

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
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 2011-5(91)

**ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА
ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Макіївка 2011

Засновник і видавець

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 9643

видано 2 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 31.10.2011 р.

Редакційна колегія:

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

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

Насонкіна Н. Г., д. т. н., професор (головний редактор випуску);

Найманов А. Я., д. т. н., професор;

Сердюк О. І., д. х. н., професор;

Погребняк В. Г., д. т. н., професор;

Куліков М. І., д. т. н., професор;

Соколов В. І., д. т. н., професор;

Андрійчук М. Д., д. т. н., професор;

Нездоймінов В. І., к. т. н., доцент;

Лук'янов О. В., к. т. н., доцент;

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

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

Підписано до друку 21.11.2011. Формат 60х84 1/8. Папір багатофункціональний офісний.
Друк різнографічний. Умов. друк. арк. 31,37. Тираж 300 прим. Заказ 391-11.

Адреса редакції і видавця

Україна, 86123, Донецька область, 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.edu.ua,
http://donnasa.edu.ua/ru/publishing_house/vestnik

Постановою Президії ВАК України від 09.06.1999 р. № 1-05/7 журнал внесено до переліку
наукових фахових видань із технічних наук

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

© Донбаська національна академія
будівництва і архітектури, 2011

УДК 628.3:614.7

В. В. МАРКИН

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В статье рассмотрены основные методы обработки и утилизации осадков бытовых сточных вод, включая новейшие разработки, с точки зрения экологической безопасности и экономического резона.

осадки сточных вод, методы обработки осадков, утилизация осадков, тяжелые металлы

ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМАТИКУ

В настоящее время на иловых площадках, прудах-накопителях городских канализационных очистных сооружений (КОС) городов Украины накоплено большое количество осадков сточных вод (ОСВ). ОСВ являются загрязнителями грунтовых вод, поверхностных водных объектов, грунта, воздуха. Кроме того, под иловыми площадками заняты большие площади сельскохозяйственных угодий (только для Донецкой области более 500 га) [1], а ежегодный прирост осадков для Украины составляет около 40 млн. тонн, для размещения которых требуется 120 га/год природных земель [2]. Основными проблемами утилизации ОСВ являются некоторые неблагоприятные их характеристики: санитарно-гигиенические показатели и токсичность. К санитарно-гигиеническим показателям относятся: содержание патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, кишечной палочки. Токсичность ОСВ характеризуется содержанием в них токсичных веществ, по большей части тяжелых металлов (ТМ).

Касательно санитарно-гигиенических показателей, исследования показали, что на иловых площадках после двух-трех лет выдержки ОСВ полностью самоочищаются от яиц гельминтов, патогенной микрофлоры и являются бактериологически безопасными [3]. С тяжелыми металлами, которые попадают в ОСВ большей частью с производственными стоками, а также от рассеянных источников загрязнения [4], ситуация более сложная. Ввиду данной проблемы исследуются методы экологически безопасной и экономически выгодной утилизации и сопутствующей этим методам обработки ОСВ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной работы является рассмотрение основных и наиболее перспективных методов утилизации и сопутствующей этим методам обработки ОСВ в условиях Украины, а также вынесение общих выводов по данной проблематике.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСВ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В условиях дефицита органоминеральных удобрений, а также уменьшения плодородия почв, вследствие индустриальных методов работы на ней, завышенных доз минеральных удобрений, ОСВ рассматриваются как полноценные органоминеральные удобрения, содержащие в своем составе большое количество макро- и микроэлементов. По содержанию основных биогенных элементов (азот, фосфор, калий, кальций) осадки приравниваются коровьему или конскому навозу. Однако утилизации ОСВ в качестве удобрений мешает проблема содержания ТМ, зачастую превышающего предельно-допустимые концентрации. При попадании больших количеств ТМ в почву могут ухудшаться ее биологические свойства: сужаться видовой состав почвенных микроорганизмов, уменьшаться активность почвенных ферментов и интенсивность почвенных процессов.

При биоаккумуляции в почве ТМ по трофическим связям могут попадать в растения, животных, человека. Такое явление характеризуется, прежде всего, содержанием активных форм ТМ по отношению к их валовому содержанию, которое может колебаться от 5 до 30% [3].

В целом поведение ТМ при внесении ОСВ в почву и дальнейшее поглощение их растениями зависит от множества факторов, характеристик, как самих осадков, так и почвы, чувствительности различного вида выращиваемых культур к ТМ, способности к их поглощению, количества атмосферных осадков и их водородного показателя. Поэтому определять дозы внесения ОСВ в почву, и возможность, вообще, такого внесения, с экологической и агрохимической позиций, необходимо для каждого отдельного вида почв, осадков, выращиваемых культур, а также изначальной концентрации ТМ в осадке и почве.

Анализ почв на устойчивость к ТМ проводят по следующим критериям [5]:

- рН почвенного раствора;
- содержанию органического вещества в почве;
- содержанию глинистой фракции;
- подверженности эрозии, затоплению, проницаемости.

При увеличении щелочности происходит синтез низкомолекулярных органических соединений, образующих с металлами подвижные хелатные комплексы, т. е. происходит иммобилизация металлов. Именно на этом эффекте основан метод известкования ОСВ с целью их обеззараживания и обезвреживания, перевода ТМ в неактивные формы. Недостатком такого метода является то, что некоторые металлы остаются растворимыми даже после сильного известкования (хром, медь, цинк) [6].

