.03.1996 ; опубл. 20.03.2000, Бюл. № 8. – 12 с.
- 7 Пат. 2148026 Российская Федерация, МПК C 02 F 1/46. Способ уменьшения жесткости воды [Текст] / Крыщенко К. И., Дзегиленок В. Н., Нейланд А. Б. ; заявитель и патентообладатель Крыщенко К. И., Дзегиленок В. Н., Нейланд А. Б. – № 98114344/12 ; заявл. 16.07.1998 ; опубл. 27.04.2000, Бюл. № 11. – 4 с.
- 8 Пат. 2190572 Российская Федерация, МПК C 02 F 1/46. Способ электрохимической обработки воды и устройство для его осуществления [Текст] / Руденко В. А., Ковязин Ю. В., Березкин С. В., Колосова Е. П. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Ижевский электромеханический завод» «Купол». – № 2000114995/12 ; заявл. 09.06.2000 ; опубл. 10.10.2002, Бюл. № 29. – 4 с.
- 9 Пат. 30803 Україна, МПК C02F 1/46. Пристрій для внутрішньокотлової електрохімічної обробки підживлювальної води для парових котлів, які мають суттєві водні об'єми [Текст] / Антоненко С. Є., Найманов А. Я., Лук'янов О. В. ; власник Антоненко С. Є., Найманов А. Я., Лук'янов О. В. – № u 2007 13169 ; заявл. 27.11.2007 ; опубл. 11.03.2008, Бюл. № 5. – 4 с.
- 10 Антоненко, С. Е. Підвищення енергоефективності тепло генераторів малої потужності обробкою підживлювальної води постійним струмом [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.03 / Антоненко С. Е. – Макіївка, 2014. – 162 с.

Получено 09.09.2016

С. Є. АНТОНЕНКО, А. Я. НАЙМАНОВ, А. А. САМОЙЛЕНКО, Л. В. КОРСУН,
П. Г. БЕРЕЗА

МОЖЛИВІСТЬ ВНУТРІШНЬОКОТЛОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ УТВОРЕННЯ НАКИПУ В ПАРОВИХ КОТЛАХ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто можливість внутрішньокотлового електрохімічного зм'якшення води для парових котлів, розроблена експериментальна установка з вбудованими у котел електродами для проведення досліджень, наведені результати роботи котла без водопідготовки та при внутрішньокотловому електрохімічному обробленню води з питомою витратою електрики 50 А·год/м³.

електрохімічна водопідготовка, утворення накипу, внутрішньокотлове електрооброблення

SVETLANA ANTONENKO, AUBEKIR NAJMANOV, ALINA SAMOJLENKO,
LYUDMILA KORSUN, PAVEL BEREZA

POSSIBILITY OF INTRA BOILER PROCESSING OF WATER FOR DECREASE OF SCALING IN BOILERS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The possibility of electrochemical water softness for steam boilers has been considered, the experimental installation with built-in copper electrodes for research has been the designed, results of work of the boiler without water treatment and electrochemical water treatment with specific electricity consumption of 50 A·h/m³ have been examined and described.

electrochemical water treatment, scaling, intra boiler electro processing

Антоненко Світлана Євгенівна – к. т. н., доцент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: електрохімічне зм'якшення води, нові матеріали і устаткування при проектуванні систем опалення.

Найманов Аубекір Ягопирович – д. т. н., професор кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: надійність інженерних мереж, захист від корозії інженерних мереж, електрохімічне зм'якшення води.

Самойленко Аліна Андріївна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: електрохімічне зм'якшення води, інженерна підготовка міських територій.

Корсун Людмила Валерієвна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: електрохімічне зм'якшення води, інноваційні технології в опаленні і водопостачанні.

Береза Павло Георгійович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: інноваційні технології в опаленні, вентиляції та кондиціонуванні.

Антоненко Светлана Евгеньевна – к. т. н., доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, новые материалы и оборудование при проектировании систем отопления.

Найманов Аубекир Ягопирович – д. т. н., профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: надежность инженерных сетей, защита от коррозии инженерных сетей, электрохимическое умягчение воды.

Самойленко Алина Андреевна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, инженерная подготовка городских территорий.

Корсун Людмила Валериевна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: электрохимическое умягчение воды, инновационные технологии в отоплении и водоснабжении.

Берёза Павел Георгиевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: инновационные технологии в отоплении, вентиляции и кондиционирование.

Antonenko Svetlana – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: electrochemical softening waters, new materials and the equipment at designing of systems of heating.

Najmanov Aubekir – D.Sc. (Eng.), Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability of engineering networks, protection against corrosion of engineering networks, electrochemical softening waters.

Samojlenko Alina – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: electrochemical water softening, engineering preparation of urban areas.

Korsun Lyudmila – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: electrochemical water softening, innovative technology for heating and water supply.

Bereza Pavel – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: innovative technology for heating, ventilation and air-conditioning.

УДК 697.326:622.933

А. Е. ТКАЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГООБМЕНА В ШАХТНОМ КОМПЛЕКСЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТОПКАМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Синтезирована комплексная математическая модель шахтной системы теплоснабжения. Модель реализована системой дифференциальных уравнений, которые описывают энергообмен в шахтной водонагревательной котельной установке с топкой низкотемпературного кипящего слоя, тепловой сети и тепловых абонентах: калорифере, бойлере и отапливаемых помещениях. Математическая модель водонагревательного котельного агрегата включает уравнения массового и энергетического балансов в кипящем слое и описывает теплообмен в топке, воздухонагревателе, экономайзере и поверхностях нагрева. Разрабатываемая модель позволяет прогнозировать спрос шахтных абонентов в зависимости от изменений температуры окружающей среды и рассчитывать технологические параметры топки НТКС, необходимые для достижения и поддержания заданной производительности котельного агрегата. Таким образом, решена актуальная задача синтеза модели распределения энергетических потоков в шахтном комплексе теплоснабжения, которая берется за основу при разработке адекватной системы управления данным объектом.

низкотемпературный кипящий слой, водонагревательный котельный агрегат, производительность, математическая модель, энергетические потоки, система теплоснабжения, абоненты

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из актуальных проблем на сегодняшний день является снижение стоимости производства тепла. Данный вопрос актуален и для жилищно-коммунальных хозяйств, и для промышленных предприятий. Для горных предприятий, котельные установки которых, как правило, оборудованы несколькими котельными агрегатами, решением данной проблемы может являться их топки низкотемпературного кипящего слоя (НТКС). Данная технология позволяет эксплуатировать низкокачественные угли марок АШ, АРШ, Т, ТР с зольностью до 70 % [1, 2], фактически собственные отходы углеобогащения, что актуально именно для шахт, поскольку в себестоимость топлива нет необходимости закладывать стоимость его транспортировки к потребителю, а также учитывается тенденция последних десятилетий к снижению качества добываемого топлива [3]. Также преимуществом использования технологии НТКС является снижение вредных выбросов в атмосферу ввиду низкой температуры горения углей.

Шахта как объект теплоснабжения имеет ряд специфических особенностей [4–8]: большая протяженность тепломагистралей, одноступенчатая система теплоснабжения от собственной котельной установки, как правило, с несколькими котельными агрегатами, мощная тепловая нагрузка по вентиляции (калориферная установка), значительные суточные колебания тепловой нагрузки на отопление и горячее водоснабжение с амплитудой, сопоставимой с номинальной производительностью котла с топкой НТКС малой мощности (до 5–6 Гкал/ч), что обусловлено технологическими особенностями предприятия, в том числе и режимом работы в четыре смены.

В данных условиях одним из путей снижения себестоимости производимой тепловой энергии является регулирование совместной производительности нескольких топок НТКС с целью получения максимального общего КПД группы [9, 10]. При этом каждую топку НТКС следует рассматривать как объект автоматического управления для достижения заданной тепловой производительности

каждой. Таким образом, следует внедрять в промышленную эксплуатацию систему автоматического управления комплексом теплоснабжения шахты, которая бы обеспечила требуемое качество протекающих теплотехнических процессов. Ее синтез подразумевает в первую очередь разработку адекватной математической модели объекта управления – процессов производства и распределения тепловой энергии как в самих источниках тепла – топках НТКС, так и в абонентах системы.

Разрабатываемая математическая модель должна обеспечивать прогноз теплового спроса шахтных абонентов, а также позволять отслеживать динамические изменения технологических параметров каждой топки НТКС (в том числе и тепловую производительность) в зависимости от внешних условий и оказываемых управляющих воздействий.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Как следует из анализа публикаций, большинство работ по данной тематике [11–14] исследует особенности управления энергетическими потоками в жилищно-коммунальной сфере и не учитывает специфику производства и распределения тепловой энергии в условиях горных предприятий, оборудованных котельными установками с топками НТКС.

Наиболее глубоко динамические свойства отдельных элементов систем отопления и кондиционирования воздуха как объектов массо- и теплопереноса изложены в работах А. А. Римкевича и А. Г. Сотникова. Однако в данных исследованиях не рассматривается взаимосвязанный обмен тепловой энергией источников тепла с абонентами в составе систем теплоснабжения. Также динамика распределения тепловой энергии между потребителями жилого дома исследовалась в работах Б. А. Кутнего, А. В. Софиева и др. [15, 16].

Математическое описание динамики процесса производства тепла в топках кипящего слоя достаточно широко представлена в работах ученых «Института угольных энерготехнологий НАН Украины», в частности К. М. Майстренко, Н. В. Чернявского, а также в работах зарубежных авторов В. А. Бородули, Ю. П. Гупало, К. Е. Махорина, Хинкиса и др. [17]. Однако, эти модели характеризуются целым рядом упрощений и предположений, в том числе не учитывают одновременное воздействие нескольких возмущающих факторов. Эти недостатки учтены в [18, 19], описываемый подход позволяет прогнозировать производительность топок НТКС при изменении одновременно нескольких технологических параметров. Так, можно сделать вывод, что на данный момент не существует комплексной математической модели системы теплоснабжения шахты, которая бы учитывала бы специфику таких источников тепла, как группа топок НТКС, а также специфику изменения теплового спроса шахтных потребителей.

ЦЕЛЬ

Таким образом, целью работы является синтез математической модели производства и распределения тепловой энергии в шахтном комплексе теплоснабжения с котельными агрегатами НТКС в качестве источников тепла, которая учитывала бы специфику формирования спроса тепловых абонентов, а также особенности дальнейшего распределения тепловой энергии между ними.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На основании результатов предыдущих исследований автора произведен синтез аналитической математической модели комплекса теплоснабжения шахты [20]. При структурной идентификации объекта исследований предположили рациональным условно разбить модель системы теплоснабжения шахты на две части: часть, описывающую изменение теплового спроса и распределение энергетических потоков в теплопотребителях шахты; часть, описывающую энергетический обмен при производстве тепловой энергии котельными агрегатами с топками НТКС в соответствии с меняющимся тепловым спросом потребителей.

Шахтную сеть теплоснабжения условно можно разделить на следующие составляющие: источники тепла – котельные агрегаты с топками НТКС, трубопроводную сеть, бойлер горячего водоснабжения, калориферную установку, отапливаемые радиаторами помещения.

На основании результатов предыдущих исследований автора [20] представим динамическую модель теплообмена в шахтной трубопроводной сети и шахтных абонентах в виде системы дифференциальных уравнений тепловых балансов трубопроводной сети (1), бойлера (2), калориферной установки (3) и отапливаемых радиаторами помещений (4) и (5) соответственно:

$$c_{vodi} m_{vodi} \frac{dT_{vodi}^{sys}(t)}{dt} = D c_{vodi} (T_{vodi}^{nagr}(t) - T_{vodi}^{obr}(t)) - k_{t.o.boil} F_{t.o.boil} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{t.o.boil}(t)] - k_{t.o.kal} F_{t.o.kal} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{t.o.kal}(t)] - k_{t.o.rad} F_{vn.rad} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{st.rad}(t)] \quad (1)$$

$$c_{g.vsn} m_{g.vsn} \frac{dT_{g.vsn}(t)}{dt} = k_{t.o.boil} F_{t.o.boil} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{t.o.boil}(t)] - g_{g.vsn} c_{vodi} [T_{t.o.boil}(t) - T_{g.vsn}(t)] \quad (2)$$

$$c_{t.o.kal} m_{t.o.kal} \frac{dT_{t.o.kal}(t)}{dt} = k_{t.o.kal} F_{t.o.kal} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{t.o.kal}(t)] - g_{kal.vozd} c_{vozd} [T_{t.o.kal}(t) - T_{vnesk}(t)] \quad (3)$$

$$c_{st.rad} m_{st.rad} \frac{dT_{st.rad}(t)}{dt} = k_{t.o.rad} F_{vn.rad} [T_{vodi}^{sys}(t) - T_{st.rad}(t)] - k_{rad}^{konv} F_{zov.rad} [T_{st.rad}(t) - T_{pom}(t)] - k_{rad}^{luch} F_{zov.rad} [T_{st.rad}(t) - T_{sr.poverh}(t)] \quad (4)$$

$$c_{vozd} m_{pom} \frac{dT_{pom}(t)}{dt} = k_{rad}^{konv} F_{zov.rad} [T_{st.rad}(t) - T_{pom}(t)] - k_{vn.ogr}^{konv} F_{zk} [T_{pom}(t) - T_{zk}(t)] - k_{vn.ogr}^{konv} F_{vk} [T_{pom}(t) - T_{vk}(t)] - k_{vn.ogr}^{konv} F_{m.ok} [T_{pom}(t) - T_{m.ok}(t)] - c_{vozd} g_{vent} [T_{pom}(t) - T_{vnesk}(t)] \quad (5)$$

где T_{vodi}^{sys} – средняя температура теплоносителя (воды) в тепловой сети;
 D – массовый расход теплоносителя в системе;
 c_{vodi} – теплоемкость воды;
 T_{vodi}^{nagr} – температура воды на входе к потребителям;
 T_{vodi}^{obr} – температура обратки на входе в циркуляционную систему;
 $k_{t.o.boil}$ – коэффициент теплообмена материала теплообменника бойлера;
 $k_{t.o.kal}$ – коэффициент теплообмена калориферной установки;
 $k_{t.o.rad}$ – коэффициент теплообмена около внутренней стенки эквивалентного обогревательного прибора (радиатора);
 $F_{t.o.kal}$ – площадь поверхности теплообмена калориферной установки;
 $F_{t.o.boil}$ – площадь поверхности теплообменника бойлера;
 $F_{vn.rad}$ – площадь внутренней поверхности обогревательного прибора;
 $T_{t.o.boil}$ – температура теплообменника бойлера;
 $m_{g.vsn}, T_{g.vsn}$ – удельная масса и температура воды в бойлере горячего водоснабжения соответственно;
 $g_{g.vsn}$ – средний расход воды на горячее водоснабжение;
 T_{vnesk} – температура внешнего воздуха;
 c_{vozd} – теплоемкость воздуха;
 $c_{t.o.kal}, m_{t.o.kal}, T_{t.o.kal}$ – удельная теплоемкость, масса и температура теплообменника калориферной установки;
 $g_{vent.vozd}$ – средний расход воздуха через калориферную установку;
 $F_{zov.rad}$ – площадь внешней поверхности обогревательного прибора;
 $c_{st.rad}, m_{st.rad}, T_{st.rad}$ – соответственно удельная теплоемкость, масса и температура стенки эквивалентного обогревательного прибора;
 $k_{rad}^{konv}, k_{rad}^{luch}$ – коэффициенты конвективного и лучевого теплообмена около внешней поверхности эквивалентного обогревательного прибора;
 T_{pom} – температура внутреннего воздуха в здании;
 $T_{sr.poverh}$ – среднерадационная температура поверхностей окружающих данную;
 c_{vozd} – удельная теплоемкость воздуха;
 m_{pom} – масса воздуха в помещении;
 $k_{vn.ogr}^{konv}$ – коэффициент конвективного теплообмена на внутренних поверхностях ограждающих конструкций;
 $F_{zk}, F_{vk}, F_{m.ok}$ – площади соответственно внешних, внутренних ограждений и малотеплоемких ограждающих конструкций;

$T_{zk}, T_{vk}, T_{m.ok}$ – температуры на внутренних поверхностях соответственно внешних, внутренних и малотеплоемких ограждающих конструкций;
 g_{vent} – средний расход воздуха на вентиляцию шахтных зданий.

Ниже приведем разработанную модель водогрейного котельного агрегата с топкой низкотемпературного кипящего слоя. При ее синтезе приняли, что в качестве топлива используется низкосортный уголь, а массовые и энергетические расходы рассчитываются на единицу времени.

В соответствии с технологией кипящего слоя источниками тепла, подаваемого в топку являются: вносимый в топку уголь, который при сгорании выделяет тепло Q_{ugol}^{vnes} ; вносимый в топку, подогретый дутьевой воздух с теплом $Q_{d.vozd}^{vnes}$. В расходной части теплового баланса определены следующие составляющие: химический $Q_{h.n}$ и физический недожоги $Q_{f.n}$ твердого топлива; тепло, уносимое с физической теплотой шлаков $Q_{f.shlaki.}$; тепло, отбираемое погружными поверхностями нагрева (ППН) Q_{ppn}^{ks} , а точнее той их частью, которая погружена в слой; тепло, уносимое уходящими газами (исходящим непрореагировавшим дутьевым воздухом $Q_{ish.vozd.}$ и продуктами горения $Q_{pr.sgor.}$); тепло, затрачиваемое на внешнее охлаждение и в циркуляционной системе котельного агрегата $Q_{poteri.}$

На следующем этапе распределения энергетических потоков тепло, уносимое исходящими газами расходуется на: нагрев теплоносителя (воды) в той части погружных поверхностей нагрева, которая выведена из слоя $Q_{ppn}^{uh.gazi}$; во фронтальных экранных поверхностях нагрева (ФЭПН) $Q_{epn.}$; в экономайзере $Q_{ek.}$; в конвективных поверхностях нагрева (КПН) $Q_{kpn.}$; нагрев дутьевого воздуха в воздухоподогревателе $Q_{vp.}$; потери тепла в атмосфере $Q_{pot.atm.}$

При синтезе модели котлоагрегата НТКС составим уравнения массового и энергетического балансов в топке НТКС. Изменения массы слоя во времени t представим запишем следующим образом:

$$\frac{dm_{ks}(t)}{dt} = m_{ugol}(t) + m_{d.vozd}(t) - m_{zoli}(t) - m_{pr.sgor}(t) - m_{ish.vozd}(t); \quad (6)$$

где m_{ks} – масса НТКС;
 m_{ugol} – масса угля, вносимого в топку в единицу времени;
 $m_{d.vozd}$ – масса дутьевого воздуха, вносимого в слой за единицу времени;
 m_{zoli} – масса золы, удаляемой из слоя за единицу времени;
 $m_{pr.sgor}$ – масса продуктов горения, выносимых из слоя в единицу времени;
 $m_{ish.vozd}$ – масса дутьевого воздуха, исходящего из слоя за единицу времени.

В алгебраической форме энергетический баланс топочного пространства НТКС будет иметь вид [21]:

$$Q_{ks} = Q_{ugol}^{vnes} + Q_{d.vozd}^{vnes} - Q_{h.n.} - Q_{f.n} - Q_{f.shlaki.} - Q_{poteri} - Q_{pr.sgor} - Q_{ish.vozd} - Q_{ppn}^{ks}; \quad (7)$$

где Q_{ks} – тепло аккумулированное кипящим слоем. С другой стороны, тепло, полезно расходуемое на нагрев теплоносителя (воды) котельным агрегатом в единицу времени целесообразно представить как сумму элементов [8]:

$$Q_{polez} = Q_{ppn} + Q_{ek} + Q_{epn} + Q_{kpn} = Dc_{vodi}(T_{vodi}^{nagr} - T_{vodi}^{obr}); \quad (8)$$

где Q_{ppn} – тепло, отбираемое погружными поверхностями нагрева.

Поскольку ППН могут быть как частично, так и полностью погружены в КС, то тепло, отбираемое ими, удобно разделить по происхождению от двух источников: полученное путем теплообмена с НТКС погруженной частью ППН; полученное путем теплообмена с продуктами сгорания выведенной из слоя частью ППН. Так, тепло отбираемое ППН за единицу времени определяется как:

$$Q_{ppn} = Q_{ppn}^{ks} + Q_{ppn}^{uh.gazi} = F_{ppn} k_{ks} K_{ppn}^{ks} (T_{ks} - T_{vodi}^{obr}) + F_{ppn} k_{ks} \dot{m}_{ppn}^{ks} \left[\left(\frac{T_{ks}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{vodi}^{obr}}{100} \right)^4 \right] + \\ + F_{ppn} (1 - k_{ks}) K_{ppn}^{uh.gazi} (T_{ks} - T_{vodi}^{obr}) + F_{ppn} (1 - k_{ks}) \dot{m}_{ppn}^{uh.gazi} \left[\left(\frac{T_{ks}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{vodi}^{obr}}{100} \right)^4 \right]; \quad (9)$$

где F_{ppn} – площадь теплообмена ППН;
 k_{ks} – коэффициент погружения ППН в слой;

$K_{ppn}^{ks}, \alpha_{ppn}^{ks}$ – коэффициенты конвективного и лучевого теплообмена НТКС с ППН;
 T_{ks} – температура кипящего слоя;
 $K_{ppn}^{uh, gazi}, \alpha_{ppn}^{uh, gazi}$ – коэффициенты конвективного и лучевого теплообмена уходящих газов с ППН.

Аналогично, тепло, полезно отбираемое ФЭПН, определим как сумму:

$$Q_{epn} = Q_{epn}^{konv} + Q_{epn}^{rad} = F_{epn} K_{epn}^{uh, gazi} (T_{ks} - T_{epn}^{vodi}) + F_{epn} \alpha_{ppn}^{ks} \left(\left(\frac{T_{ks}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{epn}^{vodi}}{100} \right)^4 \right); \quad (10)$$

где $K_{epn}^{uh, gazi}$ – коэффициент конвективного теплообмена уходящих газов с ФЭПН, очевидно
 $K_{epn}^{uh, gazi} = K_{ppn}^{uh, gazi}$;
 F_{epn} – площадь теплообмена ФЭПН;
 T_{epn}^{vodi} – средняя температура воды во ФЭПН. Тепло, отбираемое КПН за единицу времени рассчитываем как:

$$Q_{kpn} = F_{kpn} K_{kpn}^{uh, gazi} (T_{kpn}^{uh, gazi} - T_{kpn}^{vodi}); \quad (11)$$

где $K_{kpn}^{uh, gazi}$ – коэффициент конвективного теплообмена КПН с уходящими газами;
 F_{kpn} – площадь теплообмена КПН;
 T_{kpn}^{vodi} – средняя температура воды в конвективных поверхностях нагрева. Тепло, отбираемое в единицу времени на полезный нагрев воды, в экономайзере рассчитываем как:

$$Q_{ek} = K_{ek} F_{ek} \Delta T_{ek}; \quad (12)$$

где $K_{ek}^{uh, gazi}$ – коэффициент конвективного теплообмена экономайзера с уходящими газами;
 F_{ek} – площадь теплообмена экономайзера;
 ΔT_{ek} – изменение температуры теплоносителя (воды) в экономайзере.

Изменения энергетического баланса топки НТКС в динамике представим в виде:

$$\begin{aligned} \frac{m_{ks} \cdot c_{ks} \cdot dT_{ks}(t)}{dt} = & m_{ugol} Q_n^p + m_{d.vozd} c_{d.vozd} T_{d.vozd} - K_{zoli} m_{zoli} c_{zoli} T_{ks}(t) - \\ & - m_{pr.sgor} c_{pr.sgor} T_{ks} - m_{ish.vozd} c_{ish.vozd} T_{ks} - F_{ppn} k_{ks} K_{ppn}^{ks} (T_{ks} - T_{vodi}^{obr}) - \\ & - k_{h.n} m_{ugol} Q_n^p - Q_{epn} - Q_{poteri}; \end{aligned} \quad (13)$$

где c_{ks} – теплоемкость кипящего слоя;
 Q_n^p – низшая теплотворная способность углей;
 $c_{d.vozd}$ – теплоемкость дутьевого воздуха;
 c_{zoli} – теплоемкость золы;
 $c_{pr.sgor}$ – теплоемкость продуктов горения;
 $c_{ish.vozd}$ – теплоемкость уходящего воздуха;
 $k_{h.n}$ – коэффициент химического недожога для НТКС.

Таким образом, модель процессов производства – выражения (6)–(13) и распределения энергии – выражения (1)–(5) в шахтном комплексе теплоснабжения с топками НТКС разработана и представлена в виде системы уравнений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, была синтезирована обобщенная динамическая модель распределения энергетических потоков в шахтном комплексе теплоснабжения, которая описывает процессы производства и распределения тепла от его источников – топок НТКС до тепловых потребителей. Разработанная математическая модель позволяет прогнозировать изменения теплового спроса, обосновывать изменения уставок производительности каждой топки НТКС и рассчитывать соответствующие им значения технологических параметров топки (расхода угля и скорости дутьевого воздуха). Разработанная модель будет положена в основу дальнейшего развития методики расчета эффективной производительности топок НТКС при их параллельной работе в группе на тепловую сеть, а также будет использована при синтезе адекватной системы автоматического управления комплексом теплоснабжения шахты в продолжение исследований автора [22]. Также на основании данных зависимостей

будет реализована компьютерная модель комплекса теплоснабжения для получения численных результатов моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Simeon, Oka. Fluidized Bed Combustion [Текст] / Oka Simeon. – New York : CRC Press, 2004. – 616 p.
2. Вискин, Ж. В. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов [Текст] / Ж. В. Вискин, В. И. Шелудченко, В. В. Кравцов. – Донецк : Новый мир, 1997. – 284 с.
3. Показатели качества углей, добытых на шахтах Украины [Текст] / В. Я. Долгий, А. А. Кривченко, М. Д. Шама-ло, В. А. Долгая // Уголь Украины. – 1999. – № 8. – С. 18–22.
4. Технический отчет по режимно-наладочным испытаниям водогрейного котла № 1 ВК-2 с топкой НТКС в котельной шахты «Кураховская» [Текст] : Технический отчет / ГОАО «АСУглевтоматика» ; Руководитель Н. Н. Ефименко. – Донецк : [Б. и.], 2004. – 23 с.
5. Проведение поверочных расчетов теплоснабжения поверхностного комплекса шахты «Южнодонбасская № 1» [Текст] : Отчет о договорной работе / НИИ Горной Механики им. М. М. Федорова ; Руководитель Е. П. Король. – Донецк [Б. и.], 1993. – 63 с.
6. Руководство по проектированию угольных шахт [Текст] : Государственный нормативный акт об охране труда. – К.: Основа, 1994. – 312 с. – (Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт об охране труда).
7. Шишов, Е. Л. Типовые проекты организации скоростного строительства шахт производительностью 600 и 1 200 тыс. т. угля в год [Текст] / Е. Л. Шишов, К. И. Смирнов. – Харьков : [б. и.], 1958. – 15 с., 1 л. граф.: схем.; 22 см. – (Информационное сообщение / Гос. план. комис. Совета Министров УССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т организации и механизации шахтного строительства ВНИИОМШС; № 110).
8. Инструкция по нормированию расхода тепловой энергии в угольной промышленности ВН 12.25.009-81 [Текст] // Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления : сборник инструкций / под общ. ред. В. В. Дегтярева. – М. : Недра, 1983. – 22–26 с.
9. Ткаченко, А. Е. Обоснование критерия управления рациональным режимом работы группы котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя [Текст] / А. Е. Ткаченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – 2015. – Т. 3, № 7-3 (18-3). – С. 58–61.
10. Токарев, О. В. Критерии оптимальной совокупной работы топок низкотемпературного кипящего слоя на тепловую сеть [Текст] / О. В. Токарев, А. Е. Ткаченко // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых : Сборник научных трудов XV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке, 20–22 мая 2015 / Под ред. С. В. Неежмакова. – Донецк : ДонНТУ, 2015. – С. 199–202.
11. Вороновський, Г. К. Автоматизоване оперативне управління централізованим тепlopостачанням в умовах неповної інформації [Текст] : автореф. дис. ... доктора технічних наук / Вороновський Г. К. ; НТУ «Харківський політехнічний інститут». – Х., 2003. – 32 с.
12. Жуков, Д. В. Повышение эффективности работы систем централизованного теплоснабжения путем оптимизации теплогидравлических режимов [Электронный ресурс] / Д. В. Жуков, В.З. Дмитриев// Эско. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2012. – № 6. – Режим доступа : http://journal.esco.co.ua/2012_6/art124.htm.
13. Grebenyuk, G. G. Algorithms for optimization of the number of switchings in heat supply networks reconfiguration [Текст] / G. G. Grebenyuk, A. A. Krygin // Automation and Remote Control, MAIK Nauka/Interperiodica. – 2008. – Vol. 68, No. 12. – P. 2187–2197.
14. Dikop, V. V. Computer models of heat supply networks and circulating systems [Текст] / V. V. Dikop, V. A. Kudinov // Thermal Engineering, MAIK Nauka/Interperiodica. – 2008. – Vol. 53, No. 8. – P. 655–658.
15. Кутний, Б. А. Математична модель для регулювання відпуску теплоти в умовах нестационарного теплового режиму опалюваних будівель [Текст] / Б. А. Кутний // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 1998. – Вип. 2. – С. 110–119.
16. Софиев, А. В. Системы математического моделирования теплогидравлических сетей / А. В. Софиев, В. А. Иванов, А. П. Иванов // Теплоэнергетика. – 2002. – № 10. – С. 35–39.
17. Махорин, К. Е. Сжигание топлива в псевдоожиженном слое [Текст] / К. Е. Махорин, П. А. Хинкис. – К. : Наукова думка, 1989. – 204 с.
18. Гавриленко, Б. В. Математическая модель точки кипящего слоя шахтного автономного воздухоподогревателя в нестационарных условиях [Текст] / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Проблемы експлуатації обладнання шахтних установок : Збірник наукових праць. – 2005. – № 1. – С. 297–304.
19. Гавриленко, Б. В. Синтез математической модели точки кипящего слоя шахтного воздухоподогревателя при нестационарных условиях для задач автоматического управления [Текст] / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Моделювання та інформаційні технології : Зб. наук. пр. – К. : ИПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2010. – Вип. 57. – С. 164–173.

20. Ткаченко, А. Е. Синтез динамической модели котельного агрегата низкотемпературного кипящего слоя [Текст] / А. Е. Ткаченко, Б. В. Гавриленко // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых : Сборник научных трудов XV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке, 20–22 мая 2015 / Под ред. С. В. Неежмакова. – Донецк : ДонНТУ, 2015. – С. 195–198.
21. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий [Текст] / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юрнев. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 528 с.
22. Ткаченко, А. Е. Особенности системы автоматического управления шахтными котельными установками [Текст] / А. Е. Ткаченко, О. В. Токарев // Севергеоэкотех-2015 : XVI Международная молодежная научная конференция, 25–27 марта 2015 : материалы конференции : [в 6 ч.] Ч. 1 / Минобрнауки России, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Ухтинский гос. технический ун-т» (УГТУ). – Ухта : УГТУ, 2015. – С. 92–93.

Получено 10.09.2016

Г. Є. ТКАЧЕНКО
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГООБМІНУ В ШАХТНОМУ
КОМПЛЕКСІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ТОПКАМИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЛЯЧОГО ШАРУ
ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет»

Синтезовано комплексну математичну модель шахтної системи теплопостачання. Модель реалізована системою диференціальних рівнянь, що описують енергообмін в шахтній водонагрівальній котельній установці з топкою низкотемпературного киплячого шару, теплової мережі та теплових абонентах: калорифері, бойлері та опалювальних приміщеннях. Математична модель водонагрівального котельного агрегату включає рівняння масового та енергетичного балансів у киплячому шарі та описує теплообмін у шарі, повітрепідігрівачі, економайзері та поверхнях нагріву. Розроблювана модель дозволяє прогнозувати попит шахтних абонентів залежно від змін температури навколишнього середовища та розраховувати технологічні параметри топки НТКШ, необхідні для досягнення та підтримання заданої продуктивності котельного агрегату. Таким чином, розв'язана актуальна задача синтезу моделі розподілення енергетичних потоків шахтного комплексу теплопостачання, що є базою для розроблення адекватної системи керування даним об'єктом.

низкотемпературний киплячий шар, водонагрівальний котельний агрегат, продуктивність, математична модель, енергетичні потоки, система теплопостачання, абоненти

GANNA TKACHENKO
THE HEAT EXCHANGE MATH MODELING OF THE MINING HEAT-SUPPLY
SYSTEM WITH LAW-TEMPERATURE AIR FLUIDIZED BED FURNACES
SEI of HPE «Donetsk National Technical University»

Complex math model of the mining heat supply system was synthesized. Model is realized as the set of differential equations, which describe energy-transfer in mine water heating boiler plant with law-temperature air fluidized bed furnace, heating network and heat consumers: heater, boiler and heated rooms. The water heating boiler plant math model includes the equations of mass and heat balances in the air fluidized bed, also describes the heat exchange in the bed, in the air heating boiler, the heating surfaces and the economizer. The developed model allows to forecast heat consumers demand changes according to environmental air temperature to account the technological parameters of the law temperature air fluidized bed furnace, which are necessary for amounting and stabilization the productivities of boiler plant with law-temperature airfluidized bed furnaces according to boiler plant set productivity. So, the actual problem of the energy exchange math model in mining heat supply complex was solved, and can be base for adequate control system of this object development.

law-temperature air fluidized bed, water heating boiler, productivity, math model, energy flow, heat supply system, heat consumers

Ткаченко Ганна Євгенівна – старший викладач кафедри гірничої електротехніки та автоматики ім. Р. М. Лейбова ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: підвищення ефективності теплопостачання гірничих підприємств. Автоматизація теплотехнічних процесів.

Ткаченко Анна Евгеньевна – старший преподаватель кафедры горной электротехники и автоматики им. Р. М. Лейбова ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: повышение эффективности теплоснабжения горных предприятий. Автоматизация теплотехнических процессов.

Tkachenko Ganna – senior lecturer, Mining Electrotechnics and Automation Department, named after R. M. Leybov, SEI of HPE «Donetsk National Technical University». Scientific interests: increase in efficiency of the mine's heat supply. Thermal processes automation.

УДК 697.932

Б. Р. РОМАНЕНКО, Н. А. МАКСИМОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПО ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Рассмотрены основные виды устройств по тепловлажностной обработке воздуха в системах кондиционирования воздуха, сформулированы достоинства и недостатки различных устройств и области их применения.

кондиционирование воздуха, форсуночная камера, камера сотового увлажнения, камера парового увлажнения

В холодный и переходный период года поддержание необходимых значений относительной влажности воздуха в помещении является требованиями санитарно-гигиенических норм, а для поддержания технологического процесса необходимо обеспечивать требуемые значения круглогодично. Одними из основных устройств по тепловлажностной обработке воздуха в системах кондиционирования воздуха служат блоки или камеры увлажнения.

Блоки увлажнения существуют следующих типов [1, 2]:

- форсуночные;
- сотового увлажнения;
- парового увлажнения.

Форсуночная камера орошения

Форсуночная камера орошения представляет собой устройство, в котором воздух проходит пространство с распыляемой водой. Изобретение этих камер произошло более 100 лет назад. До 1990 года форсуночные камеры были основным и практически единственным устройством для тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования воздуха (СКВ). Форсуночные камеры относятся к адиабатическому типу увлажнителей, однако возможно осуществление и политропных процессов [1].

Принципиальная схема форсуночной камеры представлена на рисунке 1.

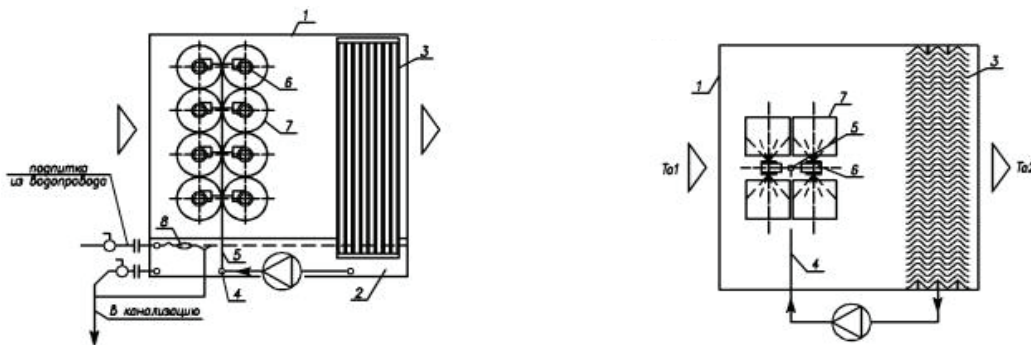


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства форсуночной камеры.

Форсуночная камера орошения имеет корпус 1, поддон 2 с установленным в нем пластинчатым сепаратором 3, горизонтальный коллектор 4 со стояком 5. На стояке установлены форсунки двустороннего распыления 6. Факелы распыла направлены поперек потока воздуха и на пути каждого факела установлены каплеотбойные цилиндры 7. Цилиндры расположены вертикальными рядами вплотную друг к другу и собраны в кассеты, которые крепятся к корпусу камеры. В поддоне установлен поплавковый клапан 8, который регулирует верхний и нижний уровни воды.

Форсуночная камера работает следующим образом [4]. Обрабатываемый воздух поступает через входной патрубок в корпус камеры 1 и контактирует с водой, которая распыляется двусторонними форсунками 6. Мелкодисперсные факелы распыла, отраженные от внутренних поверхностей каплеотбойных цилиндров 7, полностью и равномерно перекрывают все живое сечение камеры для прохода обрабатываемого воздуха. Вода, попадая в поддон 2, забирается циркуляционным насосом и вновь подается к форсункам.

Существуют разнообразные конструкции форсуночных камер с различным расположением форсунок.

Применение форсуночных оросительных камер ограничено. Основные недостатки приведены в таблице.

Таблица – Достоинства и недостатки основных устройств увлажнения воздуха

Устройство	Область применения	Достоинства	Недостатки
Форсуночная камера	В СКВ зданий промышленного и общественного назначения	<ul style="list-style-type: none"> – простота конструкции и невысокая трудоемкость изготовления; – способность частично очищать воздух от пыли. 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимость дополнительного нагрева воздуха; – необходимость использования воды питьевого качества, а для избежания зарастания отверстий в форсунках солями жесткости желательно использование умягченной воды; – подверженность форсунок засорению; – возможность размножения бактерий во влажной среде и их попадание с воздухом в помещения; – перенос солей жесткости из воды в воздух и их попадание с воздухом в помещения; – малая скорость движения воздуха; – большие размеры камеры.
Камера сотового увлажнения	В СКВ зданий промышленного и общественного назначения	<ul style="list-style-type: none"> – относительная простота конструкции; – дополнительная очистка воздуха от пыли и газов; – относительно малые габариты по сравнению с камерами орошения. 	<ul style="list-style-type: none"> – возможность образования в поддоне микроорганизмов и грибов; – значительный расход воды в системах прямого водоснабжения; – невозможность реализации управляемых процессов, обеспечивающих снижение энергопотребления в процессе эксплуатации.
Камера парового увлажнения	В СКВ любого типа	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие каких бы то ни было загрязнений, включая болезнетворные бактерии; – малоинерционное и глубокое регулирование увлажнения. 	<ul style="list-style-type: none"> – относительно большие затраты на оборудование (генераторы пара, водоподготовку); – большие энергозатраты.

Камера сотового увлажнения

Камеры сотового увлажнения также относятся к адиабатическому типу увлажнителей. Повышение относительной влажности и снижение температуры происходит за счет испарения воды вследствие прохода через увлажненный слой насадки – это простой и безопасный способ увлажнения и охлаждения воздуха.

Принципиальная схема устройства камеры сотового увлажнения представлена на рисунке 2.

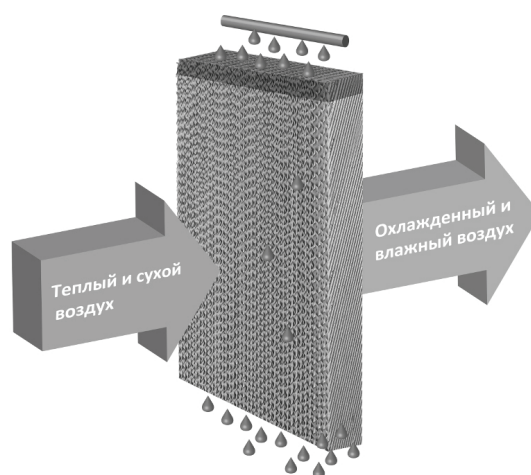


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства камеры сотового увлажнения.

Основная часть системы – сотовая кассета, которая монтируется в блок увлажнителя. Вода подается в верхнюю часть кассеты и стекает вниз по ее поверхности. Сухой воздух, проходя через влажный материал, увлажняется и охлаждается за счет испарения воды. Энергия для испарения поступает из обрабатываемого воздуха [1].

Процесс увлажнения требует меньше энергии по сравнению с паровыми увлажнителями и камерами орошения. Неиспарившаяся часть воды принимает участие в промывке материала насадки и стекает в дренажный поддон. После этого вода либо используется повторно, либо удаляется через дренажное отверстие в поддоне. Применяются две схемы камер сотового увлажнения: с прямым водоснабжением и с оборотным водоснабжением. Так как при использовании системы оборотного водоснабжения водопотребление значительно ниже, то в большинстве случаев рекомендуется использовать эту систему. Для предотвращения уноса капель за увлажнителем устанавливается каплеуловитель.

Сотовая кассета состоит из стекловолоконных листов (целлюлозы), поэтому не является источником появления бактерий и плесени, что характерно для форсуночных оросительных систем. Чтобы кассета поглощала влагу, но не теряла свою форму, материал пропитывают структурными добавками [1].

Камеры парового увлажнения

Камеры парового увлажнения относятся к изотермическому типу увлажнителей. Они предназначены для увлажнения воздуха паром, который получают в парогенераторе. Для увлажнения воздуха обычно используют высокотемпературный пар от 100 °С. При обработке воздуха высокотемпературным паром погибают болезнетворные организмы, поэтому этот способ увлажнения является самым гигиеническим из перечисленных выше и применяется в системах кондиционирования воздуха «чистых» помещений [1].

Камера парового увлажнения работает следующим образом. Пар для обработки воздуха генерируется в парогенераторе 1, далее по паропроводу 2 подается в камеру 3 на парораспределительный коллектор 4, который распыляет пар в направлении противоположном движению воздуха.

Принципиальная схема устройства камеры парового увлажнения представлена на рисунке 3.

Основные достоинства и недостатки систем увлажнения воздуха сведены и представлены в таблице.

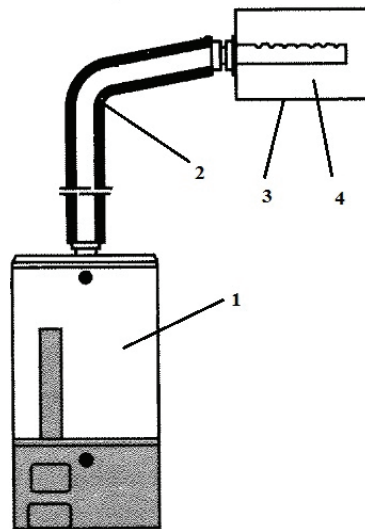


Рисунок 3 – Принципиальная схема устройства камеры парового увлажнения.

ВЫВОД

В статье проведен анализ основных существующих устройств по тепловлажностной обработке воздуха в СКВ. На основании приведенных преимуществ и недостатков устройств наиболее оптимальным является применение камер форсуночного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях [Текст] / Е. М. Белова. – М. : Евроклимат, 2006. – 640 с. : ил. – (Библиотека климатехника).
2. Вишневский, Е. П. Кондиционирование воздуха – увлажнение. Аргументация необходимости увлажнения воздуха и оценка дефицита влаги [Текст] / Е. П. Вишневский // С.О.К. – 2003. – № 10. – С. 48–51.
3. Тарабанов, М. Г. Тепло- и массоперенос в камерах орошения кондиционеров с форсунками распыления [Текст] : учебное пособие / М. Г. Тарабанов, Ю. В. Видин, Г. П. Бойков ; Краснояр. политехн. ин-т. – Красноярск : [б. и.], 1974. – 210 с.
4. Прилепский, Д. В. Энергоэффективные камеры орошения для систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / Д. В. Прилепский, М. Г. Тарабанов // АВОК. – 2012. – № 5. – С. 24–33.
5. Кокорин, О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха [Текст] / О. Я. Кокорин. – М. : Физматлит, 2003. – 304 с.

Получено 11.09.2016

Б. Р. РОМАНЕНКО, Н. А. МАКСИМОВА
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ З ТЕПОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ПОВІТРЯ
В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто основні види пристроїв з оброблення повітря в системах кондиціювання повітря, сформульовані переваги і недоліки різних пристроїв і сфері їх застосування.
кондиціювання повітря, камера форсункова, камера стільникового зволоження, камера парового зволоження

BORIS ROMANENKO, NATALYA MAKSIMOVA
ANALYSIS OF EXISTING DEVICES ON THE HEAT AND HUMIDITY OF AIR
TREATMENT IN AIR-CONDITIONING SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The main types of heat and humidity on the air handling units for air conditioning systems have been considered, the advantages and disadvantages of different devices and their usage have been given.
air conditioning, the nozzle chamber, cell humidification chamber, steam humidification chamber

Романенко Борис Романович – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Максимова Наталя Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розроблення термотрансформаторів і теплових насосів, енергоресурсозбереження в системах вентиляції і кондиціонування повітря.

Романенко Борис Романович – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Максимова Наталья Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка термотрансформаторов и тепловых насосов, энергоресурсосбережение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха.

Romanenko Boris – graduate student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy and resource saving in heating, ventilation and air conditioning.

Maksimova Natalya – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermo transformers and thermo compressors development, energy and resource saving in ventilation and air conditioning systems.

УДК 692.23

Д. В. ВЫБОРНОВ, В. М. ЛЕВИН, И. Н. НЕГОДА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ НА РАСПОЛОЖЕНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В данной работе исследовано распределение температур в толще ограждающей конструкции при наличии нетеплопроводного включения различной толщины. Исследована тенденция изменения расположения температурных полей вблизи нетеплопроводного включения. Произведена оценка распределения удельного теплового потока и перепада температур на границе нетеплопроводного включения и конструкционного слоя ограждения.

теплофизика, ограждающая конструкция, сопротивление теплопередаче, изотермическая поверхность, нетеплопроводное включение, энергоаудит

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В связи с неуклонным увеличением стоимости первичных энергоресурсов, а также сокращением их количества, человечество не может как прежде, безоглядно относиться к затратам тепловой энергии на теплоснабжение зданий. Энергосберегающие мероприятия в строительстве позволяют уменьшить затраты на выработку теплоты в сфере коммунальных услуг населения [1]. Для этого необходимо в первую очередь уменьшать теплопроводность материалов, которые используются для создания ограждающих конструкций, как при проектировании, так и в процессе эксплуатации и реконструкции существующих зданий. Энергосберегающие мероприятия позволяют уменьшить затраты на выработку теплоты в сфере коммунальных услуг населения, повысить производительность промышленных предприятий и благоприятно влияют на экологию. Одним из энергоэффективных мероприятий [2] является улучшение теплофизических характеристик ограждающих конструкций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Рынок современных конструкционных и теплоизоляционных материалов стремительно развивается, и одним из необходимых требований, предъявляемых к ним, являются теплотехнические характеристики ограждений, которые в первую очередь зависят от значения коэффициента теплопроводности. При этом недостаточно изучено распределение температур в ограждающей конструкции из однородного материала, имеющего нетеплопроводные включения [3]. Имеющиеся публикации [4] и нормативная литература [5, 6] не позволяют описать в достаточной мере распределение изотермических поверхностей на стыке материалов с различным термическим сопротивлением. Уточнение распределения температурных полей остается крайне важным при проведении мероприятий по восстановлению, как жилого фонда Донбасса, так и административно-гражданских зданий.

ЦЕЛИ

В данной статье целью является анализ распределения температурных полей в ограждающей конструкции, имеющей нетеплопроводные включения, и определение зависимости температуры материала ограждения и теплового потока от толщины включения из теплоизоляционного материала.

© Д. В. Выборнов, В. М. Левин, И. Н. Негода, 2016

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Рассмотрение энергоаудита как основной составляющей энергетического совершенствования по снижению затрат топливно-энергетических ресурсов предполагает в достаточной мере точное представление о механизме переноса теплоты через ограждающие конструкции. Поскольку строительные конструкции выполняются из твердых материалов, передача теплоты через ограждения осуществляется при помощи теплопроводности, описываемой уравнением Фурье.

Поскольку для большинства рассматриваемых в строительной теплофизике случаев температура в любых точках среды принимается постоянной во времени, то дифференциальное уравнение температурного поля в стационарных условиях теплопередачи будет описано уравнением (1) для трехмерного пространства и уравнением (2) для двумерной задачи

$$\frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} + \frac{d^2t}{dz^2} = 0. \quad (1)$$

$$\frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} = 0. \quad (2)$$

При расчете ограждающих конструкций чаще всего используется уравнение (2), в том числе для расчета температурного поля в нетеплопроводных включениях. Граничные условия первого рода, которые состоят в задании распределения температур на поверхности тела в любой момент времени, определяются следующим образом.

$$t|_n = f(\tau). \quad (3)$$

В данном случае температура на поверхности была принята постоянной в течение всего процесса теплообмена и была принята равной температуре окружающей среды.

$$\begin{cases} t|_{\text{нар}} = t_{\text{п.о.}} = \text{const} = -22^\circ\text{C} \\ t|_{\text{вн}} = t_{\text{вн}} = \text{const} = 20^\circ\text{C} \end{cases}.$$

Кроме того, в данном случае рассматривается плоское температурное поле, т. е. принимается, что в третьем направлении, перпендикулярном рассматриваемой плоскости, распределение температур, как направление теплового потока, существенно не изменяется. При этом под рассматриваемой следует понимать плоскость, параллельную направлению вектора теплового потока и перпендикулярную продольной оси нетеплопроводного включения. В ограждающих конструкциях такое поле характерно при наличии элементов нетеплопроводных включений, длина которых значительно превышает ширину и высоту. Распределение температуры во всех плоскостях, параллельных плоскости поперечного сечения рассматриваемых элементов (рис. 1–3), можно будет принять аналогичным. Полученная краевая задача решается с помощью метода конечных разностей [7].

Для оценки работы ограждающей конструкции при заданных граничных условиях использовалось программное обеспечение Heat2 (ознакомительная версия), которое позволяет построить графики распределения температур в толще неоднородной ограждающей конструкции и наглядно их исследовать. Было изучено распределение температур в толще конструкционного слоя из железобетона плотностью 1 000 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 2,04 Вт/(м·град) толщиной 500 мм при наличии нетеплопроводного включения из теплоизоляционного материала (полиуретан) с коэффициентом теплопроводности 0,029 Вт/(м·град).

Нормативной литературой регламентируется процесс учета условий эксплуатации материалов. Очевидно, что при увеличении содержания влаги в материале, его коэффициент теплопроводности увеличивается, что приводит к ухудшению теплотехнических характеристик теплоизоляционного материала. Поэтому было исследовано распределение температур при наличии включения из полиуретана, которые позволяют оценить распределение теплового потока при различной толщине включения, а следовательно – и при возможных различных тепловлажностных режимах эксплуатации ограждения. Ниже (рис. 1–3) приведены результаты исследования распределения изотермических поверхностей для включений из полиуретана с коэффициентом теплопроводности 0,029 Вт/(м·град) и толщиной 0,05; 0,10 и 0,15 м.

Стрелками показано направление и относительная величина теплового потока. Из приведенных иллюстраций наглядно видно, как изменяется направление теплового потока при появлении нетеплопроводного включения. Позицией 1 обозначена точка, характеризующая параметры в толще ограждающей конструкции на стыке нетеплопроводного включения и конструкционного материала стены. Позицией 2 обозначена точка, характеризующая параметры в толще ограждающей конструк-

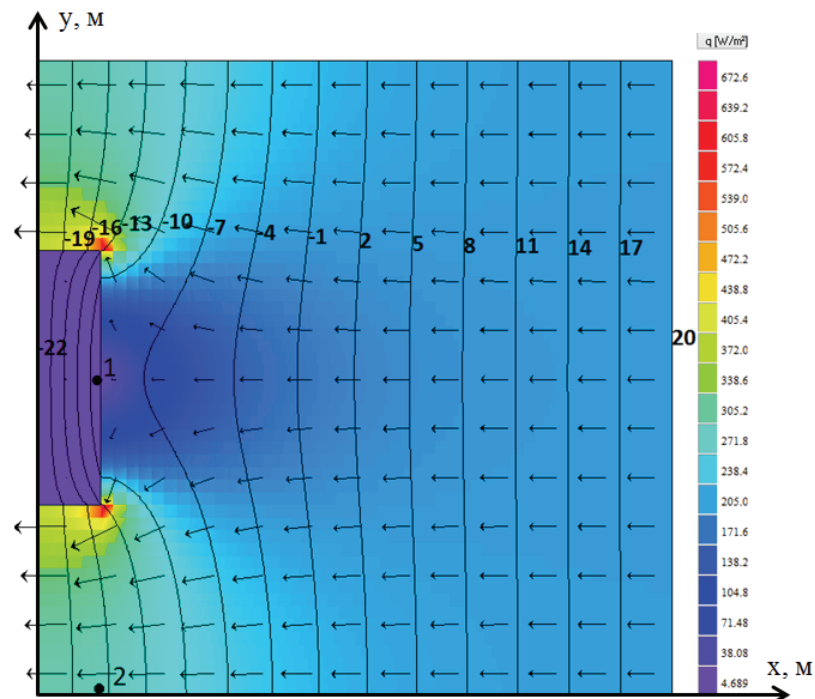


Рисунок 1 – Распределение температуры и теплового потока в толще стены с нетеплопроводным включением ($\delta = 0,05$ м).

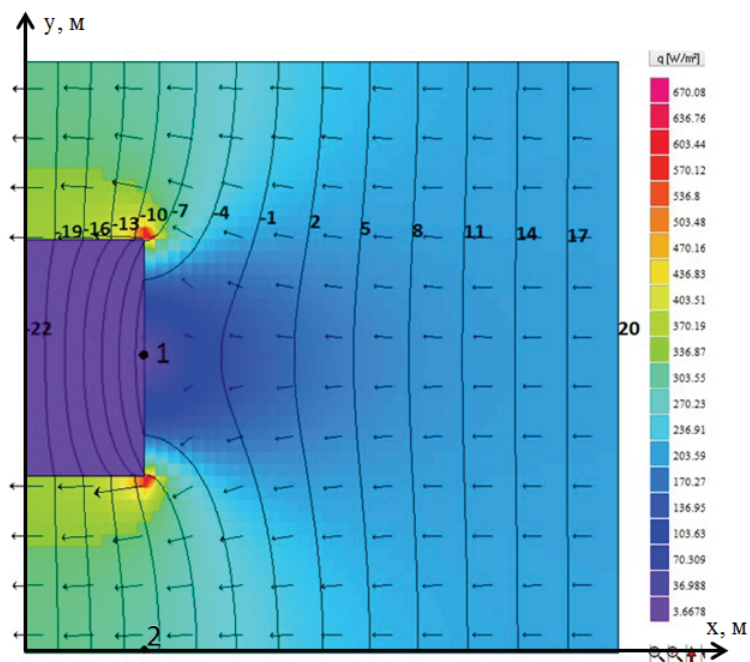


Рисунок 2 – Распределение температуры и теплового потока в толще стены с нетеплопроводным включением ($\delta = 0,10$ м).

ции на таком же расстоянии от наружной поверхности, как и точка 1. Однако в этом случае параметры берутся для точки, которая расположена в установившемся температурном поле в ограждающей конструкции. Шкала справа характеризует численные значения изменения удельного теплового потока в каждой точке данной ограждающей конструкции. Результаты данных аналитических исследований обработаны и приведены в таблице и на рисунке 4.

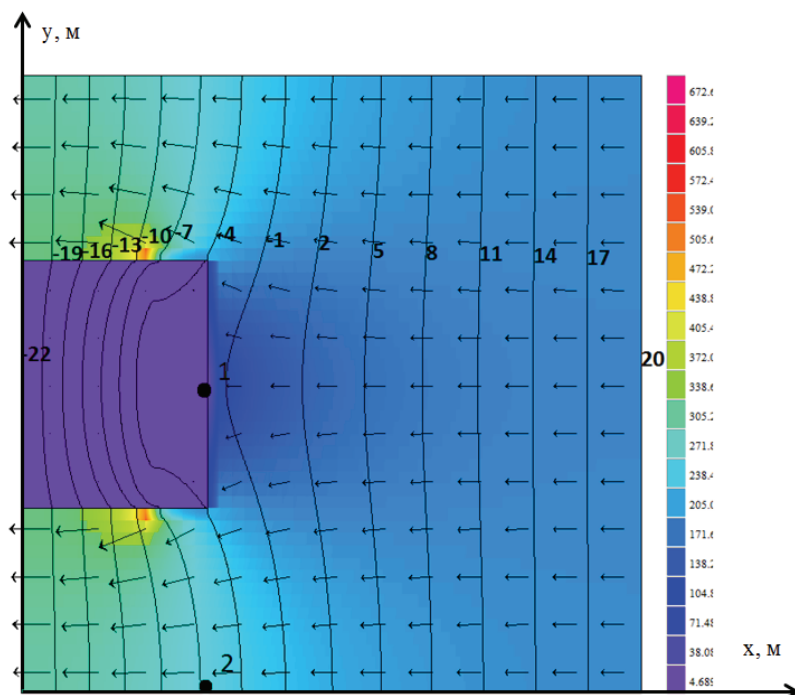


Рисунок 3 – Распределение температуры и теплового потока в толще стены с нетеплопроводным включением ($\delta = 0,15$ м).

Таблица – Отклонение температур на поверхности ограждений при наличии нетеплопроводных включений

Толщина нетеплопроводного включения из полиуретана, мм	Температура $t_b, ^\circ\text{C}$		Тепловой поток $q, \text{Вт/м}^2$		Изменение температуры, $\Delta t_b, ^\circ\text{C}$	Изменение теплового потока $\Delta q, \text{Вт/м}^2$
	в точке 1	в точке 2	в точке 1	в точке 2		
0,05	-16,7	-7,5	303	9,2	12,2	293,8
0,10	-11,3	-2,4	293	7,1	8,8	285,9
0,15	-6,5	1,8	280	5,8	8,3	274,2

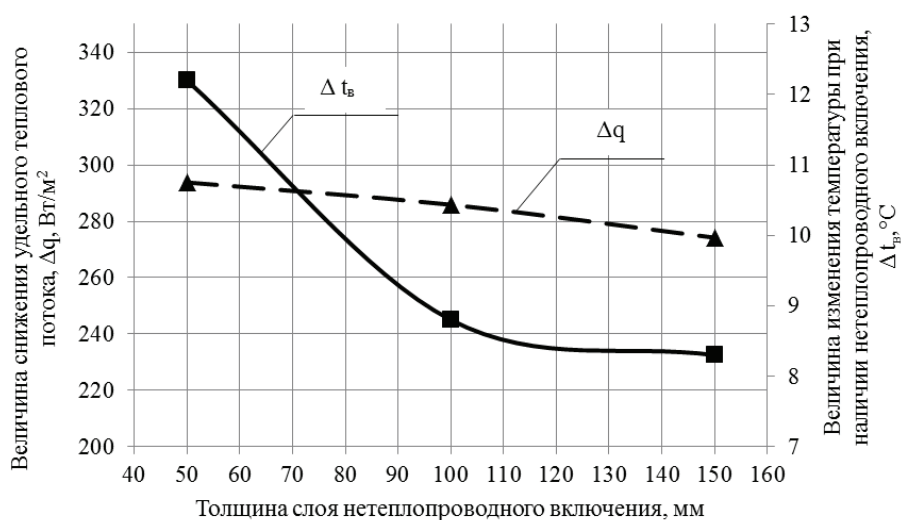


Рисунок 4 – Изменение температуры и теплового потока в толще стены в зависимости от толщины нетеплопроводного включения.

ВЫВОДЫ

Исследовано распределение температур в толще ограждающей конструкции, которая имеет нетеплопроводное включение с наружной стороны; показана зависимость распределения температурных полей от толщины теплоизоляционного материала. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что изменение температурного поля в зависимости от толщины теплоизоляционного материала носит нелинейный характер, в то время как изменение теплового потока близко к линейному. Данный материал, как и другие исследования в сфере энергосбережения [8, 9], должен послужить отправной точкой для изучения других прикладных задач, связанных с реконструкцией и восстановлением жилья, как на территории Донбасса, так и в других регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горожанкин, С. А. Техническая и ресурсная составляющая процесса энергоресурсосбережения в Украине [Текст] / С. А. Горожанкин, Д. В. Выборнов, С. И. Монах // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2012. – Выпуск 2012-2(94) : Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 3–8.
2. Негода, И. Н. Сравнительный анализ нормативной базы для проведения энергосберегающих мероприятий [Текст] / И. Н. Негода, Д. В. Выборнов / Збірник тез доповідей за матеріалами конференції «Науково-технічні досягнення студентів, аспірантів, молодих вчених будівельно-архітектурної галузі», 21–22 квітня 2016 року / Донбаська національна академія будівництва і архітектури. – Макіївка : ДонНАБА, 2016. – С. 191–192.
3. Долголаптев, В. М. Инженерный метод определения линейного коэффициента теплопередачи в узлах угловых стыков зданий [Текст] / В. М. Долголаптев, И. Н. Симонова, С. И. Симонов // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – 2011. – Вып. 33. – С. 267–274.
4. Сравнение теплотехнических характеристик различных ограждающих конструкций в натурных условиях [Текст] / Е. А. Мошкова, Т. В. Туева, Т. В. Антончик, П. А. Егорова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 9–1. – С. 140–145.
5. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – [На заміну СНиП II-3-79 ; чинний від 01.04.2007]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 65 с.
6. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. – Взамен СП 23-101-2000 ; введ. 2004-06-01. – М. : [б. и.], 2004. – 139 с.
7. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1983. – 287 с.
8. Выборнов, Д. В. Результати експериментально-аналітичних досліджень ефективності роботи теплонасосних установок [Текст] / Д. В. Выборнов, С. И. Монах // Холодильная техника и технология. – 2014. – № 6 (152). – С. 26–31.
9. Выборнов, Д. В. Экономическая и экологическая эффективность ТНУ, использующих теплоту шахтных вод [Текст] / Д. В. Выборнов, С. И. Монах // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Вып. 2015-5(115) : Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 43–48.

Получено 19.09.2016

Д. В. ВИБОРНОВ, В. М. ЛЕВІН, І. М. НЕГОДА
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ В
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ НА РОЗТАШУВАННЯ
ІЗОТЕРМІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У даній роботі досліджено розподіл температур в товщі огорожувальної конструкції при наявності нетеплопровідного включення різної товщини. Досліджено тенденцію зміни і розташування температурних полів поблизу нетеплопровідного включення. Зроблено оцінку розподілу питомого теплового потоку і перепаду температур на межі нетеплопровідного включення і конструкційного шару огородження.

теплофізика, огорожувальна конструкція, опір теплопередачі, ізотермічна поверхня, нетеплопровідне включення, енергоаудит

DMITRY VYBORNOV, VIKTOR LEVIN, ILYA NEGODA
STUDY OF THE INFLUENCE OF INCLUSIONS NONCONDUCTOR WALLING
ON THE LOCATION OF THE INSULATED SURFACES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The temperature distribution in the interior of the building envelope in the presence of nonconductor inclusion of different thicknesses was studied in this work. The trend of changes and the location of the temperature fields near nonconductor inclusion were also studied. The estimation of the distribution of specific heat flow and temperature difference on the border nonconductor powering on and structural barriers layer were done.

thermal physics, cladding, heat transfer resistance, the isothermal surface nonconductor inclusion, energy audit

Виборнов Дмитро Володимирович – к. т. н., доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання, використання теплонасосних технологій.

Левін Віктор Матвійович – д. т. н., професор, завідувач кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: математичне моделювання процесів масо- та теплопереносу, механічних процесів у деформованих твердих тілах, роботи залізобетонних баштових споруд.

Негода Ілля Миколайович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: альтернативні джерела енергії, енергозбереження, термомодернізація огорожувальних конструкцій.

Выборнов Дмитрий Владимирович – к.т.н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения, использование теплонасосных технологий.

Левин Виктор Матвеевич – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса, механические процессы в деформируемом твердом теле. Работа железобетонных башенных сооружений.

Негода Илья Николаевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: альтернативные источники энергии, энергосбережение, термомодернизация ограждающих конструкций.

Vybornov Dmitry – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat supply with usage of heat pump technologies.

Levin Viktor – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of the Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mathematical modeling of processes of transfer of heat and mass, mechanical processes in deformable solid body, working of reinforced concrete towers.

Negoda Ilya – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: alternative energy sources, energy saving, thermo improvement walling.

УДК 622.91

З. В. УДОВИЧЕНКО, Е. Н. ГРИШКО, А. О. ВОЛКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

В работе проанализированы методики проектирования и расчета газораспределительных сетей, а также методики определения оптимального количества ГРП. Отмечено, что замена сетей низкого давления сетями среднего давления с установкой надомных регуляторов приводит к снижению стоимости и улучшению эксплуатационных характеристик газовых сетей. Сделаны выводы о том, что широкое применение пунктов редуцирования шкафного типа обуславливает тенденцию к качественному изменению структуры газораспределительной сети.

система газоснабжения, регулятор давления шкафного типа, газорегуляторный пункт, методика проектирования, распределительные сети

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время газораспределительные системы населенных пунктов представляют собой сложный технологический комплекс, включающий в себя газовые сети различного давления, газорегуляторные пункты, газовые приборы и установки, использующие топливо на различные потребительские нужды.

Повышение эффективности работы системы газоснабжения начинается с процесса проектирования, где формируются мероприятия по обеспечению полного и надёжного газоснабжения на всех этапах сооружения и эксплуатации системы.

На сегодняшний день в работе газотранспортной системы Донбасса существует множество нерешенных проблем, и ситуация по обеспечению бесперебойной и надежной работы системы газоснабжения усложнилась, но остается факт необходимости обеспечения потребителей газовым топливом при надежном обслуживании существующих сетей и оборудования. В этих условиях особенно актуальным является вопрос, связанный с разработкой методов оптимизации систем газоснабжения.

Проблема оптимизации систем газоснабжения охватывает широкий комплекс взаимосвязанных вопросов, касающихся оптимального проектирования систем, выбора вида системы (децентрализованная или централизованная), распределения перепадов давления между участками газовой распределительной сети и многое другое. Эти задачи представляют определённую сложность, так как системы газоснабжения являются по существу подсистемами больших систем энергетики, непрерывно развиваются, характеризуются многофакторной зависимостью экономических показателей как от схемы, типа оборудования, режима работы системы газоснабжения, так и от структуры и режима работы энергетической системы в целом [1, 2].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Вопросу эффективного функционирования распределительных систем газоснабжения населенных пунктов посвящено большое количество научных публикаций как в нашей стране, так и за рубежом. Обеспечение целесообразности использования разрабатываемых объектов, разрешение возникающих противоречий нашло отражение в трудах отечественных и зарубежных ученых, таких как Д. Хедли, Л. А. Мелентьев, В. А. Смирнов, Д. Б. Баясанов, Е. И. Берхман, А. А. Ионин, А. М. Левин и другие. Полученные авторами результаты и разработанные на их основе рекомендации имеют огромное значение для реализации комплексных мероприятий по повышению эффективности работы

газотранспортных систем, но часто не учитывают всю полноту и многообразие взаимодействия системообразующих факторов в современных условиях. Крайне важно, чтобы поставленные задачи решались с учетом региональных особенностей проектирования и эксплуатации систем газоснабжения, а также экономических условий реализации проектов.

В качестве одного из способов повышения экономической эффективности систем газоснабжения рассматривается использование систем одноступенчатого снижения давления, например с применением газопроводов среднего (высокого) давления, что в определенных условиях дает возможность снизить затраты на эксплуатацию газовых сетей на 20...30 % [2].

А. А. Ионин в своей работе приводит обоснование того, что основным резервом снижения стоимости распределительных городских газовых сетей является замена сетей низкого давления сетями среднего давления. В его работах установлено, что потери давления в газопроводах обратно пропорциональны среднему давлению газа, поэтому для участков сети с одинаковыми расходами газа повышение давления газа будет вести к уменьшению диаметров газопроводов и снижению стоимости сети.

М. С. Куприянов отмечает необходимость учитывать то обстоятельство, что для кварталов с плотной застройкой нецелесообразно устанавливать регулятор давления у каждого дома (подъезда), в таких условиях целесообразной является установка одного пункта редуцирования шкафного типа на квартал с прокладкой к каждому дому газопровода низкого давления. Подобную систему газоснабжения рекомендовал и Е. И. Берхман [2].

Внедрение одноступенчатых схем требует применения шкафных газорегуляторных установок, оборудованных комбинированными регуляторами давления (домовыми регуляторами). Их низкая стоимость и достаточно широкий типоразмерный ряд позволил качественно изменить структуру распределительных систем газоснабжения, уменьшив протяженность, материало- и капиталоемкость газопроводов низкого давления [3].

Как показывает практика, обеспечение необходимого давления газа на газоиспользующем оборудовании достигается в случае, когда пункт редуцирования размещается как можно ближе к абоненту, так как при этом обеспечивается поддержание давления газа на нужном уровне вне зависимости от изменения расхода газа и обеспечиваются наилучшие условия для сжигания газа. Данное обстоятельство повышает надежность работы и КПД газоиспользующих приборов у всех потребителей за счет равномерной подачи газа. Такие системы с надежными регуляторами небольшой производительности оказываются экономичными и технически более совершенными (рис.).

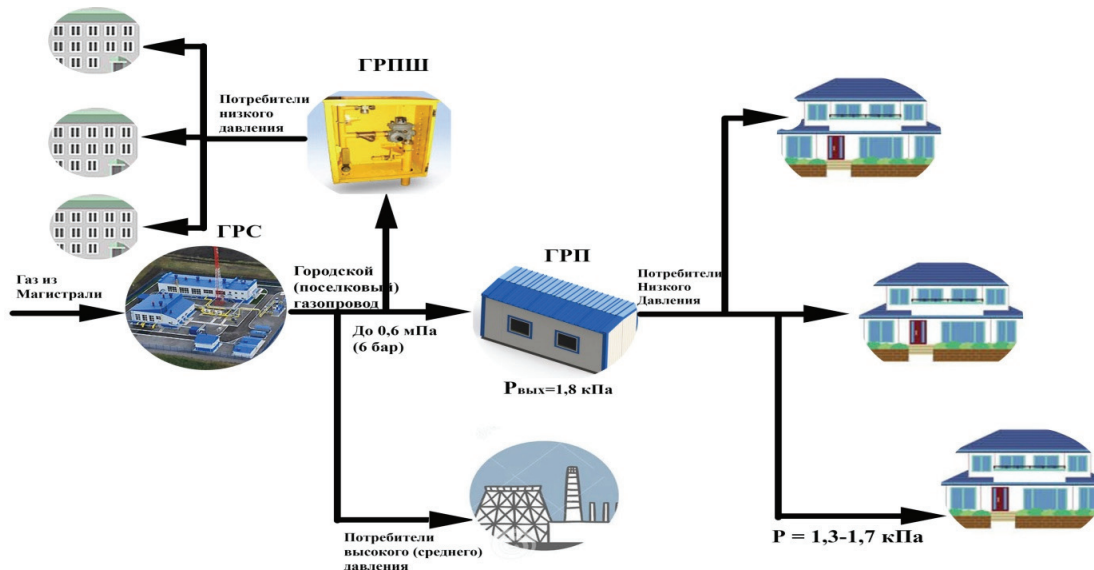


Рисунок – Схема системы газоснабжения.

Еще одним немаловажным преимуществом одноступенчатых систем является стабилизация давления газа, позволяющая эксплуатировать приборы и оборудование при давлениях, близких к номинальным значениям, выявляет дополнительный газосберегающий потенциал и обеспечивает работу газовых приборов с максимальным коэффициентом полезного действия (КПД) [4, 5].

Разработкой основ проектирования и обоснованием применения одноступенчатых систем занимались Е. И. Берхман, А. А. Ионин, М. С. Куприянов, А. Ю. Ляконис, Я. М. Торчинский и многие другие.

Вопрос о нахождении оптимальной централизации газораспределительных систем, то есть обоснование оптимального количества жилых зданий, подключаемых к одному пункту редуцирования газа, также является актуальным на сегодняшний день. Степень централизации систем газоснабжения с двухступенчатым редуцированием газа в проектной практике, как правило, принимается в зависимости от пропускной способности пунктов редуцирования, специфики застройки, трассировки распределительных сетей и других факторов.

Задача определения оптимального числа газорегуляторных пунктов относится к числу наиболее часто решаемых оптимизационных задач.

Принято, что затраты в пункте редуцирования и в ответвлениях к нему можно принимать постоянными, но с учетом коэффициентов стоимости, зависящих от длины газопроводов-отводов, которая в свою очередь изменяется при изменении количества ГРП. При этом охват газоснабжением в зоне действия одного ГРП и производительность всех ГРП одинаковы, а газорегуляторные пункты располагаются в центре оптимальной зоны действия ГРП. В натурных условиях такая ситуация наблюдается крайне редко, и предложенная А. А. Иониным [6] методика в недостаточной степени учитывает характер планировки рассчитываемых населенных пунктов.

Достаточно точными являются рекомендации при выборе схем распределительных сетей низкого давления с учетом нескольких вариантов трассировки сетей и расположения ГРП, однако такой метод является трудоемким и включает ряд сложных расчетов [7].

Еще одним недостатком предлагаемых методик расчета является детерминированное решение задачи выбора оптимального количества ГРП. В основу расчетов заложена теоретическая модель системы газоснабжения с кварталами квадратной формы, с равномерной плотностью потребления газа по всем участкам газопровода; не учитывается изменение средней длины участков сети низкого давления; отсутствуют затраты в сети среднего и высокого давлений, непосредственно подводящих газ к ГРП; не учитываются годовые расходы по эксплуатации газопроводов и ГРП [8].

Помимо указанных недостатков, рассмотренные методы определения оптимального количества ГРП на газопроводах низкого давления игнорируют погрешность исходной информации, которая вносит существенную поправку в принимаемые проектные решения. Вследствие этого детерминированные решения задачи являются «мнимо точными» и представляют собой лишь один из множества вариантов.

Поэтому при определении оптимального числа ГРП нужно искать не однозначное значение, а определять зону экономической неопределенности (ЗЭН). А. Ю. Ляконис предложил графоаналитический подход к выбору оптимального числа газорегуляторных пунктов в условиях вероятностно-неопределенных свойств исходной информации. Такой подход дает проектировщику свободу при предпочтении того или иного варианта оптимизации, поскольку внутри ЗЭН все варианты в экономическом отношении равно эффективны (при условии удовлетворения техническим требованиям обеспечения потребителей газовым топливом) [9].

Широкое применение пунктов редуцирования шкафного типа обуславливает тенденцию к качественному изменению структуры газораспределительной сети. Её характерной особенностью являются разветвленные (кольцевые) сети среднего давления в сочетании с короткими (тупиковыми) сетями низкого давления.

Следует выделить еще один немаловажный аспект – имеющиеся на сегодняшний день рекомендации и аналитические зависимости не учитывают возможности снижения металлоемкости распределительных сетей за счет оптимизации перепадов давления по участкам газовой сети и привязаны к неизменной величине располагаемого колебания давления в газопроводах, принимаемым в соответствии с нормативами в размере 1 800 Па.

По предварительным расчетам оптимальное распределение расчетного перепада давления между участками сети в зависимости от характера планировки, застройки позволит снизить металло- (материало-) емкости газовых сетей до 10...15 % при снижении их стоимости до 4...5 % и является прогрессивным мероприятием.

Разработка методик проектирования и расчета эффективных распределительных систем газоснабжения представляет собой актуальную научно-техническую задачу, реализация которой требует обобщенной постановки и глубокого анализа с учетом многообразия системообразующих факторов и специфических особенностей современных систем газоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведева, О. Н. Оценка оптимальных размеров централизации распределительных систем газоснабжения [Текст] / О. Н. Медведева // Актуальные проблемы современного строительства : Материалы 64 Международной научно-техн. конф. молодых ученых. Ч. 1 / С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – СПб. : СПбГАСУ, 2011. – С. 304–307.
2. Медведева, О. Н. Оптимизация распределительных систем газоснабжения малых населенных пунктов [Текст] / О. Н. Медведева, Б. Н. Курицын // Инженерные системы, АВОК-Северо-Запад.- Санкт-Петербург : НПСЗ Центр АВОК. – 2006. – № 3. – С. 36–40.
3. Промышленное газовое оборудование [Текст] : справочник / Под ред. Е. А. Карякина. – 3-е изд., испр. и доп. – Саратов : Науч.-исслед. центр пром. газового оборудования «Газовик», 2003. – 623 с. – (Газовик). – ISBN 5-93888-332-6.
4. Гнездилова, О. А. Разработка модели оперативного управления городскими системами газоснабжения на основе принципа регулирования по возмущению [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. А. Гнездилова. – Воронеж : ВГАСУ, 2009. – 15 с.
5. Удовенко, В. Е. Технологическая структура энергоснабжающих систем [Текст] / В. Е. Удовенко // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : Материалы междунауч.-техн. конф. / Московский государственный строительный университет. – М. : МГСУ, 2005. – С. 17–22.
6. Ионин, А. А. Газоснабжение [Текст] : учеб. пособие для вузов. Специальная литература / А. А. Ионин. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – СПб. : Лань, 2012. – 448 с. : ил.
7. Стаскевич, Н. Л. Газоснабжение городов [Текст] / Н. Л. Стаскевич. – Л. : Гостоптехиздат, 1954. – 646 с.
8. Гофман-Захаров, П. М. О технико-экономических предпосылках построения газоразводящих систем низкого давления [Текст] / П. М. Гофман-Захаров // Газовая промышленность. – 1956. – № 11. – С. 22–28.
9. Ляуконис, А. Ю. Оптимизация городского газоснабжения [Текст] / А. Ю. Ляуконис. – Л. : Недра, 1989. – 302 с.

Получено 19.09.2016

З. В. УДОВИЧЕНКО, К. М. ГРИШКО, О. О. ВОЛКОВ АНАЛІЗ МЕТОДИК ПРОЕКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У роботі проаналізовані методики проектування та розрахунку газорозподільних систем, а також методики визначення оптимальної кількості ГРП. Відмічено, що заміна мереж низького тиску мережами середнього тиску з установленим надомних регуляторів приводить до зниження вартості та поліпшення експлуатаційних характеристик газових мереж. Зроблено висновки про те, що широке застосування пунктів редукування шафового типу обумовлює тенденцію до якісної зміни структури газорозподільної мережі.

система газопостачання, регулятор тиску шафового типу, газорегуляторний пункт, методика проектування, розподільні мережі

ZLATA UDOVICHENKO, EKATERINA GRYSHKO, ALEXANDER VOLKOV ANALYSIS OF THE METHODS OF DESIGNING OF EFFECTIVE DISTRIBUTING GAS SUPPLY SYSTEMS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The authors analyze the methods of design and calculation of gas distributing systems, as well as methods for determining the optimal number of gas control stations. It is noted that the replacement of low-pressure systems for medium pressure ones with the installation of house regulators reduce the cost and improve the performance of gas systems. It is concluded that a broad application of reduction stations of cabinet type promotes the qualitative changes of the structure of the gas distributing system.

gas supply system, a pressure regulator of cabinet type, gas control station, method of design, distributing systems

Удовиченко Злата Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадні технології в системах теплогазопостачання і вентиляції.

Гришко Катерина Миколаївна – аспірант, асистент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадні технології в системах теплогазопостачання і вентиляції.

Волков Олександр Олегович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення надійності та ефективності розподільних систем газопостачання.

Удовиченко Злата Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

Гришко Екатерина Николаевна – аспирант, ассистент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

Волков Александр Олегович – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение надежности и эффективности распределительных систем газоснабжения.

Udovichenko Zlata – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy saving technologies in the heat and gas supply and ventilation systems.

Gryshko Ekaterina – post-graduate student, assistant, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy saving technologies in the heat and gas supply and ventilation systems.

Volkov Alexander – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Increase of reliability and efficiency of distribution gas supply systems.

УДК 658.264

А. А. ОЛЕКСЮК, А. А. РУСАКОВА, Е. А. РУСАКОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИТП С ТРЕХКОНТУРНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассчитана подогревательно-аккумуляторная установка с трехконтурным теплообменником для независимых систем отопления и горячего водоснабжения девятиэтажного жилого дома при подземном строительстве.

индивидуальный тепловой пункт, подогревательно-аккумуляторная установка, трехконтурный теплообменник, теплоснабжение

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В связи с острым дефицитом всех видов топлива и электрической энергии следует осуществлять переход систем теплоснабжения на более совершенные системы присоединения абонентских систем отопления и горячего водоснабжения с целью снижения их металлоемкости, что позволит решить вопросы экономии как энергоресурсов, так и материалов.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Рассмотреть малометаллоемкую, экономичную систему для местных абонентских установок отопления и горячего водоснабжения зданий при подземном строительстве.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В связи с бурным развитием военной техники, появлением оружия массового поражения и гонкой вооружений можно предположить, что в случае конфликта между странами возникнет ядерная война. Следовательно, актуальны будут жилые здания с подземной застройкой. Рассмотрим возможный вариант отопления такого дома.

Использование компактных подогревательно-аккумуляторных установок (ПАУ) с трехконтурными теплообменниками, сооружаемые на индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) для подключения систем отопления и горячего водоснабжения, позволяет решать комплекс задач, связанных с экономией капитальных вложений и эксплуатационных затрат [1–3].

Особенность теплового расчета ПАУ с трехконтурным теплообменником состоит в определении требуемых расчетных поверхностей нагрева, пропорционально тепловым нагрузкам на отопление и горячее водоснабжение, а также циркуляционного расхода системы горячего водоснабжения (ГВ), поступающего в бак-аккумулятор по циркуляционному трубопроводу.

Сложность расчета таких установок заключается в проектировании конструкций узлов, и деталей ПАУ, а также проверочном расчете теплообменного аппарата.

Основными факторами, влияющими на тепловой и конструктивный расчет, являются: количество квартир – 36 шт.; количество человек в квартире – 4 чел.; количество потребителей ГВ – 144 чел.; принимаем параметры теплоносителя – 150/70 °С.

Сложный теплообмен, протекающий в ПАУ с трехконтурным теплообменником, можно записать через уравнение теплового баланса

$$Q_{ПАУ} = Q_0 + (Q_{ГВ} + Q_{П}), \text{ Вт}, \quad (1)$$

где Q_0 – расчетный расход на отопление, Вт;
 $Q_{ГВ}$ – расчетный расход тепла на горячее водоснабжение, Вт;
 $Q_{П}$ – потери тепла подающими и циркуляционными трубопроводами в системе горячего водоснабжения;

$$Q_0 = q_0 \cdot V_H \cdot (t_{BH} - t_{HO}) \cdot \eta, \text{ Вт}; \quad (2)$$

$$Q_0 = 0,4 \cdot 8\,640 \cdot (18 - 22) \cdot 1,05 = 145\,152 \text{ Вт};$$

$$Q_{ГВ} = (m \cdot a \cdot (t_{Г} - t_{Х}) \cdot 1,163 \cdot k_c) / 24 \text{ Вт}; \quad (3)$$

$$Q_{ГВ} = (144 \cdot 80 \cdot (55 - 5) \cdot 1,163 \cdot 1,2) / 24 = 33\,494 \text{ Вт};$$

$$Q_{П} = 0,15 \cdot Q_{ГВ}, \text{ Вт}; \quad (4)$$

$$Q_{П} = 0,15 \cdot 33\,494 = 5\,024 \text{ Вт};$$

$$Q_{ПВ} = 145\,152 + (33\,494 + 5\,024) = 183\,670 \text{ Вт}.$$

где q_0 – удельный расход тепла на единицу объема здания, Вт/м³;
 V_H – объем здания по наружному обмеру, м³;
 $t_{вн}$ – температура внутреннего воздуха в помещении, °С;
 $t_{но}$ – температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С;
 m – число жителей или потребителей в здании, чел;
 a – норма расхода горячей воды на человека в сутки, л/чел. в сутки;
 $t_{г}$ – температура горячей воды, °С;
 $t_{х}$ – температура холодной водопроводной воды, °С;
 24 – число часов в сутки;
 η – поправочный коэффициент;
 k_c – коэффициент суточной неравномерности, $k_c = 1,2$ принимается;

Теплообменные поверхности для нагрева воды отопительного контура F_1 и системы горячего водоснабжения F_2 можно определить по выражению:

$$F_1 = \pi \cdot D_1^{cp} \cdot L_1 \cdot n = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 3 \cdot 12 = 2,83 \text{ м}^2; \quad (5)$$

$$F_2 = \pi \cdot D_2^{cp} \cdot L_2 \cdot n = 3,14 \cdot 0,015 \cdot 3,4 \cdot 12 = 1,92 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = \pi \cdot D_3^{cp} \cdot L_3 \cdot n,$$

где n – число парных трубок, диаметрами D_1 и D_2 , шт.;
 L_1, L_2, L_3 – их длины и корпуса теплообменника, м.

Площади поперечного сечения для прохода теплоносителя, f_{III} системы отопления f_1 и горячего водоснабжения f_2 можно определить по выражению:

$$f_{III} = \pi \cdot (D_{1B}^2 - D_{2H}^2) \cdot n / 4, \text{ м}^2; \quad (6)$$

$$f_{III} = \pi \cdot (0,024^2 - 0,016^2) \cdot 12 / 4 = 0,004 \text{ м}^2;$$

$$f_1 = \pi \cdot (D_{KB}^2 - D_{1H}^2 \cdot n) / 4; \quad (7)$$

$$f_1 = 3,14 \cdot (0,152^2 - 0,026^2 \cdot 12) / 4 = 0,009 \text{ м}^2;$$

$$f_2 = \pi \cdot D_{2B}^2 \cdot n / 4;$$

$$f_2 = 3,14 \cdot 0,014^2 \cdot 12 / 4 = 0,003 \text{ м}^2.$$

Средние температуры: теплоносителя τ_{cp} , воды отопительного контура, T_{cp} ; и горячего водоснабжения t_{cp} можно записать по выражениям:

$$\tau_{cp} = 0,5(\tau_1 + \tau_2) = 0,5(150 + 70) = 110 \text{ °С}; \quad (8)$$

$$t_{CP1} = 0,5(T_{10} + T_{20}) = 0,5(95 + 60) = 77,5 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad (9)$$

$$t_{CP2} = 0,5(t_{\Gamma} + t_{\chi}) = 0,5(55 - 5) = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (10)$$

Среднегеометрические разности температур для отопительного контура Δt_{1CP} , системы ГВ, Δt_{2CP} , также средняя для ПАУ, $\Delta t_{CP}^{ПАУ}$, $^{\circ}\text{C}$ составят:

$$\begin{aligned} \Delta t_1^{CP} &= ((\tau_1 - T_{10}) - (\tau_2 - T_{20})) / \ln((\tau_1 - T_{10}) / (\tau_2 - T_{20})), \\ \Delta t_1^{CP} &= ((150 - 95) - (70 - 60)) / \ln((150 - 95) / (70 - 60)) = 26,5 \text{ }^{\circ}\text{C}; \\ \Delta t_2^{CP} &= ((\tau_2'' - t_{\chi}) - (\tau_1'' - t_{\Gamma})) / \ln((\tau_2'' - t_{\chi}) / (\tau_1'' - t_{\Gamma})), \\ \Delta t_2^{CP} &= ((30 - 5) - (70 - 55)) / \ln((30 - 5) / (70 - 55)) = 19,6 \text{ }^{\circ}\text{C}; \\ \Delta t_{CP}^{ПАУ} &= 0,5 \cdot (\Delta t_1^{CP} + \Delta t_2^{CP}) = 0,5(26,5 + 19,6) = 23,05 \text{ }^{\circ}\text{C}. \end{aligned} \quad (11)$$

Расход теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, G_0 и нагреваемого на нужды горячего водоснабжения, $W_{ГВ}$:

$$G_0 = Q_0 / (c \cdot (T_{10} - T_{20})), \text{ кг/с}, \quad (13)$$

$$G_0 = 145152 / (4187 \cdot (95 - 60)) = 0,99 \text{ кг/с};$$

$$W_{ГВ} = Q_{ГВ} / (c \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi})), \text{ кг/с}, \quad (14)$$

$$W_{ГВ} = 33494 / (4187 \cdot (55 - 5)) = 0,16 \text{ кг/с}.$$

Температуры всех трех контуров обычно заданы и соответственно равны: $\tau_1 = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau_2 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{10} = 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{20} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\Gamma} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\chi} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплопередачи через теплообменную поверхность системы отопления f_1 и системы ГВ, f_2 , соответственно, k_1 , k_2 , $k_{общ}^{ПАУ}$ равны:

$$k_1 = Q_0 / (\Delta t_1^{CP} \cdot F_1), \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}, \quad (15)$$

$$k_1 = 145152 / (26,5 \cdot 2,83) = 1935 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)};$$

$$k_2 = Q_{ГВ} / (\Delta t_2^{CP} \cdot F_2) = 33494 / (19,6 \cdot 1,92) = 890 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)};$$

$$k_{общ}^{ПАУ} = (k_1 \cdot F_1 + k_2 \cdot F_2) / (F_1 + F_2), \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}, \quad (16)$$

$$k_{общ}^{ПАУ} = (1935 \cdot 2,83 + 890 \cdot 1,92) / (2,83 + 1,92) = 1513.$$

Конструктивный расчет трехконтурного теплообменника состоит в определении площадей теплообменных поверхностей f_1 и f_2 таким образом, чтобы коэффициенты теплопередачи k_1 и k_2 находились в диапазоне 1 000–2 000 Вт/(м²·°C).

Общую тепловую мощность ПАУ с трехконтурным теплообменником можно записать в виде

$$Q_{ПАУ} = k_{общ}^{ПАУ} \cdot (F_1 + F_2) \cdot \Delta t_{CP}^{ПАУ} \text{ Вт}, \quad (17)$$

$$Q_{ПАУ} = 1513 \cdot (2,83 + 1,92) \cdot 23,05 = 168889 \text{ Вт}.$$

Объем аккумулирующей емкости можно определить по формуле

$$V_{ба}^{ПАУ} = \frac{m \cdot a}{12} \cdot 10^{-3} = \frac{144 \cdot 80}{12} \cdot 10^{-3} = 0,96 \text{ м}^3. \quad (18)$$

Наличие аккумулирующей емкости в ПАУ с трехконтурным теплообменником позволит сгладить пики на графике суточного теплоснабжения в системе горячего водоснабжения, а размещение теплообменника внутри бака-аккумулятора способствует поддержанию расчетной температуры горячей воды ($t_{\Gamma} = 55...60 \text{ }^{\circ}\text{C}$) при снижении водоразбора на горячее водоснабжение.

$$F = \frac{Q}{k \cdot t_{cp}}, \text{ м}^2; \quad (19)$$

$$F_o = \frac{145152}{1600 \cdot 26,5} = 3,42 \text{ м}^2;$$

$$F_{26} = \frac{33494}{1200 \cdot 19,6} = 1,42 \text{ м}^2.$$

Поверхность нагрева одной трубки находим:

$$S_i = \pi \cdot d_i^2 \cdot l_i, \text{ м}^2; \quad (20)$$

$$S_1 = 3,14 \cdot 0,026 \cdot 3 = 0,245 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 3,14 \cdot 0,016 \cdot 3,4 = 0,171 \text{ м}^2.$$

Количество трубок определяем по формуле:

$$n = F_i / S_p, \text{ шт.} \quad (21)$$

$$n_1 = 3,42 / 0,245 = 14 \text{ шт.}; n_2 = 1,42 / 0,171 = 8 \text{ шт.}$$

Трехконтурный теплообменник принимается с двенадцатью парными трубками диаметрами D_1 и D_2 в корпусе диаметром $D_k = 152 \times 6$. Схема размещения трубок представлена на (рисунке).

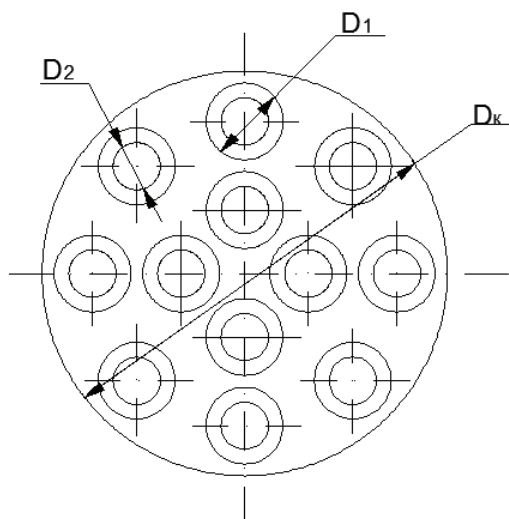


Рисунок – Схема размещения трубок теплообменника.

Приведенный расчет осуществлен для обычного девятиэтажного жилого дома, но может использоваться и для зданий при подземном строительстве.

ВЫВОДЫ

Приведенная методика теплового расчета ПАУ с трехконтурным теплообменником базируется на основных законах теплообмена. Методика расчета теплообменного аппарата адаптирована авторами с учетом результатов собственных научных исследований работы ПАУ с трехконтурным теплообменником в индивидуальном тепловом пункте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олексюк, А. А. Теплообменные процессы, протекающие между теплоносителем и нагреваемой водой в ПАУ с трехконтурным теплообменником на ИТП [Текст] / А. А. Олексюк // Современные проблемы строительства. – Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО «Лебедь», 2000. – Т 1. – С. 110–115.
2. Олексюк, А. А. Оценка эффективности работы систем теплоснабжения от ИТП с ПАУ при помощи термодинамического и эксергетического анализа [Текст] / А. А. Олексюк // Современные проблемы строительства : Ежег. науч. техн. сб. – Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО «Лебедь», 2002. – Т 2. – С. 158–163.

3. Пат. 46558 Україна, МПК (2009) F24D11/00. Триконтурний теплообмінник для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання [Текст] / А. О. Олексюк, С. О. Челапко ; власник патенту Челапко Сергій Олексійович, Олексюк Анатолій Олексійович. – № 46558; заявл. 16.07.2009 ; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24. – 2 с.
4. Щекин, Р. В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции [Текст]. Книга первая. Отопления и теплоснабжение / Р. В. Щекин. – К. : Будівельник, 1976. – 421 с.
5. Charles, E. The John Zink Combustion hand book [Текст] / E. Charles, Jr. Baukal. – Boca Raton, Florida : CRC Press, 2001. – 800 p. – ISBN 9781420038699.

Получено 08.10.2016

А. О. ОЛЕКСЮК, А. О. РУСАКОВА, К. О. РУСАКОВА
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ З НЕЗАЛЕЖНОЮ СИСТЕМОЮ
ПРИЄДНАННЯ МІСЦЕВИХ СИСТЕМ ОВ І ГВ ВІД ІТП З ПАУ І
ТРИКОНТУРНИМ ТЕПЛООБМІННИКОМ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ
БУДІВНИЦТВІ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розрахована підігрівально-акумуляторна установка з триконтурним теплообмінником для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання дев'ятиповерхового житлового будинку при підземному будівництві.

індивідуальний тепловий пункт, підігрівально-акумуляторна установка, триконтурний теплообмінник, теплопостачання

ANATOLIY OLEKSYUK, ANASTASIA RUSAKOVA, EKATERINA RUSAKOVA
HEATING OF BUILDINGS WITH INDEPENDENT SYSTEM CONNECTION
LOCAL HEATING AND HOT WATER SYSTEMS ON THE INDIVIDUAL HEATING
UNITS WITH WARMING-BATTERY INSTALLATION AND THREE-LOOP HEAT
EXCHANGER WITH UNDERGROUND CONSTRUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It has been developed the warming-rechargeable system with three-loop heat exchanger for independent systems of heating and hot water supply of nine-apartment building with underground construction.

individual heating unit, a heating-battery installation, three-loop heat exchanger, heat

Олексюк Анатолій Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів, електрокалориферів з високотемпературними електродами, опалювальних доводчиків.

Русакова Анастасія Олександрівна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів.

Русакова Катерина Олександрівна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів.

Олексюк Анатолій Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов, электрокалориферов с высокотемпературными электродами, отопительных доводчиков.

Русакова Анастасия Александровна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов.

Русакова Екатерина Александровна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов.

Oleksyuk Anatoliy – D.Sc. (Eng.), Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.

Rusakova Anastasia – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.

Rusakova Ekaterina – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.

УДК 69.059:620.9

И. А. КАПЛУНОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

В статье на примере капитального ремонта с модернизацией жилых зданий демонстрируется технико-экономическая оценка эффективности энергосберегающих мероприятий. В связи с периодическими повышениями стоимости на оплату коммунальных счетов и повышенного энергопотребления в коммунальном хозяйстве в настоящее время одним из актуальных вопросов является вопрос повышения энергоэффективности зданий, как строящихся, так и существующих. Жилые здания массовых типовых серий строительства до 2000 года отличались относительно низкими показателями теплозащиты, избыточной инфильтрацией наружного воздуха и, следовательно, увеличенным расходом тепловой энергии на его обогрев, а также низкой эффективностью регулирования теплопотребления.

оценка эффективности энергосберегающих мероприятий

При комплексном капитальном ремонте с модернизацией необходимо осуществление следующих энергосберегающих мероприятий:

- утепление наружных ограждающих конструкций зданий;
- утепление совмещенных кровель или чердачных перекрытий;
- замена оконных и балконных блоков на энергоэффективные и менее воздухопроницаемые;
- остекление лоджий и балконов;
- внедрение автоматизированных узлов управления теплопотреблением зданий;
- индивидуальное регулирование теплоотдачи каждого отопительного прибора с помощью термостатов.

Расчетное теплопотребление определялось по методике, которая учитывает теплопотери через наружные ограждающие конструкции здания с учетом проектных значений сопротивления теплопередаче, расхода тепловой энергии на нагрев наружного воздуха в объеме нормативного воздухообмена и инфильтрации, бытовых тепловыделений и теплопоступлений с солнечной радиацией, эффективности авторегулирования системы отопления и сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий.

Теплотехническая оценка потенциала экономии энергии в результате реализации указанных выше энергосберегающих мероприятий осуществлялась на примере базовых вариантов зданий – представителей наиболее распространенных типовых серий второго (II-18-01/12, II-49-04/9) и третьего (ПЗ/16, П44/16) поколений индустриального домостроения.

Показатели теплозащиты ограждающих конструкций здания и принятая схема присоединения системы отопления к тепловым сетям до и после проведения капитального ремонта приведены в таблице 1.

Расчетное удельное теплопотребление здания на отопление за отопительный период до и после капитального ремонта и ожидаемая экономия энергии приведены в таблице 2. Значения удельного теплопотребления здания за отопительный период, приведенные в таблице, даны с учетом теплопоступлений от солнечной радиации, однако здания-представители, выбранные в качестве базовых вариантов, не имеют определенной ориентации, поэтому при расчётах использовались усреднённые значения.

Таблица 1 – Сравнительные показатели теплозащиты ограждающих конструкций здания

Ограждающие конструкции и схема присоединения системы отопления к тепловым сетям	Показатели теплозащиты ограждающих конструкций	
	До проведения капитального ремонта	После проведения капитального ремонта
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	от 0,95 до 1,0 в зависимости от серии здания	3,13
Приведенное сопротивление теплопередаче окон квартир, окон ЛЛЮ, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,34	0,54
Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	1,47 (серия П-18) 1,47 (серия П-49) 4,6* (серия П3) 5,52* (серия П44)	4,12 (серия П-18) 4,12 (серия П-49) 4,6* (серия П3) 5,52* (серия П44)
Приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над техническим подпольем, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	5,7**	5,7**
Сопротивление воздухопроницанию окон квартир, окон ЛЛЮ, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,3	0,9
Схема присоединения системы отопления к тепловым сетям	Элеваторный узел	Автоматизированный узел управления с насосом подмешивания

Таблица 2 – Удельное теплопотребление здания за отопительный период до и после капитального ремонта, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, и экономия энергии, %

Здание, экономия энергии	Удельное теплопотребление здания за отопительный период, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, по строительным сериям			
	П-18-01/12 (3 618 м^2)	П-49-04/9 (7 160 м^2)	П3/16 (16 275 м^2)	П44/16 (10 506 м^2)
Здание до капитального ремонта	227	199	198	229
Здание после капитального ремонта	87	80	85	100
Экономия энергии за счет внедрения энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте, %	62	60	57	56

В таблице 3 приведена ожидаемая экономия энергии за отопительный период после капитального ремонта по отдельным энергосберегающим мероприятиям.

Таблица 3 – Экономия энергии в процентах за отопительный период после капитального ремонта по отдельным энергосберегающим мероприятиям

Энергосберегающее мероприятие	Экономия энергии за отопительный период, %, по строительным сериям			
	П-18-01/12 (3 618 м^2)	П-49-04/9 (7 160 м^2)	П3/16 (16 275 м^2)	П44/16 (10 506 м^2)
Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций, включая замену окон	38	34	35	35
Применение окон с низкой воздухопроницаемостью	6	6	6	5
Устройство автоматизированного узла управления и установка термостатов на отопительных приборах	18	20	16	16
Общая экономия энергии с учетом устройство автоматизированного узла управления системой отопления	62	60	57	56

Таким образом, можно сделать вывод о том, что увеличение, в ходе капитального ремонта, сопротивления теплопередаче стен до величины $R_0 = 3,13 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, сопротивления теплопередаче окон до величины $R_0 = 0,54 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а также устройство автоматизированного узла управления системой

отопления и установка термостатов на отопительных приборах позволяют достичь следующих результатов в части снижения удельного расхода тепловой энергии системой отопления зданий за отопительный период:

- без применения автоматизированного узла управления системой отопления – 41;
- с автоматизированным узлом управления системой отопления – 59.

Эта дополнительная экономия достигается за счет учёта в режиме подачи тепловой энергии на отопление увеличения доли бытовых тепловыделений в тепловом балансе жилого дома с повышением температуры наружного воздуха.

После выполнения комплексного капитального ремонта, в соответствии с требованиями существующих норм, потери тепловой энергии на подогрев наружного воздуха для вентиляции жилых зданий в нормативном объеме в среднем равны теплотерям через наружные ограждающие конструкции. Необходимо иметь в виду, что искусственное снижение воздухообмена приведет к нарушению санитарно-гигиенических условий. Для экономии энергии на подогрев вентиляционного воздуха возможно применение утилизации теплоты вытяжного воздуха для подогрева приточного, что связано с переходом на механические системы вентиляции.

В составе потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции доля потерь тепловой энергии через покрытия, чердачные и цокольные перекрытия ничтожно мала – 3–4 %, и даже в 9-этажном доме не превышает 6 %, что говорит о нецелесообразности повышения теплозащиты этих ограждений. Доля теплотер через стены составляет 14–19 % в тепловом балансе здания, но еще большую долю составляют теплотери через окна – 25–31 %. Если увеличение толщины утеплителя в стенах связано с трудностями крепления материала утеплителя и кровельного слоя, что может повлечь снижение теплотехнической однородности конструкции. Увеличение сопротивления теплопередаче окон возможно до 0,80–1,05 м²·°С/Вт, то есть в 1,5–2,0 раза, при этом следует помнить в отношении окон, что здесь не только достигается дополнительная экономия тепловой энергии, но и снижается зона дискомфорта вблизи окон.

Модернизация системы управления отоплением и горячим водоснабжением путем замены автоматизированных узлов управления на индивидуальные тепловые пункты, в которых, наряду с системой управления отоплением, имеется узел приготовления воды для горячего водоснабжения. В результате перемещения узла приготовления воды для горячего водоснабжения из центрального теплового пункта в индивидуальный тепловой пункт ликвидируются сети горячего водоснабжения от ЦТП до здания, что приводит к снижению потерь тепла в наружных сетях от ЦТП до здания, снижению аварийности и периодичности ремонта сетей. Такое решение обеспечивает сокращение расхода электрической энергии на перекачку горячей воды и упрощает схему учета тепловой энергии потребляемой зданием, а также ликвидирует избыточную насыщенность приборами контроля, автоматического управления и учета.

Кроме достижения существенного снижения удельного расхода тепловой энергии системой отопления зданий за отопительный период, также обеспечивается повышение качества микроклимата в помещениях за счет возможности индивидуального регулирования температуры воздуха в квартирах с помощью термостатов.

Стоит отметить, что снижение периода окупаемости комплекса энергосберегающих решений в условиях нашей страны возможно путем снижения в первую очередь стоимости конструкции фасадных систем (сметная стоимость 4 050 руб/м²). Учитывая, что величина стоимости самого утеплителя в этих системах не превышает 10 % от стоимости конструкции, необходимо пересмотреть структуру формирования стоимости фасадных систем, заменяя некоторые конструктивные элементы более дешевыми, не снижая их долговечности.

Несмотря на длительные сроки окупаемости (20–30 лет) комплекса энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте жилых домов, его реализация позволяет обеспечить в краткосрочной перспективе:

- значительную экономию энергии, которая может быть использована для теплоснабжения зданий в новом строительстве без привлечения дополнительных мощностей. Например, утепление двух зданий рассматриваемой серии II-18-01/12 площадью 3 618 м² озвояет обеспечить теплотребление в отопительном периоде одного вновь построенного здания такой же площади.
- защиту окружающей среды за счет существенного снижения выделений углерода и углекислого газа. Так, например, только при проведении капитального ремонта жилого здания серии II-18-01/12 снижение эмиссии углерода за период 30 лет составляет 889 т, углекислого газа 3 263 т.

– экономия тепловой энергии при внедрении энергосберегающих мероприятий достигает по рассмотренным домам типовых серий в среднем 59 %, в том числе:

- 25 % – за счет повышения теплозащиты наружных стен и чердачных перекрытий в холодных чердаках;
- 10 % – за счет повышения теплозащиты окон;
- 6 % – за счет сокращения избыточного воздухообмена в квартирах;
- 18 % – за счет устройства автоматизированного узла управления системой отопления и установки термостатов на отопительных приборах.

Кроме того, обеспечивается повышение комфорта для проживающих за счет возможности индивидуального регулирования температуры воздуха в квартирах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные фасадные системы. Современное строительство [Текст] : [учебное пособие] / А. Меньлюк, В. Дорофеев, Л. Лукашенко, В. Москаленко, А. Петровский, В. Соха. – К. : Освіта України, 2008. – 340 с. – ISBN 978-966-8847-70-7.
2. Меньлюк, А. Современные технологии устройства кровель [Текст] : учебное пособие / А. Меньлюк. – К. : ЭДЭНА, 2006. – 284 с. – ISBN 966-8230-12-4.
3. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий [Текст]. – Взамен СНиП II-3-79* ; введ. 2003-10-01. – М. : Госстрой России, 2004. – 30 с.
4. Ливчак, В. Экспресс-энергоаудит теплотребления жилых зданий: особенности проведения [Текст] / В. Ливчак, Ю. Табунщиков // Энергосбережение. – 2009. – № 2. – С. 25–32.
5. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.05-86 ; введ. 1992-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1999. – 71 с.

Получено 08.10.2016

І. О. КАПЛУНОВА

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТОВАНИХ БУДІВЕЛЬ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті на прикладі капітального ремонту з модернізацією житлових будинків демонструється техніко-економічна оцінка ефективності енергозберігаючих заходів. У зв'язку з періодичними підвищеннями вартості на оплату комунальних рахунків і підвищеного енергоспоживання в комунальному господарстві на даний час одним з актуальних питань є питання підвищення енергоефективності будівель, які будуються, так і тих, що існують. Житлові будинки масових типових серій будівництва до 2000 року відрізнялися відносно низькими показниками теплозахисту, надлишковою інфільтрацією зовнішнього повітря та збільшеною витратою теплової енергії на його обігрів, а також низькою ефективністю регулювання теплоспоживання.

оцінка ефективності енергозберігаючих заходів

IRINA KAPLUNOVA

WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF OPERATED BUILDINGS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In this paper, by the example of major overhaul with modernization of residential buildings, it is demonstrated the technical and economic assessment of the effectiveness of energy-saving measures. In connection with the periodic increases in the cost of payment of utility bills and increased energy consumption in the utilities sector is currently one of the most pressing issues is the issue of energy efficiency in buildings, both built and existing ones. Residential buildings of mass construction type series until 2000 differed relatively low rates of thermal protection, excessive infiltration of outside air and, consequently, increased consumption of thermal energy in its heating, as well as the low efficiency of heat control.

evaluation of the effectiveness of energy saving measures

Каплунова Ірина Олександрівна – магістрант кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення енергоефективності будівель, що експлуатуються.

Каплунова Ирина Александровна – магистрант кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий.

Kaplunova Irina – graduate student, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the energy efficiency of buildings operated.

УДК 624.04:711.168(477)

Н. Г. НАСОНКИНА, В. А. ЛОЗИНСКАЯ, Е. А. ФЕСЬКОВА
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНОЙ ЗАЩИТНОЙ ПОЛОСЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье приведен краткий анализ градостроительной нормативно-правовой базы, в частности нормативных и подзаконных документов, касающихся застройки и землепользования прибрежных территорий. В настоящее время соблюдение требований основных подзаконных и нормативных актов достаточно проблематично. Актуальным и целесообразным есть разработка методики установления границ и правил использования прибрежных территорий поселений с целью повышения эффективности их использования путем урегулирования градостроительных, водоохранных, земельных и других отношений.

водный фонд, водоохранная зона, прибрежная защитная полоса, водный объект

В 60-е годы в СССР оставалась острой проблема дефицита пресной воды, истощение и загрязнение водных объектов. Тогда же впервые занялись вопросом использования прибрежных территорий с целью обеспечения сохранности и рационального использования водных ресурсов. Первым в изучении этого вопроса в Советском Союзе стал юрист, профессор А. М. Турубинер, выдвинувший эту дискуссионную проблему. Но он ограничивал эту категорию земель только водным ложем и водохозяйственными сооружениями. Другие земли предлагалось относить к иным категориям в соответствии с целевым назначением и функциональным использованием.

После длительных дискуссий впервые земли, прилегающие к водным объектам, были выделены в отдельную категорию земель водного фонда, что нашло отражение в «Основах земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» 1968 г. (ст. 44). Но выделение новой категории земель не решало вопросы использования застроенных прибрежных территорий на законодательно-нормативном и методическом уровне. Работы ученых по созданию правового обеспечения функционирования механизма интегрированного управления прибрежной территорией, разработке схемы ее функционального зонирования, выделению территорий, пригодных для разных видов деятельности, определению государственной политики и стратегии интегрированного управления землями, на которых оказывает влияние акватория любого водного объекта, продолжались.

В 1978 году в СССР были разработаны и изданы первые Методические рекомендации по архитектурно-планировочной организации жилой застройки на прибрежных территориях и сложном рельефе.

Согласно Методическим рекомендациям глубина прибрежной территории и определялась исходя из следующих критериев:

пешеходная доступность берега реки по времени 20–25 мин, что на ровной местности составит 1,2–1,5 км;

наличие природных или планировочных рубежей: балок, оврагов, полос отчуждений, скоростных или транзитных городских магистралей, границ жилой и общественной застройки – жилых районов, микрорайонов и т. д.;

условия зрительного восприятия удаленных планов застройки: на ровной местности 1,5–2,0 км, при наличии рельефа, с высотой отметок до 60–100 м, – 2–4 и более км; микроклиматическое влияние реки (водоема), характеризующееся определенным ветровым и температурно-влажностным ре-

© Н. Г. Насонкина, В. А. Лозинская, Е. А. Феськова, 2016

жимом, связанным с возникновением устойчивых отклонений от соответствующих характеристик города (поселения) в целом. Глубина прибрежной территории может быть установлена по минимальной величине этих отклонений, определенных в результате многолетних наблюдений, а в ряде случаев – замеров.

В 80-е годы в СССР было принято ряд государственных документов об охране малых рек. В целях охраны малых рек были определены водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы с указанием глубины влияния реки. Впервые в 1989 году в строительные нормы и правила, СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» введен раздел «Охрана окружающей среды». Настоящими нормами регулировались вопросы организации вдоль берегов водохранилищ и малых рек водоохранных зон и определялся регламент застройки этой территории. При проектировании новых поселений ширина водоохранной зоны определялась в зависимости от длины реки (до 50 км – 100 м; от 50 до 100 км – 200 м; от 100 до 200 км – 300 м), для водохранилищ – 500 м [1].

Нормы устанавливали правила застройки при проектировании новых поселений, а как выходить из сложившейся ситуации в существующих населенных пунктах, в нормативном документе указано не было. Кроме того, не было четкого определения водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы.

Ряд законодательных и нормативных документов, решающих вопросы застройки и землепользования прибрежных территорий, был принят на государственном уровне в первые годы независимости Украины.

В 1992 году принят Земельный кодекс Украины (далее ЗК) [2]. Согласно ст. 18, гл. 4 ЗК определена категория земель водного фонда. К землям водного фонда (ст. 58, гл.12 ЗК) относятся земли, занятые:

- а) морями, реками, озерами, водохранилищами, другими водными объектами, болотами, а также островами;
- б) прибрежными защитными полосами вдоль морей, рек и вокруг водоемов;
- в) гидротехническими сооружениями, другими водохозяйственными сооружениями и каналами, а также земли, выделенные под полосы отводов для них;
- г) береговыми полосами водных путей.

В соответствии со ст. 58 ЗК Украины с целью создания благоприятного режима водных объектов вдоль морей, вокруг озер, водохранилищ и других водоемов устанавливаются водоохранные зоны, размеры которых определяются по проектам землеустройства. В границах водоохранных зон выделяются земельные участки под прибрежные защитные полосы с ограниченным режимом хозяйственной деятельности. На территории населенного пункта размер и границы прибрежной защитной полосы устанавливаются с учетом градостроительной документации.

В 1992 году введены в действие Государственные строительные нормы Украины – ДБН 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень». Этим документом установлены требования относительно размеров водоохранных зон при проектировании новых поселений и прибрежных защитных полос в существующих поселениях. В границах существующего населенного пункта устанавливаются прибрежные защитные полосы от уреза воды в меженный период в зависимости от длины реки (до 50 км – не менее 20 м, от 50 до 100 км – до 50 м, свыше 100 км – 100 м), вдоль водоемов – не менее 20 м от уреза воды. Порядок же установления водоохранной зоны для существующих поселений не определен [3].

В ДБН 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» введены ограничения использования трехкилометровой зоны побережья Черного и Азовского морей. В границах этой зоны запрещено промышленное строительство, не связанное с развитием и обслуживанием курортов, кроме морских портов и других объектов морского транспорта, объектов рыбной промышленности и организаций, выполняющих берегоукрепительные и противооползневые работы; жилищное строительство, кроме населенных пунктов, указанных в распоряжении Кабинета Министров Украины. Распоряжение, на которое дает ссылку ДБН 360-92, Кабинетом Министров Украины принято не было.

Государственными строительными нормами ДБН 360-92 предусмотрено, что в приморских курортах подлежит охране зона сурового режима (первая зона санохраны), включая прибрежную полосу моря, пляжи и территорию, которая прилегает к пляжам, не менее 100 м в ширину.

В 1995 году принят Водный кодекс Украины. Водным кодексом определена классификация рек Украины (Ст. 87). В зависимости от площади бассейна водосбора реки делятся на большие, средние

и малые. К большим рекам относятся реки, пересекающие несколько географических зон и имеющие площадь водосбора более 50 тыс. км², к средним – с площадью водосбора от 2 до 50 тыс. км², к малым – с площадью водосбора до 2 тыс. км². В зависимости от класса реки определяется ее водоохранная зона и прибрежная защитная полоса [4].

Минимальная прибрежная защитная полоса для малых рек, источников, потоков, а также прудов площадью менее 3 га составляет 25 м, для средних рек, водохранилищ на них, водоемов, а также прудов площадью более 3 га – 50 м, для больших рек, водохранилищ на них и озер – 100 м.

Земельным и Водным кодексами Украины установлено: в пределах прибрежных защитных полос запрещено строительство любых объектов (кроме гидрометрических, гидротехнических и линейных), в т. ч. баз отдыха, дач, гаражей, стоянок автомобилей. При этом объекты, находящиеся в прибрежной защитной полосе, могут эксплуатироваться, если при этом не нарушается ее режим. Непригодные к эксплуатации сооружения, а также несоответствующие установленным режимам хозяйствования, подлежат вынесению за пределы прибрежных защитных полос.

Постановлением Кабинета Министров Украины от 08.05.1996 г. № 486 принят «Порядок визначення розмірів водоохоронних зон та режим ведення господарської діяльності в них». Порядок установил единый правовой механизм определения размеров и границ водоохранных зон и режим ведения хозяйственной деятельности в них. Этим документом определено, что, как водоохранные зоны, так и прибрежные защитные полосы на землях городов и поселков устанавливаются с учетом существующих на время установления водоохранной зоны конкретных условий застройки. Водоохранная зона морей, морских заливов и лиманов, как правило, совпадает с прибрежной защитной полосой и определяется шириной не менее 2 км от уреза воды.

Если водный объект относится к системе централизованного водоснабжения, то в соответствии со ст. 93 ЗК Украины и п. 1 «Правового режима зон санитарной охраны водных объектов», утвержденного постановлением Кабинета Министров Украины № 2024 от 18.12.98, вокруг него устанавливаются 3 пояса зон санитарной охраны, каждый из которых предусматривает определенные ограничения хозяйственной деятельности [2]. Режимы зон санитарной охраны водного объекта вообще или полностью запрещают строительство жилых и хозяйственных зданий, а также строительные работы не на водопроводных объектах (первая зона), или существенно ее ограничивают (вторая и третья зона). При этом если предельный размер прибрежной защитной полосы (водоохранной зоны) определен ст. 60 ЗК Украины и составляет от 25 (10 м в населенном пункте при учете сложившейся градостроительной ситуации) до 100 метров от уреза воды (при уклоне берега более 30 – удваивается), то размер зон санитарной охраны нормативно не установлен.

Государственные санитарные правила планирования и застройки населенных пунктов (СанПИН) разрешают строительство рекреационных объектов в 100 м от уреза воды моря [5]. В то же время законодательством не определено, что в данном случае относится к рекреационному объекту.

В 2004 г. разработана Методика упорядочения водоохранных зон рек Украины [6]. В отличие от ДБН 360-92 в Методике предлагается порядок установления ширины водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водного объекта. При отсутствии обрушения берега или его эрозионной активности и при узкой полосе подтопления ширина водоохранных зон устанавливается для малых рек не менее 250 м, для средних – не менее 500 м, для больших – по специальному расчету. В границах городов и поселков размер водоохранной зоны, как и прибрежной защитной полосы, устанавливаются в соответствии с существующими на момент выполнения проекта водоохранной зоны конкретными условий застройки, но не ближе 10 м от бровки берега реки.

Согласно водному и земельному законодательству Украины границы водоохранной и прибрежной защитной полосы, и соответственно глубина влияния акватории, устанавливаются с учетом рельефа местности, затопления, подтопления, интенсивного берегоразрушения, конструкции инженерной защиты берега; целевого назначения земель, которые входят в состав водоохранной зоны. Поскольку леса выполняют значительную водоохранную функцию, границы водоохранных зон в них не устанавливаются. Внутренней границей прибрежной защитной полосы является урез воды, внешняя привязывается к наличным контурам сельхозугодий, дорог, лесополос, границ пойма, надпойменных террас, бровок склонов, балок, оврагов.

В границах существующих населенных пунктов водоохранная зона и прибрежная защитная полоса устанавливается с учетом сложившихся конкретных условий застройки, но не менее 10 м от бровки берега.

В соответствии с действующей нормативно-законодательной базой Украины границы прибрежных защитных полос определяются и устанавливаются на основании проектов отводов, утвержденных уполномоченными органами. Соответствующие ограничения в использовании земель водного фонда на основании утвержденных проектов отмечаются в землеустроительных документах.

В настоящее время соблюдение требований основных нормативных и подзаконных актов во многих случаях бывает или невозможным, или достаточно проблематичным.

Согласно Земельному кодексу Украины прибрежные защитные полосы вдоль морей, рек и вокруг водоемов относятся к водному фонду, который может быть в государственной, коммунальной и частной (до 3 га) собственности (ст. 59 ЗК).

Часть 4 ст. 61 Земельного кодекса Украины указывает, что режим хозяйственной деятельности на земельных участках прибрежных защитных полос вдоль рек, вокруг водоемов и на островах устанавливается законом. Однако такой закон до настоящего времени не принят, а Водный кодекс Украины повторяет положения Земельного кодекса Украины.

В то же время в Украине не определена процедура выноса за пределы прибрежной защитной полосы объектов, непригодных к эксплуатации, а также несоответствующих установленным режимам хозяйствования. Объект, который не отвечает требованиям санитарно-гигиенических условий их эксплуатации, расположенный на берегу, нельзя реконструировать (так как строительные работы запрещены) и необходимо сносить. При существующей нормативно-законодательной базе в случае выноса объекта изменяются фактические ранее установленные границы водоохранной зоны. В водоохранной зоне около водоема будет «белое пятно».

Из анализа современного состояния застройки прибрежных территорий и разрешительных документов на объекты недвижимости следует, что отказы органов местного самоуправления и госадминистраций в предоставлении участков под застройку вблизи водоемов зачастую мотивированы тем, что объект будет располагаться в прибрежной защитной полосе или в пределах зон санитарной охраны. В настоящее время в границах поселений имеются рыбопромысловые и другие предприятия, которые в большинстве небольшие, возникли в советское время. Некоторые из них являются нерентабельными или временно не работают. Генеральным планом необходимо предусматривать возможность изменения целевого использования земельных участков с учетом дальнейшего их использования в пределах установленной функциональной зоны [7]. Вследствие отсутствия в подавляющем большинстве согласованной земельно-устроительной документации по водоохранным зонам отказ совета или местной государственной администрации в просьбе о разрешении строительства или решение об осуществлении выноса объекта не будет иметь под собой достаточных оснований и может быть легко оспорен в суде.

В то же время даже без четких и логичных правил бизнес на землях водного фонда существует и будет существовать, и при этом в большинстве случаев не соблюдаются требования экологического и санитарного законодательства при эксплуатации земель. Отсутствие четких норм и требований застройки этих земель препятствует облагораживанию находящихся в пределах населенных пунктов водных объектов и развитию соответствующей инфраструктуры.

Таким образом, из вышеприведенного анализа следует, что в Украине, несмотря на довольно значительное количество нормативно-законодательных и методических документов, проблема застройки, реконструкции, реновации прибрежных территорий в границах городов полноценно не решалась и не решена. Существует противоречие между градостроительными нормами и другими законодательными и методическими документами в вопросе установления размеров водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы на застроенных территориях.

Актуальным и целесообразным есть разработка методики установления границ и правил использования прибрежных территорий поселений с целью повышения эффективности их использования путем урегулирования градостроительных, водоохранных, земельных и других отношений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.07.0189*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. – Взамен СНиП II-60-75 ; введ. 1990-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1994. – 64 с.
2. Земельный кодекс України [Текст] : Закон від 25.10.2001 № 2768-III // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3–4. – С. 42–88.
3. ДБН 360-92**. Державні будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст]. – Перевидання ДБН 360-92* (зі змінами № 1-10). – К. : Держбуд України, 2002. – 91 с.
4. Водний кодекс України [Текст] : [прийнятий ВР 6 черв. 1995 р. № 214/95-ВР] : офіц. видання : за станом на 10 груд. 2004 р. / М-во юстиції України. – К. : Видавничий дім «Ін Юре», 2004. – 136 с. – ISBN 966-313-138-1.

5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів [Текст] : наказ Держбуду України від 19 червня 1996 р. № 173 // Земельний кодекс України з постатейними матеріалами : зб. норм.-прав. актів та матер. суд. практи. / [упоряд. А. М. Мірошніченко, наук. ред. В. В. Носік]. – К., 2006. – С. 187–206. – (Нормативний документ Держбуду України. Державні санітарні правила).
6. Методика упорядкування водоохоронних зон річок України [Текст] / [Косяк Д. С., Яцик А. В., Томільцева А. І. та ін.] ; під керів. А. В. Яцика. – К. : Оріяни, 2004. – 128 с.
7. Горохов, Є. В. Містобудівна ситуація, що склалася в прибережних районах (на прикладі Азовського моря Донецької області) [Текст] / Є. В. Горохов, В. О. Лозинська, Л. М. Богак // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2014. – Вип. 2014-3(107). – С. 66–77.

Получено 11.10.2016

Н. Г. НАСОНКІНА, В. О. ЛОЗИНСЬКА, О. О. ФЕСЬКОВА
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗМІН НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ФОРМУВАННЯ
ВОДООХОРОННОЇ ЗОНИ ТА ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗАХИСНОЇ СМУГИ
ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено короткий аналіз містобудівної нормативно-правової бази, зокрема нормативних і підзаконних документів, що стосуються забудови та землекористування прибережних територій. На даний час дотримання вимог основних підзаконних і нормативних актів досить проблематично. Актуальним і доцільним є розроблення методики встановлення меж і правил використання прибережних територій поселень з метою підвищення ефективності їх використання шляхом врегулювання містобудівних, водоохоронних, земельних та інших відносин.

водний фонд, водоохоронна зона, прибережна захисна смуга, водний об'єкт

NADIYA NASONKINA, VALERIYA LOZINSKAYA, ELENA FESKOVA
A COMPARATIVE ANALYSIS OF CHANGES IN THE REGULATORY
FRAMEWORK OF FORMATION OF WATER PROTECTION ZONES AND
COASTAL PROTECTIVE STRIP OF WATER BODIES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper presents a brief analysis of the urban development regulatory framework, particularly normative and regulatory documents relating to the development and land use of coastal territories. Currently, compliance with the basic regulations and regulations is problematic. It is actual and necessary to have the development of methodology of establishing boundaries and rules for use of coastal territories of settlements in order to increase the efficiency of their use by settlement of urban development, of water protection, land and other relations.

the water fund, water protection zone, the coastal protection zone, water object

Насонкіна Надія Геннадіївна – д. т. н., професор кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів». Наукові інтереси: підвищення екологічної безпеки мереж водопостачання та водовідведення. Оцінка стану та визначення заходів щодо реформування систем водопостачання та водовідведення.

Лозинська Валерія Олександрівна – асистент кафедри містобудування, землеустрою і кадастру Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка та вирішення наукових і проектних проблем містобудування, поліпшення функціональних, соціальних, гігієнічних і естетичних параметрів середовища проживання і життєдіяльності людей, що населяють міста і сільські місцевості. Розробка генеральних планів та проектів детального планування житлових районів, мікрорайонів, кварталів, комплексів і громадських центрів.

Феськова Олена Олександрівна – магістрант кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури, інженер 3-й категорії ЛНІПроект «Містобудування і землеустрій». Наукові інтереси: встановлення і формування водоохоронної зони та прибережної захисної смуги водних об'єктів.

Насонкина Надежда Геннадиевна – д. т. н., профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член международной организации «Институт гражданских инженеров». Научные интересы: повышение экологической безопасности сетей водоснабжения и водоотведения. Оценка состояния и определение мероприятий по реформированию систем водоснабжения и водоотведения.

Лозинская Валерия Александровна – ассистент кафедры градостроительства, землеустройства и кадастра Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка и решение научных и проектных проблем градостроительства, улучшение функциональных, социальных, гигиенических и эстетических параметров среды обитания и жизнедеятельности людей, населяющих города и сельские местности. Разработка генеральных планов и проектов детальной планировки жилых районов, микрорайонов, кварталов, комплексов и общественных центров.

Феськова Елена Александровна – магистрант кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, инженер 3-й категории ЛНИПроект «Градостроительство и землеустройство». Научные интересы: установление и формирование водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водных объектов.

Nasonkina Nadiya – D.Sc. (Eng.), Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy Civil Engineering and Architecture. She is a member of the Academy of Civil Engineering. Scientific interests: increasing of ecological safety of water supply and sewerage networks. Evaluation of the state and definition of measures to reform water supply and water disposal.

Lozinskaya Valeriya – assistant, Town Planning, Land Management and Cadaster Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development and the solution of scientific and engineering problems of urban development, improvement of functional, social, hygienic and aesthetic parameters of habitat and human activity inhabit cities and rural areas. Development of master plans and projects for the detailed planning of residential areas, neighborhoods, neighborhoods, facilities and community centers.

Feskova Elena – graduate student, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, engineer of the 3d degree of the LNIP project «Urban Planning and Land Management». Scientific interests: formation of water protective zones and coastal protective strip of water bodies.

УДК 628.21

Н. И. ГРИГОРЕНКО, В. И. ЛЕСНОЙ, А. В. ЖИБОЕДОВ, Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ КЛАПАНА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВПУСКА ВОЗДУХА В СИСТЕМУ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

В статье рассмотрены приспособления для автоматического впуска воздуха в систему вакуумной канализации. Предложена усовершенствованная конструкция водо-воздуховпускного устройства, которая позволяет повысить эффективность работы системы вакуумной канализации.

вакуумная канализация, водовоздушная смесь, вакуумные клапаны

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Во многих странах мира доля населения, проживающего в не оснащенных системами канализации поселениях, составляет от 5 до 20 % [9]. В последние годы наблюдается повышенное внимание к вопросам строительства и эксплуатации канализации в малых населенных пунктах. Большой интерес к этой теме обусловлен тем, что, несмотря на небольшую долю населения, проживающего в сельских поселениях, не подключенных к централизованной канализации, масштабы загрязнения окружающей природной среды неочищенными сточными водами по-прежнему очень велики [9, 10, 11]. Решением данной проблемы может быть создание групповых систем водоотведения, обслуживающих группы населенных мест, с крупными сооружениями для очистки и обеззараживания сточной воды или устройство локальных систем водоотведения малой производительности, обслуживающих отдельные населенные пункты, группы зданий, отдельные коммунальные сооружения, с малыми установками для очистки и обеззараживания воды. Вакуумная канализация относится к локальной системе сбора и очистки сточных вод, ее применение наиболее рационально и экономически оправдано для населенных пунктов с малой плотностью заселения, а также для объектов временного пользования (лагеря, пансионаты, кемпинги), санитарных зон водоисточников. Причем при проектировании и строительстве данной системы не возникает проблем с высоким уровнем грунтовых вод и сложных грунтовых условий. Более подробно об использовании вакуумной системы канализации рассмотрено авторами в [3].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Сточные воды от каждого жилого строения самотеком попадают в накопительную емкость, установленную вне здания. Переход от гравитационной системы к вакуумной происходит в автоматическом вакуумном клапане, установленном за емкостью. Задачей клапана является забор стоков из накопительной емкости по мере ее заполнения и впуск воздуха из атмосферы. Под действием вакуума атмосферный воздух расширяется и является основной движущей силой процесса.

При расчете систем для транспортировки двухфазной смеси жидкость-газ очень важно правильно определить плотность смеси, которая в свою очередь зависит от газосодержания ϵ . Для систем вакуумной канализации это значение определено и подтверждено экспериментальными исследованиями – система эффективно работает при $\epsilon = 0,71-0,74$ [4]. Данное соотношение можно получить при использовании различных вакуумных клапанов. В практике встречаются поршневые [5, 6] и мембранные [7] клапаны.

Мембранные вакуумные клапаны довольно удобны в использовании, содержат небольшое количество движущихся деталей, однако довольно дорогостоящие [1, 2]. Известны также поршневые автоматические клапаны для вакуумной системы канализации с поршнем, установленным под углом к направлению движения жидкости или вертикально. Управление поршнем происходит за счет действия системы пружин. Недостатками таких моделей являются значительные габаритные размеры и большое количество необходимых для автоматической работы клапана деталей, что негативно влияет на себестоимость и надежность работы таких конструкций. Кроме того, конструкции вышеуказанных клапанов работают следующим образом: в результате накопления определенного количества сточной жидкости открывается затвор или мембрана вакуумного клапана и в первую очередь происходит забор атмосферного воздуха в систему, а уже после этого идет порция сточной жидкости. Поскольку движение жидкости в вакуумной канализационной сети происходит за счет разницы атмосферного и вакуумметрического давлений, преждевременное поступление воздуха в систему уменьшит вакуумметрическое давление и, как следствие, снизит начальную скорость водовоздушной смеси и эффективность работы вакуумной системы транспортирования стоков.

Поэтому было предложено разработать усовершенствованную конструкцию вакуумного клапана или водовоздуховпускного устройства (ВВВУ).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

При создании усовершенствованной конструкции вакуумного клапана была поставлена следующая задача: уменьшить габаритные размеры устройства и количество движущихся частей конструкции.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Главным образом поставленная цель достигнута изменением формы запорного элемента таким образом, что в закрытом положении площадь действия на него атмосферного и гидростатического давления меньше, чем в открытом. Благодаря этому удается получить различные значения необходимой разницы давления до и после ВВВУ в условиях открытия и в условиях поддержания клапана в открытом состоянии. Конструкция данной модели запатентована [8].

Схематический вид и принцип работы ВВВУ представлен на рисунке 1.

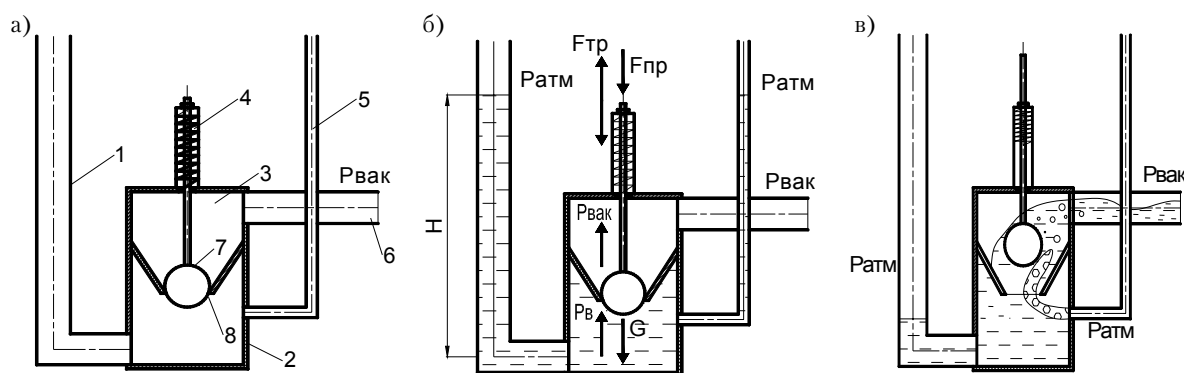


Рисунок 1 – Схематический вид и принцип работы ВВВУ: а) общий вид ВВВУ; б) вид ВВВУ в закрытом состоянии; в) вид ВВВУ при его открытии; 1 – накопительная емкость перед ВВВУ; 2 – нижняя часть ВВВУ; 3 – верхняя часть ВВВУ; 4 – пружина; 5 – трубка для впуска атмосферного воздуха; 6 – вакуумный трубопровод; 7 – клапан (затвор); 8 – седло.

Работает ВВВУ автоматически в периодическом режиме по мере накопления жидкости в накопительной емкости, открытие и закрытие происходит при определенных значениях вакуума в системе и гидростатического давления перекачиваемой жидкости перед ВВВУ. При открытии впускного устройства происходит забор жидкости и воздуха в определенном соотношении и интенсивное их движение по трубопроводу. Газосодержание регулируется путем изменения диаметра трубки для впуска воздуха.

В начальный момент времени (рис. 1а), когда перекачиваемая жидкость не заполнила накопительную емкость (1) перед ВВВУ и нижнюю часть устройства (2), клапан (7) плотно прижат пружиной (4) к седлу (8). Система находится в покое, т.е. нет движения жидкости и воздуха в направлении вакуумных насосов по трубопроводу (6). В накопительной емкости (1) при этом атмосферное давление, а в отводящей трубе (6) – вакуумметрическое.

При постепенном накоплении жидкости в емкости (1) и заполнении ею камеры (2) на затвор (7) снизу действует гидростатическое давление P_v , которое зависит от высоты столба жидкости в накопительной емкости (1). В это же время со стороны трубопровода (6) и верхней камеры устройства (3) открытию затвора способствует вакуумметрическое давление $P_{\text{вак}}$.

Затвор открывается при условии, что сумма сил вакуумметрического давления $P_{\text{вак}}$ и гидростатического давления P_v превышает сумму сил действующих на затвор в противоположном направлении, а именно: вес затвора G , силу давления пружины $F_{\text{пр}}$ и силу трения $F_{\text{тр}}$ (рис. 1б).

Когда затвор открыт, жидкость под действием вакуумметрического давления через отверстие (8) поступает в верхнюю камеру, а затем отводится по трубопроводу (6). В момент, когда уровень жидкости в нижней камере (2) понижается до уровня воздушной трубки (5), через нее в устройство проникает воздух из атмосферы, который также попадает в трубопровод (6) (рис. 1в). В течение нескольких секунд уровень жидкости в подводящем трубопроводе (1) падает, на затвор более не действует сила гидростатического давления. Кроме того, вакуумметрическое давление в системе снижается за счет поступления атмосферного воздуха. Как следствие, затвор (7) закрывается, потому что, согласно расчету, силы только вакуумметрического давления недостаточно для открытия затвора.

В случаях, когда в сети вакуумметрическое давление ниже предполагаемого по расчету (аварийная ситуация), клапан будет открываться при большей высоте заполнения накопительной емкости (1), поэтому при проектировании ее объем рекомендуется принимать с запасом.

Внешний вид ВВВУ представлен на фото ниже (рис. 2).



Рисунок 2 – Внешний вид ВВВУ.

ВЫВОД

Оптимальное газосодержание для вакуумных систем транспортирования составляет $\varepsilon = 0,73$. Для поддержания заданного значения ε рекомендуется использовать автоматическое водовоздуховпускное устройство. За счет уменьшения габаритных размеров устройства и количества движущихся частей конструкции, а также способа подачи воздуха в систему вакуумной канализации была повышена надежность и эффективность работы ВВВУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чередниченко, И. Л. Вакуумная канализация – инновационная технология для сбора сточных вод [Текст] / И. Л. Чередниченко // С.О.К. – 2009. – № 1. – С. 16–19.

2. Roediger, M. Unterdruck- und Druckentwässerung – alternative Verfahren der Ortsentwässerung [Текст] / M. Roediger. – [S. c.] : Abwassertechnik, 1995. – 11 p.
3. Нездойминов, В. И. Применение вакуумной канализации для малых населенных пунктов в Украине [Текст] / В. И. Нездойминов, Н. И. Григоренко, Д. В. Заворотный // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТБ АБУ, 2010. – 60. – С. 241–247.
4. Математическое описание газожидкостной структуры потока в системе транспортирования жидкости под вакуумом [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков, Н. И. Григоренко, Д. В. Заворотный // Motrol.Commission of Motorization and Energetic sin Agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 6. – P. 125-132.
5. Pat. US5114280A USA. МПК 7 B65G 8656 53/66. Vacuum-Type Sewage Collection System and Vacuum Valve Controller For The Same / Akihiro Ushitora, Kanagawa, Kazuo ; Yamaguchi, Tokyo ; Tsuneo Asanagi, Kanagawa ; all of Japan; assignee Ebara Corporation, Tokyo, Japan. – Appl. No. 574,196 ; filed Aug 29, 1990 ; publ. May 19, 1992. – 12 p.
6. Pat. US5657784A USA. МПК 7 F16K 17/00. Control Arrangement for Actuating a Shut-Off Valve And Method Of Operation / Peter Martens, Hamburg, Germany ; assignee Roediger Anlagenbau GmbH, Hanau, Germany. – Appl. No. 326,214 ; filing Oct 20, 1994 ; publ. Aug 19, 1997. – 10 p.
7. Pat. EP 0937926B1. МПК 7 F16K 7/07. Vacuum valve / Reinhold Betz ; assignee ROEDIGER VAKUUM- und HAUSTECHNIK GmbH, 63450 Hanau (DE). – Appl. No. EP19990103227 ; filing Feb 19, 1999 ; publ. 19.02.1999. – 16 p.
8. Пат. 81875 Україна, МПК E03F 1/00, E03F 7/00 (2013.01). Автоматичний клапан для впуску стічної рідини та повітря до мережі вакуумної каналізації [Текст] / Нездойминов В. І., Григоренко Н. І., Заворотний Д. В. ; власник Нездойминов Віктор Іванович, Григоренко Надія Іванівна, Заворотний Дмитров Вікторович. – № u2013 01585 ; заявл. 11.02.2013 ; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 13. – 8 с.
9. Watanabe, Y. Small wastewater treatment plants III [Текст] / Y. Watanabe // Water Science and Technology. – 1997. – Vol. 35, № 6. – P. 1–154.
10. Schreff, D. Kleine Kläranlagen [Текст] / D. Schreff, P. Wilderer // Korrespond. Abwasser. – 1999. – Vol. 46, № 10. – S. 1522–1525.
11. Kapteina, U. Dezentrale Abwasserreinigung im ländlichen Raum [Текст] / U. Kapteina // Neue Landschaft. – 1999. – № 6. – S. 388–390.

Получено 11.10.2016

Н. І. ГРИГОРЕНКО, В. І. ЛЕСНОЙ, О. В. ЖИБОЕДОВ, Д. В. ЗАВОРОТНИЙ
ВДОСКОНАЛЕНА КОНСТРУКЦІЯ КЛАПАНА ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО
ВПУСКУ ПОВІТРЯ В СИСТЕМУ ВАКУУМНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуто пристосування для автоматичного впуску повітря в систему вакуумної каналізації. Запропоновано вдосконалену конструкцію водоповітровпускного пристрою, що дозволяє підвищити ефективність й автоматизувати роботу вакуумної системи каналізації.

вакуумна каналізація, водоповітряна суміш, вакуумні клапани

NADEZHDA GRIGORENKO, VIACHESLAV LESNOI, ALEKSANDR ZHIPOEDOV,
DMITRII ZAVOROTNYI
THE IMPROVED DESIGN OF VALVE FOR AUTOMATIC AIR ADMISSION INTO
THE VACUUM SEWAGE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article considers devices for air automatic admission into the vacuum sewage. The improved design of water-venting device, which allows to increase the efficiency of vacuum sewage has been offered.

vacuum sewerage, air-water mixture, air-water valves

Григоренко Надія Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: каналізування малих населених пунктів, транспортування стічних вод під дією вакууму, процеси в газорідних системах в умовах негативного тиску.

Лесной Вячеслав Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: інтенсифікація роботи систем водопостачання і каналізації.

Жибоедов Олександр Вікторович – кандидат технических наук, доцент кафедры водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: водовідведення та очищення стічних вод.

Заворотний Дмитро Вікторович – асистент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: оптимізація розрахунків та улаштування систем транспортування рідин.

Григоренко Надежда Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: канализование малых населенных пунктов, транспортировка стоков под действием вакуума, процессы в газожидкостных системах в условиях отрицательного давления.

Лесной Вячеслав Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: интенсификация работы систем водоснабжения и канализации.

Жибоедов Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: водоотведение и очистка сточных вод.

Заворотний Дмитрий Викторович – ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: оптимизация расчетов и устройства систем транспортировки жидкостей.

Grigorenko Nadezhda – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the sewer systems of small settlements, transporting sewage under vacuum, processes in gas-liquid systems under negative pressure.

Lesnoi Viacheslav – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: intensification of water and sewage systems.

Zhiboedov Alexandr – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: sewage and wastewater treatment.

Dmitrii Zavorotnyy – assistant, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimization of analysis and design of liquid handling systems.

УДК 628.316.13

В. В. МАРКИН

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА «ОКСИДОЛ»

Проведены исследования по изучению интенсификации первичного отстаивания и биологической очистки сточной воды при введении пробиотического средства «Оксидол» в зависимости от трех переменных параметров: дозы пробиотического средства, температуры сточной воды и времени аэрации. План исследований построен по типу полнофакторных экспериментов типа 2^k . По результатам опытов получены математические модели увеличения эффекта очистки по БПК₅, взвешенным веществам, азоту аммонийному.

пробиотики, сточная вода, очистка, полнофакторный эксперимент

В опубликованных ранее работах подробно описаны перспективы использования пробиотических препаратов на канализационных очистных сооружениях для повышения эффекта очистки сточной воды (СВ), уменьшения уровня образования неприятных запахов, снижения объемов образующихся осадков, сокращения расхода электроэнергии для аэрации сточной воды [4; 5].

Данная работа посвящена изучению интенсификации первичного отстаивания и биологической очистки сточной воды с помощью пробиотического средства «Оксидол» и построению математической модели изучаемого процесса. План проведения опытов составлен по методу полнофакторного эксперимента (ПФЭ) с изменением независимых переменных (факторов) в двух уровнях. Переменными параметрами были выбраны: доза пробиотического препарата (0,2 и 0,4 г/м³), температура сточной жидкости (10 и 20 °С) и нагрузка на активный ил (изменялась с помощью варьирования времени аэрации – 6 и 9 ч).

Для проведения экспериментов в лабораторных условиях последовательно моделировались процессы первичного отстаивания сточной воды и биологической очистки с активным илом. Опыты проводились в двух параллельностях: с введением раствора «Оксидола» и без введения (контрольные опыты). Выходным фактором был процент увеличения эффективности очистки (разница между опытным и контрольным образцами).

Постоянными параметрами процессов очистки приняты: время первичного отстаивания (соответствовало времени отстаивания в реальном отстойнике с рабочей глубиной 3 м в течение 1,5 часа); доза ила в иловой смеси (2,0 г_{безв-ва}/дм³); концентрация растворенного кислорода в иловой смеси (2,5–3,5 мгО₂/дм³). Эффект очистки определялся по трем показателям: взвешенным веществам, БПК₅, азоту аммонийному.

Так как увеличение эффекта биологической очистки необходимо изучить в зависимости от трех факторов (матричный план типа 2^3), то для реализации всех возможных комбинаций уровней независимых факторов требовалось проведение $2^3 = 8$ опытов, каждый из которых повторялся 3 раза. Увеличение эффекта механической очистки определялось в зависимости от двух факторов (температуры СВ и дозы пробиотика) и рассчитывалось по матрице типа 2^2 (4 опыта). Количество повторений каждого опыта для матрицы увеличения эффекта первичного отстаивания составило уже 6 повторений, т. к. в ней участвовали варианты с разным временем аэрации, но совпадающими первыми двумя факторами.

Сточную воду и активный ил, используемые в опытах, отбирали на КОС г. Селидово.

© В. В. Маркин, 2016

Результаты исследований (усредненные по трем опытам) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты изучения интенсификации процессов механической и биологической очистки сточной воды при введении пробиотического средства «Оксидол»

№ опыта	Пок-ль очистки	Начальн. конц., мг/дм ³	После отстаив., мг/дм ³	Э мех. очистки, %	ΔЭ мех. очистки, %	После биол. очистки, мг/дм ³	Э биол. очистки, %	ΔЭ биол. очистки, %
d = 0,4 г/м ³ , температура СВ t = 20 °С, Таэр = 9 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	283	125	55,8	15,6	8	93,9	16,8
	БПК5	284	180	36,7	15,8	8	95,6	13,5
	N-NH4	57	51	9,9	1,7	0,8	98,4	33,5
Среднее значение (контроль)	ВВ	283	169	40,2	–	39	77,1	–
	БПК5	284	225	20,9	–	40	82,1	–
	N-NH4	57	52	8,2	–	18	64,9	–
d = 0,2 г/м ³ , температура СВ t = 20 °С, Таэр = 9 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	284	148	47,8	8,1	20	86,2	8,5
	БПК5	282	199	29,2	7,7	21	89,6	6,5
	N-NH4	59	54	8,4	–0,6	6	88,4	22,3
Среднее значение (контроль)	ВВ	284	171	39,7	–	38	77,8	–
	БПК5	282	221	21,5	–	37	83,1	–
	N-NH4	59	54	9,0	–	18	66,1	–
d = 0,4 г/м ³ , температура СВ t = 10 °С, Таэр = 9 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	285	159	44,0	13,1	24	84,9	7,2
	БПК5	280	204	27,2	10,6	25	87,9	7,3
	N-NH4	59	52	11,2	1,0	13	75,7	19,2
Среднее значение (контроль)	ВВ	285	197	30,9	–	44	77,8	–
	БПК5	280	234	16,6	–	45	80,6	–
	N-NH4	59	53	10,2	–	23	56,6	–
d = 0,2 г/м ³ , температура СВ t = 10 °С, Таэр = 9 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	282	176	37,5	6,6	31	82,6	5,2
	БПК5	283	219	22,4	5,2	30	86,2	4,7
	N-NH4	59	53	11,2	0,0	18	66,3	10,6
Среднее значение (контроль)	ВВ	282	195	30,9	–	44	77,4	–
	БПК5	283	234	17,2	–	43	81,5	–
	N-NH4	59	53	11,2	–	23	55,7	–
d = 0,4 г/м ³ , температура СВ t = 10 °С, Таэр = 6 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	287	165	42,6	11,5	27	83,4	9,2
	БПК5	285	201	29,3	11,3	25	87,5	9,4
	N-NH4	61	51	16,7	1,6	16	69,0	23,1
Среднее значение (контроль)	ВВ	287	198	31,1	–	51	74,2	–
	БПК5	285	233	18,0	–	51	78,1	–
	N-NH4	61	52	15,1	–	28	45,9	–
d = 0,2 г/м ³ , температура СВ t = 10 °С, Таэр = 6 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	284	176	38,1	7,3	36	79,4	6,6
	БПК5	285	216	24,2	5,6	36	83,3	6,2
	N-NH4	60	55	8,3	–0,5	21	62,4	16,3
Среднее значение (контроль)	ВВ	284	196	30,8	–	53	72,8	–
	БПК5	285	232	18,6	–	53	77,1	–
	N-NH4	60	55	8,9	–	29	46,1	–
d = 0,4 г/м ³ , температура СВ t = 20 °С, Таэр = 6 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	289	117	59,5	16,7	15	86,9	15,9
	БПК5	288	175	39,2	16,3	15	91,4	12,7
	N-NH4	59	51	14,3	1,2	4	91,4	37,2
Среднее значение (контроль)	ВВ	289	165	42,8	–	48	71,0	–
	БПК5	288	222	22,8	–	47	78,7	–
	N-NH4	59	51	13,1	–	23	54,2	–
d = 0,2 г/м ³ , температура СВ t = 20 °С, Таэр = 6 часов								
Среднее значение (пробиотик)	ВВ	284	149	47,6	7,9	25	83,0	10,1
	БПК5	283	199	29,8	7,1	26	86,7	8,1
	N-NH4	59	55	6,6	–2,4	10	82,3	26,2
Среднее значение (контроль)	ВВ	286	172	39,7	–	47	72,9	–
	БПК5	283	219	22,7	–	47	78,7	–
	N-NH4	59	53	9,0	–	23	56,1	–

При обработке результатов экспериментов и построении математических моделей использовалась литература по математическому планированию экспериментов [1; 2; 3].

В таблице 2 указаны уровни факторов матриц увеличения эффекта механической очистки по взвешенным веществам и БПК₅.

Таблица 2 – Уровни факторов и интервал варьирования матриц повышения эффективности первичного отстаивания по взвешенным веществам и БПК₅

Уровни факторов	Обозначение	x ₁ (доза, мг/дм ³)	x ₂ (температура, °C)
Основной	0	0,3	15
Интервал варьирования	Δx	0,1	5
Верхний	+1	0,4	20
Нижний	-1	0,2	10

В таблице 3 приведена матрица эксперимента 2² увеличения эффективности первичного отстаивания при введении «Оксидола» по взвешенным веществам, а также результаты обработки данных опытов, коэффициенты математической модели.

Таблица 3 – Матрица ПФЭ 2² и результаты эксперимента по изучению интенсификации первичного отстаивания по взвешенным веществам

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	\bar{y}_i	\dot{S}_i^2	\bar{y}_{im}	$(\bar{y} - \bar{y}_{im})^2$
1	+	-	+	-	8,0	7,8	8,5	5,4	10,2	8,1	8,0	2,39	8,71	0,499
2	+	+	+	+	16,4	16,0	14,4	18,5	14,0	17,6	16,1	3,04	15,44	0,499
3	+	-	-	+	8,4	6,6	4,9	7,2	9,4	5,3	7,0	3,08	6,26	0,499
4	+	+	-	-	10,8	15,4	13,1	8,2	14,7	11,5	12,3	7,18	12,99	0,499
	b ₀ = 10,85	b ₁ = 3,37	b ₂ = 1,22	b ₁₂ = 0,71										
	t ₀ = 24,5	t ₁ = 7,60	t ₂ = 2,76	t ₁₂ = 1,59										
ΣS _i ² = 15,70, S _i ² = 3,92, S _{bi} ² = 0,196, t _(0,05;20) = 1,72, S _{ад} ² = 11,97 F = 3,06 < F _(0,05;1;20) = 4,35 Математическая модель адекватна.														

Табличное значение критерия Стьюдента (t-критерия) для принятого уровня значимости α = 0,05 и числа степеней свободы f = n(m-1) = 4 (6-1) = 20 равно t(0,05; 20) = 1,71. Значимы только те коэффициенты модели, для которых t_i > t(0,05; 20). Так как t₁₂ = 1,59 < t(0,05; 20) = 1,71, коэффициент b₁₂ признается незначимо отличающимся от нуля. Уравнение регрессии для матрицы 2² в общем случае имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

При подстановке значимых коэффициентов в натуральных переменных искомая модель равна:

$$y = 10,85 + 3,37\left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1}\right) + 1,22\left(\frac{x_2 - 15}{5}\right) = 2,91x_1 + 33,7x_2 + 0,244x_1x_2, \%$$

Далее производился расчет матрицы интенсификации первичного отстаивания по БПК₅. Все расчеты производились по аналогичным формулам. Матрица и результаты эксперимента приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица ПФЭ 2² и результаты эксперимента по изучению интенсификации первичного отстаивания по БПК₅

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	\bar{y}_i	\dot{S}_i^2	\bar{y}_{im}	$(\bar{y} - \bar{y}_{im})^2$
1	+	-	+	-	7,7	6,9	8,5	6,9	7,3	7,1	7,4	0,38	8,19	0,626
2	+	+	+	+	15,8	16,1	15,5	15,9	17,1	16,0	16,1	0,28	15,30	0,626
3	+	-	-	+	4,9	5,0	5,6	6,8	5,4	4,6	5,4	0,58	4,60	0,626
4	+	+	-	-	16,7	7,1	8,0	7,1	15,7	11,0	10,9	18,76	11,70	0,626
	b ₀ = 9,95	b ₁ = 3,55	b ₂ = 1,80	b ₁₂ = 0,79										
	t ₀ = 19,9	t ₁ = 7,11	t ₂ = 3,59	t ₁₂ = 1,58										
ΣS _i ² = 20,0, S _i ² = 5,0, S _{bi} ² = 0,25, t _(0,05;20) = 1,72, S _{ад} ² = 11,97 F = 3,01 < F _(0,05;1;20) = 4,35 Математическая модель адекватна.														

Уравнение регрессии интенсификации первичного отстаивания по БПК₅ в зависимости от температуры сточной воды и дозы «Оксидола» в натуральных переменных выглядит так:

$$y = 9,95 + 3,55 \left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1} \right) + 1,8 \left(\frac{x_2 - 15}{5} \right) = -6,1 + 35,5x_1 + 0,36x_2, \%$$

При построении матрицы зависимости увеличения эффекта биологической очистки по БПК₅ нагрузка на ил оценивалась по БПК₅, по взвешенным веществам – нагрузка определялась по взвешенным веществам, по азоту аммонийному – нагрузку соответственно брали по азоту аммонийному.

Уровни факторов и матрицы определения зависимостей интенсификации биологической очистки сточной воды по БПК₅, взвешенным веществам и азоту аммонийному приведены соответственно в таблицах 5, 6, 7, 8, 9 и 10.

Таблица 5 – Уровни факторов и интервал варьирования при построении матрицы повышения эффективности биологической очистки в аэротенке по БПК₅

Уровни факторов	Обозначение	x_1 (доза), г/м ³	x_2 (температура), °C	x_3 (нагрузка), кгБПК/кг·сут
Основной	0	0,3	15	0,473
Интервал варьирования	Δx	0,1	5	0,97
Верхний	+1	0,4	20	0,570
Нижний	-1	0,2	10	0,376

Таблица 6 – Матрица ПФЭ 2³ и результаты эксперимента по изучению интенсификации биологической очистки в аэротенке по БПК₅

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	y_3	\bar{y}_i	\dot{S}_i^2	\bar{y}_{im}	$(\bar{y} - \bar{y}_{im})^2$
1	+	-	+	+	-	-	+	-	7,7	8,0	8,4	8,1	0,12	7,84	0,043
2	+	+	+	+	+	+	+	+	13,9	11,9	12,7	12,9	1,01	13,75	0,751
3	+	-	-	+	+	-	-	+	6,3	4,9	7,3	6,2	1,50	6,00	0,033
4	+	+	-	+	-	+	-	-	9,7	7,7	10,8	9,4	2,38	8,92	0,226
5	+	-	-	-	+	+	+	-	4,7	4,3	5,0	4,7	0,13	4,87	0,033
6	+	+	-	-	-	-	+	+	6,7	6,7	8,6	7,3	1,32	7,80	0,226
7	+	-	+	-	-	+	-	+	6,4	7,4	5,7	6,5	0,76	6,71	0,043
8	+	+	+	-	+	-	-	-	13,8	13,6	13,1	13,5	0,13	12,62	0,751
	$b_0 =$ 8,56	$b_1 =$ 2,21	$b_2 =$ 1,67	$b_3 =$ 0,56	$b_{12} =$ 0,74	$b_{13} =$ -0,20	$b_{23} =$ -0,26	$b_{123} =$ -0,34							
	$t_0 =$ 35,69	$t_1 =$ 9,2	$t_2 =$ 6,95	$t_3 =$ 2,35	$t_{12} =$ 3,10	$t_{13} =$ 0,81	$t_{23} =$ 1,07	$t_{123} =$ 1,43							
$\Sigma S_i^2 = 7,37$, $S_i^2 = 0,921$, $S_{bi}^2 = 0,058$, $t_{(0,05;16)} = 1,75$, $S_{ад}^2 = 2,109$ $F = 2,29 < F_{(0,05;3;16)} = 3,24$ Математическая модель адекватна.															

Таблица 7 – Уровни факторов и интервал варьирования при построении матрицы повышения эффективности биологической очистки в аэротенке по взвешенным веществам

Уровни факторов	Обозначение	x_1 (доза), г/м ³	x_2 (температура), °C	x_3 (нагрузка), кг/кг·сут
Основной	0	0,3	15	0,475
Интервал варьирования	Δx	0,1	5	0,97
Верхний	+1	0,4	20	0,572
Нижний	-1	0,2	10	0,378

Таблица 8 – Матрица ПФЭ 2³ и результаты эксперимента по изучению интенсификации биологической очистки в аэротенке по взвешенным веществам

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₂ x ₃	y ₁	y ₂	y ₃	\bar{y}_i	\dot{S}_i^2	\bar{y}_{im}	$(\bar{y} - \bar{y}_{im})^2$
1	+	–	+	+	–	–	+	–	10,9	9,5	9,9	10,1	0,49	9,82	0,078
2	+	+	+	+	+	+	+	+	15,8	16,3	15,6	15,9	0,11	16,86	0,903
3	+	–	–	+	+	–	–	+	5,8	6,4	7,7	6,6	0,91	6,43	0,039
4	+	+	–	+	–	+	–	–	9,3	9,0	9,1	9,2	0,02	8,70	0,223
5	+	–	–	–	+	+	+	–	6,2	3,9	5,4	5,2	1,36	5,37	0,039
6	+	+	–	–	–	–	+	+	7,4	6,8	7,3	7,2	0,13	7,64	0,223
7	+	–	+	–	–	+	–	+	9,1	9,7	6,6	8,5	2,58	8,76	0,078
8	+	+	+	–	+	–	–	–	17,0	17,9	15,4	16,8	1,69	15,80	0,903
	b ₀ = 9,92	b ₁ = 2,33	b ₂ = 2,89	b ₃ = 0,53	b ₁₂ = 1,19	b ₁₃ = –0,24	b ₂₃ = –0,07	b ₁₂₃ = –0,38							
	t ₀ = 41,57	t ₁ = 9,76	t ₂ = 12,1	t ₃ = 2,23	t ₁₂ = 5,00	t ₁₃ = 1,00	t ₂₃ = 0,30	t ₁₂₃ = 1,58							
ΣS _i ² = 7,29, S _i ² = 0,911, S _{bi} ² = 0,057, t _(0,05;16) = 1,75, S _{ад} ² = 2,487 F = 2,73 < F _(0,05;3;16) = 3,24 Математическая модель адекватна.															

Таблица 9 – Уровни факторов и интервал варьирования при построении матрицы повышения эффективности биологической очистки в аэротенке по азоту аммонийному

Уровни факторов	Обозначение	x ₁ (доза), г/м ³	x ₂ (температура), °C	x ₃ (нагрузка), гN/кг _{без.в-ва} ·сут
Основной	0	0,3	15	89
Интервал варьирования	Δx	0,1	5	16
Верхний	+1	0,4	20	105
Нижний	–1	0,2	10	73

Таблица 10 – Матрица ПФЭ 2³ и результаты эксперимента по изучению интенсификации биологической очистки в аэротенке по азоту аммонийному

№	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₂ x ₃	y ₁	y ₂	y ₃	\bar{y}_i	\dot{S}_i^2	\bar{y}_{im}	$(\bar{y} - \bar{y}_{im})^2$
1	+	–	+	+	–	–	+	–	28,2	21,4	28,9	26,2	17,06	25,40	0,604
2	+	+	+	+	+	+	+	+	37,0	32,4	42,2	37,2	24,22	33,92	10,886
3	+	–	–	+	+	–	–	+	14,9	13,4	20,4	16,3	13,50	17,44	1,405
4	+	+	–	+	–	+	–	–	22,6	17,6	28,9	23,1	31,76	25,95	8,359
5	+	–	–	–	+	+	+	–	12,8	10,9	8,2	10,6	5,24	6,84	14,451
6	+	+	–	–	–	–	+	+	19,7	19,9	7,3	15,6	52,01	15,35	0,076
7	+	–	+	–	–	+	–	+	20,5	23,2	23,1	22,3	2,25	25,66	11,514
8	+	+	+	–	+	–	–	–	33,2	31,2	36,0	33,5	5,87	34,17	0,467
	b ₀ = 23,09	b ₁ = 4,26	b ₂ = 6,70	b ₃ = 2,58	b ₁₂ = 1,31	b ₁₃ = 0,20	b ₂₃ = –2,71	b ₁₂₃ = –0,25							
	t ₀ = 21,2	t ₁ = 3,91	t ₂ = 6,15	t ₃ = 2,37	t ₁₂ = 1,20	t ₁₃ = 0,19	t ₂₃ = 2,49	t ₁₂₃ = 0,23							
ΣS _i ² = 151,91, S _i ² = 18,989, S _{bi} ² = 1,187, t _(0,05;16) = 1,75, S _{ад} ² = 47,782 F = 2,52 < F _(0,05;3;16) = 3,24 Математическая модель адекватна.															

Уравнение регрессии интенсификации биологической очистки по БПК₅ в натуральных переменных равно:

$$y = 8,56 + 2,21 \left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1} \right) + 1,67 \left(\frac{x_2 - 15}{5} \right) + 0,56 \left(\frac{x_3 - 473}{97} \right) + 0,74 \left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1} \right) \left(\frac{x_2 - 15}{5} \right) =$$

$$= 0,85 - 0,1x_1 - 0,1x_2 + 0,0056x_3 + 1,48x_1x_2, \%$$

Уравнение регрессии интенсификации биологической очистки по взвешенным веществам в натуральных переменных выглядит так:

$$y = 9,92 + 2,33\left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1}\right) + 2,89\left(\frac{x_2 - 15}{5}\right) + 0,53\left(\frac{x_3 - 0,475}{0,97}\right) + 1,19\left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1}\right)\left(\frac{x_2 - 15}{5}\right) = \\ = 2,37 - 12,4x_1 - 0,13x_2 + 5,3x_3 + 2,38x_1x_2, \%$$

Уравнение регрессии интенсификации биологической очистки по азоту аммонийному в натуральных переменных принимает вид:

$$y = 23,09 + 4,26\left(\frac{x_1 - 0,3}{0,1}\right) + 6,70\left(\frac{x_2 - 15}{5}\right) + 2,58\left(\frac{x_3 - 0,475}{0,97}\right) - 2,71\left(\frac{x_2 - 15}{5}\right)\left(\frac{x_3 - 0,089}{0,016}\right) = \\ = -69,29 + 42,6x_1 + 4,35x_2 + 0,668x_3 - 0,034x_2x_3, \%$$

Таким образом, получены уравнения регрессии интенсификации первичного отстаивания и биологической очистки в аэротенке по БПК₅, взвешенным веществам и азоту аммонийному при введении раствора пробиотического средства «Оксидол» перед первичным отстаиванием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1971. – 278 с.
2. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической науки, 1972. – 382 с.
3. Налимов, В. В. Планирование эксперимента [Текст] / В. В. Налимов. – М. : Наука, 1971. – 208 с.
4. Насонкина, Н. Г. Предварительная очистка сточных вод с помощью пробиотических средств [Текст] / Н. Г. Насонкина, В. В. Маркин // MOTROL. – 2014. – Vol. 16, № 6. – Р. 125–133.
5. Маркин, В. В. Возможности интенсификации очистки городских сточных вод с помощью пробиотических средств [Текст] / В. В. Маркин // Коммунальное хозяйство городов. – 2014. – 114. – С. 131–135.

Получено 19.09.2016

В. В. МАРКІН

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОГО І БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОБІОТИЧНОГО ЗАСОБУ «ОКСИДОЛ»

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проведено дослідження з вивчення інтенсифікації первинного відстоювання і біологічного очищення стічної води при введенні пробіотичного засобу «Оксидол» залежно від трьох змінних параметрів: дози пробіотичного засобу, температури стічної води та часу аерації. План досліджень побудовано за типом повнофакторних експериментів типу 2^k. За результатами дослідів отримано математичні моделі збільшення ефекту очищення по БСК₅, зважених речовинах, азоту амонійному.

пробіотики, стічна вода, очищення, повнофакторний експеримент

VYACHESLAV MARKIN

MATHEMATICAL MODELS OF INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF MECHANICAL AND BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE WATER BY MEANS OF PROBIOTIC AGENTS «OXYDOL»

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Research of the intensification of the primary settlement and biological purification of waste water at introduction probiotic agents «Oxydol» depending on three variable parameters: the dose of probiotic agents, temperature of waste water and wastewater aeration time has been carried out. The research plan is constructed according to the type of full factorial experiments of type 2^k. Based on the results of experiments, the mathematical models of increase the cleaning effect on BOD₅, suspended solids, ammonia nitrogen have been obtained.

probiotics, waste water treatment, full factorial experiment

Маркін В'ячеслав Володимирович – магістр; аспірант кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Маркин Вячеслав Владимирович – магистр; аспирант кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточных вод.

Vyacheslav Markin – Master, Post-graduate student, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: wastewater treatment.

УДК 331.464.2

Н. С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ, Е. Н. ПЛИВАК, В. В. СПУДКО
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ

В статье выполнен анализ влияния фактора времени на производственный травматизм, даны рекомендации по предотвращению несчастных случаев на производстве.

фактор времени, несчастный случай, травматизм

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

По данным международной организации труда в мире каждые 15 секунд фиксируется 153 несчастных случая на производстве, в том числе один смертельный [1].

Ежедневно около 6 300 человек получают смертельную травму на производстве. Ежегодно на рабочих местах травмируется 317 миллионов человек, из них более 2,3 миллиона человек погибает. Экономическое бремя несоблюдения требований безопасности и гигиены труда оценивается в 4 % от мирового валового внутреннего продукта ежегодно [1].

Поскольку одним из основных этапов обеспечения производственной безопасности является анализ статистических данных производственного травматизма [2], то определение и анализ обстоятельств и условий возникновения несчастных случаев на производстве, а также разработка рекомендаций по предотвращению несчастных случаев является одним из наиболее важных направлений в области охраны труда и промышленной безопасности.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованием производственного травматизма, а также определением и анализом основных факторов, влияющих на уровень травматизма, занимались С. Е. Федорова, А. И. Васильева, Л. А. Чередниченко и много других ученых.

С. Е. Федорова утверждает, что на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, причины травматизма носят в основном организационный характер (около 70 %) и технический (30 %), что обусловлено неэффективной организацией и низким уровнем осуществления производственного контроля, а также частой сменой руководителей и специалистов на всех уровнях управления производством [3]. А. И. Васильева отмечает, что наибольший процент несчастных случаев происходит из-за нарушения работником трудового распорядка и дисциплины труда [4]. В исследованиях А. Г. Иваненко и Н. С. Подгородецкого установлено, что основными факторами, имевшими статистически значимую вероятность получения травмы на производстве является возраст пострадавшего более 30 лет и стаж работы от 10 до 30 лет. При этом наибольшее количество несчастных случаев по характеру травм составили черепно-мозговые травмы в результате механического воздействия [5].

ЦЕЛЬ

Проанализировать распределение несчастных случаев на производстве в 2015 году по временам года, месяцам, часам суток. Разработать рекомендации по предотвращению несчастных случаев с учетом фактора времени.

© Н. С. Подгородецкий, Е. Н. Пливак, В. В. Спудко, 2016

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Анализ травматизма по временам года показал, что максимальное количество несчастных случаев на производстве приходится на весну – 83 несчастных случая (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Распределение несчастных случаев на производстве по временам года

Всего несчастных случаев на производстве – 203	
Зима	56 (51,9 %)
Весна	83 (78,9 %)
Лето	39 (31,9 %)
Осень	25 (22,5 %)

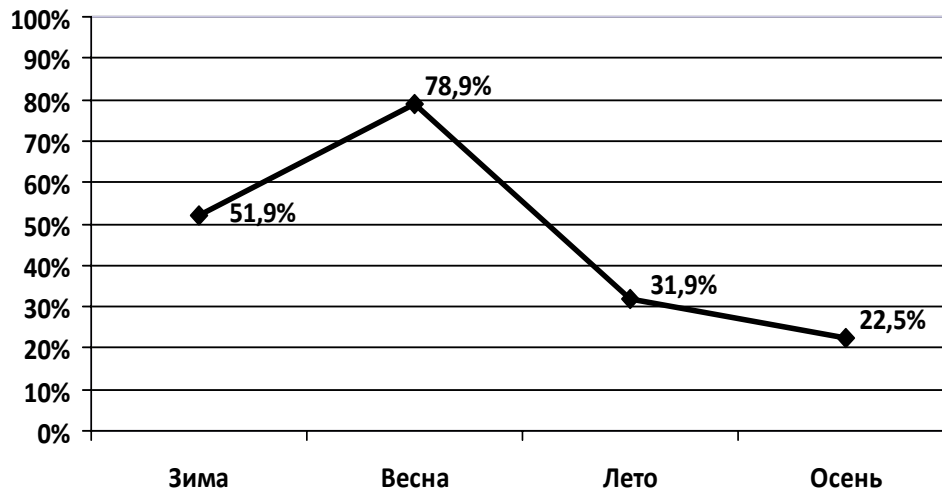


Рисунок 1 – Распределение несчастных случаев на производстве по временам года.

При этом наибольшее количество несчастных случаев произошло в марте, а наиболее травмоопасными оказались январь, февраль и март (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2 – Наиболее травмоопасные месяцы

Март	62 случая
Февраль	29 случаев
Январь	19 случаев

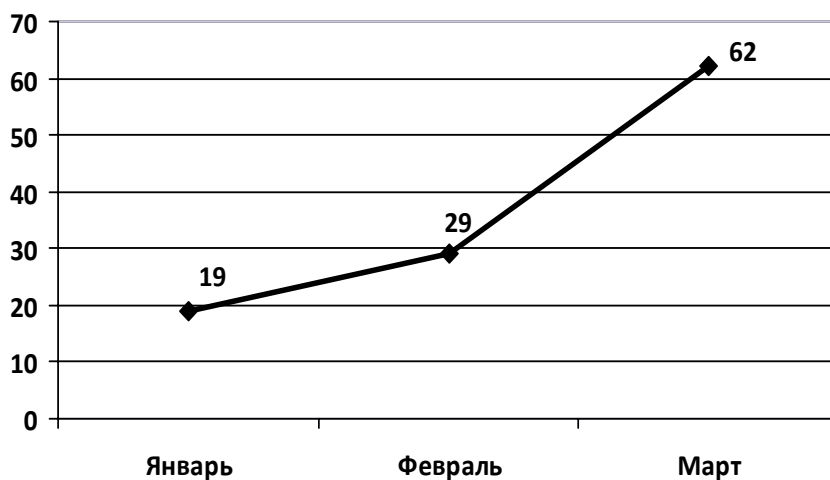


Рисунок 2 – Распределение несчастных случаев на производстве по месяцам.

При анализе травматизма по времени суток было выявлено, что максимальное количество несчастных случаев на производстве приходится на промежуток времени с 5 до 6 часов утра – 52 несчастных случая (25,6 %) (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3 – Наиболее травмоопасные часы суток

С 05 ⁰⁰ до 06 ⁰⁰ часов	52 человека (25,6 %);
С 12 ⁰⁰ до 13 ⁰⁰ часов	21 человек (10,3 %);
С 11 ⁰⁰ до 12 ⁰⁰ часов	17 человек (8,3 %);
С 10 ⁰⁰ до 11 ⁰⁰ часов	14 человек (6,9 %)

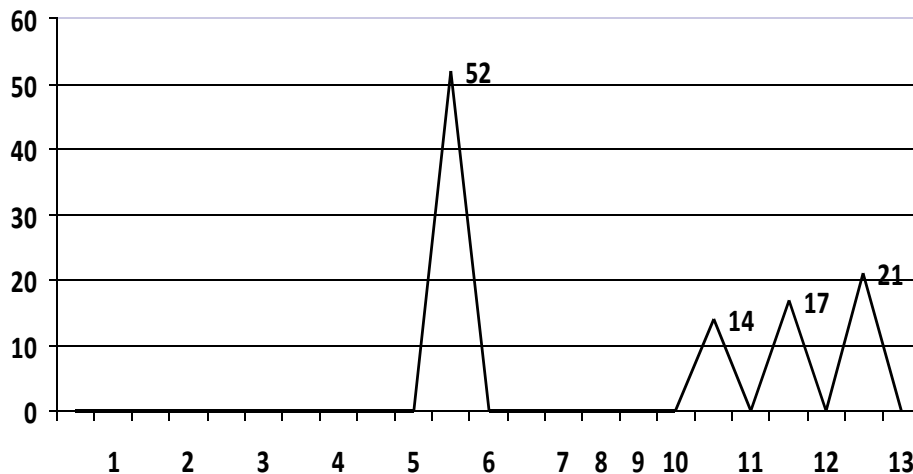


Рисунок 3 – Распределение несчастных случаев по времени суток.

ВЫВОДЫ

В результате анализа выявлено, что большинство несчастных случаев на производстве происходит в весеннее время года в марте. Более половины пострадавших травмировались в период времени с 08⁰⁰ до 16⁰⁰ часов, при этом пик травматизма приходится на временные промежутки с 05⁰⁰ до 06⁰⁰ часов и с 10⁰⁰ до 13⁰⁰ часов. В первой половине рабочего дня на предприятиях, особенно в угольной промышленности, к ремонтным работам привлекается максимальное количество рабочих, при этом наряды на производство работ не всегда согласовываются и увязываются между собой, что приводит к возникновению аварийных и опасных ситуаций, травмированию работающих.

Поэтому для улучшения сложившейся ситуации, предотвращения несчастных случаев на производстве необходимо:

- выполнять согласование и увязку между собой нарядов на выполнение работ;
- ужесточить контроль за организацией и выполнением работ в ремонтные и подготовительные смены;
- обеспечить повышение квалификации персонала в вопросах охраны труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Safety and health at work [Электронный ресурс] / International Labour Organization // ILO is a specialized agency of the United Nations. – Official webpage ; Electronic data. – 4 route des Morillons, CH-1211, Genève 22, Switzerland, [1996–2016]. – Available at : <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-en/index.htm>.
2. Нещасні випадки [Электронный ресурс] // Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України : Офіційна веб-сторінка / Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України. – К., 2015. – Режим доступа : <http://www.dnopr.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/neshchasni-vipadki>.
3. Федорова, С. Е. Анализ травматизма, аварийности и профессиональной заболеваемости горнодобывающих предприятий Якутии [Текст] / С. Е. Федорова // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. – 2009. – Вып. 12. – С. 106–116.
4. Васильева, А. И. Анализ несчастных случаев на предприятиях АК «Алроса» [Текст] / А. И. Васильева // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. – 2011. – Вып. 11. – С. 288–292.

5. Иваненко, А. Г. Взаимосвязь между некоторыми индивидуальными характеристиками строителей, характером травм и причинами несчастных случаев в строительстве [Текст] / А. Г. Иваненко, Н. С. Подгородецкий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Вып. 2015-3(113) : Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 74–77.
6. Жидецкий, В. Ц. Основы охраны труда [Текст] : Учебник / В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, А. В. Мельников. – Львов : Афиша, 2000. – 351 с. – ISBN 966-7760-10-3.
7. Справочник по охране труда на промышленном предприятии [Текст] / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов. – К. : Техніка, 1991. – 288 с.
8. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : Учебник / Под ред. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. – ISBN 5-06-003605-7.
9. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : Учебное пособие / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. – СПб. : Лань ; М. : ОМЕГА-Л, 2005. – 447 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 5-96590-253-0.
10. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : Учебник / Под ред. проф. Э. А. Арустамова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Дашков и Ко, 2003. – 496 с.
11. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : Учебник / Под ред. С. В. Белова. – М. : Высшая школа, 2002. – 476 с.

Получено 11.10.2016

М. С. ПОДГОРОДЕЦЬКИЙ, О. М. ПЛИВАК, В. В. СПУДКО
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРА ЧАСУ НА ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті виконано аналіз впливу фактора часу на виробничий травматизм, надано рекомендації щодо запобігання нещасним випадкам.

фактор часу, нещасний випадок, травматизм

NICHOLAS PODGORODETSKY, ELENA PLIVAK, VALERIA SPUDKO
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE TIME FACTOR ON OCCUPATIONAL INJURIES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article gives an analysis of the impact of the time factor on occupational injuries, recommendations for the prevention of accidents.

the time factor, accident, injury

Подгородецкий Николай Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: охрана труда в строительстве; энергосберегающие методы контроля и диагностики для безопасного строительства и эксплуатации скважин с выработки сланцевого газа; повышение энергосберегающей способности управления переработкой переделью промышленной сировины в строительстве; повышение эффективности ультразвуковых методов контроля та диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации строительных объектов.

Пливак Елена Николаевна – студентка 4-го курсу Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: влияние фактора времени на производственный травматизм. Составление рекомендаций щодо запобігання нещасним випадкам.

Спудко Валерия Витальевна – студентка 4 курсу Донбасской национальной академии строительства и архитектуры факультета экономики. Научные интересы: вопросы охраны труда, безопасности жизнедеятельности та экологии, исследования безопасных условий труда для работников, исследования нещасных случаев на производстве та их предотвращения.

Подгородецкий Николай Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: охрана труда в строительстве; энергосберегающие методы контроля и диагностики для безопасного строительства и эксплуатации скважин по добыче сланцевого газа; повышение энергосберегающей способности управления измельчительным переделью промышленного сырья в строительстве; повышение эффективности ультразвуковых методов контроля и диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации строительных объектов.

Пливак Елена Николаевна – студентка 4-го курса Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение влияния фактора времени на производственный травматизм. Создание рекомендаций по предотвращению несчастных случаев.

Спудко Валерия Витальевна – студентка 4 курса Донбасской национальной академии строительства и архитектуры факультета экономики. Научные интересы: вопросы охраны труда, безопасности жизнедеятельности и экологии, исследование безопасных условий труда для работников, исследование несчастных случаев на производстве и их предотвращение.

Podgorodetsky Nicholas – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Safety Technospheric Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: labor safety in construction; energy-efficient methods of control and diagnostics for the safe construction and operation of wells for the extraction of shale gas; improve management efficiency crushing redistribution of industrial raw materials in construction; improving the efficiency of ultrasonic methods for monitoring and diagnostics to ensure safe operation of construction projects.

Plivak Elena – a student of the 4th course, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of the influence of the time factor on occupational injuries. Creation of recommendations for the prevention of accidents.

Spudko Valeria – a student of the 4th course, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: issues of occupational safety and health, life and environmental safety study of safe working conditions for employees, the study of industrial accidents and their prevention.

ЗМІСТ

ТРЯКІНА А. С. Визначення мінімальної тривалості ряду гідрохімічних спостережень	5
ГУТАРОВА М. Ю. Аналіз нормування водоспоживання населення міст	10
НЕЗДОЙМІНОВ В. І., ЗАВОРОТНИЙ Д. В. Аеротенк-відстійник з відновленням завислого шару	15
НАЙМАНОВ А. Я., ГОСТЄВА Ю. В., ТУРЧИНА Г. С. Розрахунок нормативів надійності систем водопостачання та водовідведення	20
БАЛІНЧЕНКО О. Й. Боротьба з корозією труб за допомогою інгібітора калгон	25
ЧУМАК А. В., НАСОНКІНА Н. Г., АНТОНЕНКО С. Є., ЖУКОВ Е. І. Деякі аспекти реконструкції насосних станцій	30
АНТОНЕНКО С. Є., НАЙМАНОВ А. Я., САМОЙЛЕНКО А. А., КОРСУН Л. В., БЕРЕЗА П. Г. Можливість внутрішньокотлового оброблення води для зниження утворення накипу в парових котлах	37
ТКАЧЕНКО Г. Є. Математичне моделювання енергообміну в шахтному комплексі тепlopостачання з топками низькотемпературного киплячого шару	42
РОМАНЕНКО Б. Р., МАКСИМОВА Н. А. Аналіз існуючих пристроїв з теплового оброблення повітря в системах кондиціонування повітря	50
ВИБОРНОВ Д. В., ЛЕВІН В. М., НЕГОДА І. М. Дослідження впливу нетеплопровідних включень в огорожувальних конструкціях на розташування ізотермічних поверхонь	55
УДОВИЧЕНКО З. В., ГРИШКО К. М., ВОЛКОВ О. О. Аналіз методик проектування ефективних розподільних систем газопостачання	61
ОЛЕКСЮК А. О., РУСАКОВА А. О., РУСАКОВА К. О. Тепlopостачання будинків з незалежною системою приєднання місцевих систем ОВ і ГВ від ІТП з ПАУ і триконтурним теплообмінником при підземному будівництві	66
КАПЛУНОВА І. О. Шляхи підвищення енергоефективності експлуатованих будівель	72
НАСОНКІНА Н. Г., ЛОЗИНСЬКА В. О., ФЕСЬКОВА О. О. Порівняльний аналіз змін нормативної бази формування водоохоронної зони та прибережної захисної смуги водних об'єктів	77
ГРИГОРЕНКО Н. І., ЛЕСНОЙ В. І., ЖИБОЄДОВ О. В., ЗАВОРОТНИЙ Д. В. Вдосконалена конструкція клапана для автоматичного впуску повітря в систему вакуумної каналізації	83
МАРКІН В. В. Математичні моделі інтенсифікації процесів механічного і біологічного очищення стічних вод за допомогою пробіотичного засобу «Оксидол»	88
ПОДГОРОДЕЦЬКИЙ М. С., ПЛІВАК О. М., СПУДКО В. В. Аналіз впливу фактора часу на виробничий травматизм	95

СОДЕРЖАНИЕ

ТРЯКИНА А. С. Определение минимальной продолжительности ряда гидрохимических наблюдений	5
ГУТАРОВА М. Ю. Анализ нормирования водопотребления населения городов	10
НЕЗДОЙМИНОВ В. И., ЗАВОРОТНЫЙ Д. В. Аэротенк-отстойник с обновляющимся взвешенным слоем	15
НАЙМАНОВ А. Я., ГОСТЕВА Ю. В., ТУРЧИНА Г. С. Расчет нормативов надежности систем водоснабжения и водоотведения	20
БАЛИНЧЕНКО О. И. Борьба с коррозией труб с помощью ингибитора калгон	25
ЧУМАК А. В., НАСОНКИНА Н. Г., АНТОНЕНКО С. Е., ЖУКОВ Э. И. Некоторые аспекты реконструкции насосных станций	30
АНТОНЕНКО С. Е., НАЙМАНОВ А. Я., САМОЙЛЕНКО А. А., КОРСУН Л. В., БЕРЕЗА П. Г. Возможность внутрикотловой обработки воды для снижения накипеобразования в паровых котлах	37
ТКАЧЕНКО А. Е. Математическое моделирование энергообмена в шахтном комплексе теплоснабжения с топками низкотемпературного кипящего слоя	42
РОМАНЕНКО Б. Р., МАКСИМОВА Н. А. Анализ существующих устройств по тепловлажностной обработке воздуха в системах кондиционирования воздуха	50
ВЫБОРНОВ Д. В., ЛЕВИН В. М., НЕГОДА И. Н. Исследование влияния нетеплопроводных включений в ограждающих конструкциях на расположение изотермических поверхностей	55
УДОВИЧЕНКО З. В., ГРИШКО Е. Н., ВОЛКОВ А. О. Анализ методик проектирования эффективных распределительных систем газоснабжения	61
ОЛЕКСЮК А. А., РУСАКОВА А. А., РУСАКОВА Е. А. Теплоснабжение зданий с помощью ИТП с трехконтурным теплообменником при подземном строительстве	66
КАПЛУНОВА И. А. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий	72
НАСОНКИНА Н. Г., ЛОЗИНСКАЯ В. А., ФЕСЬКОВА Е. А. Сравнительный анализ изменений нормативной базы формирования водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водных объектов	77
ГРИГОРЕНКО Н. И., ЛЕСНОЙ В. И., ЖИБОЕДОВ А. В., ЗАВОРОТНЫЙ Д. В. Усовершенствованная конструкция клапана для автоматического впуска воздуха в систему вакуумной канализации	83
МАРКИН В. В. Математические модели интенсификации процессов механической и биологической очистки сточных вод с помощью пробиотического средства «Оксидол»	88
ПОДГОРОДЕЦКИЙ Н. С., ПЛИВАК Е. Н., СПУДКО В. В. Анализ влияния фактора времени на производственный травматизм	95

CONTENTS

TRYAKINA ALYENA. Determination of Minimum Duration of the Series of the Hydro Chemical Observations	5
GUTAROVA MARINA. Analysis of Rationing of Water Consumption by the Urban Population	10
NEZDOYMINOV VIKTOR, ZAVOROTNYI DMITRY. Aerator-Clarifier Unit with the Renewed Balanced Layer	15
NAIMANOV AUBEKIR, GOSTEVA YULIYA, TURCHINA GALINA. Calculation of Regulations of Reliability of Water Supply System and Sewerage System	20
BALYNCHENKO OKSANA. Corrosion Control Pipes by Inhibitor Calgon	25
CHUMAK ANDREY, NASONKINA NADIYA, ANTONENKO SVETLANA, ZHUKOV EDUARD. Certain Aspects of the Pumping Stations Reconstruction Restoration	30
ANTONENKO SVETLANA, NAJMANOV AUBEKIR, SAMOJLENKO ALINA, KORSUN LYUDMILA, BEREZA PAVEL. Possibility of Intra Boiler Processing of Water for Decrease of Scaling in Boilers	37
TKACHENKO GANNA. The Heat Exchange Math Modeling of the Mining Heat-Supply System with Low-Temperature Air Fluidized Bed Furnaces	42
ROMANENKO BORIS, MAKSIMOVA NATALYA. Analysis of Existing Devices on the Heat and Humidity of Air Treatment in Air-Conditioning Systems	50
VYBORNOV DMITRY, LEVIN VIKTOR, NEGODA ILYA. Study of the Influence of Inclusions Nonconductor Walling on the Location of the Insulated Surfaces	55
UDOVICHENKO ZLATA, GRYSHKO EKATERINA, VOLKOV ALEXANDER. Analysis of the Methods of Designing of Effective Distributing Gas Supply Systems	61
OLEKSYUK ANATOLIY, RUSAKOVA ANASTASIA, RUSAKOVA EKATERINA. Heating of Buildings with Independent System Connection Local Heating and Hot Water Systems on the Individual Heating Units with Warming-Battery Installation and Three-Loop Heat Wchanger with Underground Construction	66
KAPLUNOVA IRINA. Ways to improve the energy Efficiency of Operated Buildings	72
NASONKINA NADIYA, LOZINSKAYA VALERIYA, FESKOVA ELENA. A Comparative Analysis of Changes in the Regulatory Framework of Formation of Water Protection Zones and Coastal Protective strip of Water Bodies	77
GRIGORENKO NADEZHDA, LESNOI VIACHESLAV, ZHIPOEDOV ALEKSANDR, ZAVOROTNYI DMITRII. The Improved Design of Valve for Automatic Air Admission into the Vacuum Sewage	83
MARKIN VYACHESLAV. Mathematical Models of Intensification of the Process of Mechanical and Biological Treatment of Waste Water by Means of Probiotic Agents «Oxydol»	88
PODGORODETSKY NICHOLAS, PLIVAK ELENA, SPUDKO VALERIA. Analysis of the Influence of the Time Factor on Occupational Injuries	95