Органическое вещество и вторичные глинистые минералы хорошо адсорбируют почвенные микроэлементы, в том числе ТМ. Чем тяжелее почва по механическому составу и чем больше в ней органического вещества, тем активнее в ней блокируются металлы, соответственно количество токсичных веществ, которое может быть вымыто в грунтовые воды и поглощено растениями минимально. Но при этом концентрации ТМ в почве могут быть увеличены до токсичных, что приведет к нарушению равновесия физических, химических и биологических процессов в ней. Песчаные почвы обладают низкой поглощательной способностью по сравнению с глинистыми, поэтому в них ТМ легко адсорбируются растениями.

Растительные культуры сильно отличаются по способности поглощать ТМ и чувствительности к ним.

В Германии при отпуске ОСВ с очистных сооружений к ним прилагается паспорт с указаниями химического состава осадков, наличия полезных и вредных компонентов. Перед внесением осадка его доза определяется исходя из соотношения показателей почвы и осадка. В Украине при определении дозы вносимого ОСВ на конкретный тип почв также существует формула, учитывающая концентрации ТМ в почве (фоновое), ПДК в почве для данного металла, количество гумуса в почве, тип грунта, водородный показатель и далее концентрацию ТМ в ОСВ [1].

В целом процессы миграции ТМ из осадка в почву и далее в растения довольно не однозначны. В этом направлении проведен ряд исследований российскими и украинскими учеными [3, 7–9], изучив которые, можно утверждать, что использование ОСВ при ежегодном либо ненормированном внесении в почву в качестве удобрения действительно приводит к накоплению ТМ в почве, выращиваемой продукции. Однако при однократном внесении осадков в почву, либо при внесении в почву 1 раз в 5 лет в строго ограниченных дозах и определенных из уже перечисленных факторов, во всех исследованиях наблюдается повышение урожайности и улучшение качества продукции. ТМ, содержащиеся в ОСВ, при этом включаются в естественные процессы миграции микроэлементов в почве и не приводят к нарушению биологических и химических процессов.

МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОСВ

Многие исследователи ищут способы относительного недорогого извлечения ТМ из осадков сточных вод или же их иммобилизации в неактивные формы. Рассмотрим некоторые из этих исследований.

Обработка осадка с помощью гуминовых кислот. В Харькове исследовалась возможность обезвреживания ОСВ с помощью гуминовых кислот, обладающих большой сорбционной способностью по отношению к ТМ [10]. Осадки КОС г. Донецка подвергались обезвреживанию на лабораторной вакуум-фильтровальной установке с намытым слоем углещелочного реагента (УЩР) – продукта обработки бурого угля щелочью. При такой обработке ионы ТМ всех форм (связанной, водорастворимой, подвижной) включаются в состав подвижных гуминовых комплексов, не представляющих

опасности для окружающей среды. Валовые концентрации ТМ в ОСВ после обработки снизились для разных металлов на 60–90 %, что делает возможным использование такого осадка в качестве удобрения. Для реализации этой методики на практике был предложен метод обезвоживания ОСВ на фильтр-прессах со стационарным намытым слоем УЩР или на центрифугах с подвижным слоем УЩР. Образующийся фильтрат или фугат при этом необходимо обрабатывать при подкислении до 6,5–6,8 pH, что позволит осадить гуминовые комплексы в специально предназначенных для этого отстойниках, количество этого осадка составит 0,01 % от первичного.

Существенным недостатком предложенного метода, наряду с необходимостью применения механического обезвоживания, является то, что при такой обработке ОСВ теряется 50 % кальция, 60 % магния и что особенно важно 60–70 % соединений группы азота [10], являющегося основным биогенным элементом. Этот факт ставит под большое сомнение использование разработанной методики обработки ОСВ для последующего использования его как удобрения. Кроме того, влажность ОСВ после такой механической обработки составила всего 72,38 %.

Обработка ОСВ с помощью аминокислотных реагентов. В настоящее время ведутся разработки по применению аминокислотных реагентов (АКР) для обеззараживания и обезвреживания ОСВ. В Институте фундаментальных проблем биологии РАН разработана технология переработки ОСВ в органическое удобрение путем их обезвреживания и обеззараживания специальными реагентами с последующим компостированием [11].

При этом обработка осуществляется двумя реагентами: обеззараживающим и обезвреживающим. Реагент-бактерицид – композиция гидроксоаминокислотных комплексных соединений Cu (CuLOH , L-анион аминокислоты), способных взаимодействовать с белками. Они связываются с белками оболочек патогенных микроорганизмов, в том числе в цистированном состоянии, яиц гельминтов, вызывая их гибель. Реагент-детоксикант – состоит из натриевых солей аминокислот. Реагент детоксицирует ТВ в осадках *in situ* – без извлечения ионов тяжелых металлов. Так как ионы ТМ являются комплексообразователями, анионы аминокислот связывают их в устойчивые нетоксичные комплексы. Создан также комплексный бактерицидно-детоксицирующий реагент, способный одновременно уничтожать патогенную микрофлору и обезвреживать ТМ в ОСВ.

Бактерицидно-детоксицирующие аминокислотные реагенты по специальной технологии производятся из токсичных и биологически опасных отходов кожевенного, мехового, мясо- и птицеперерабатывающих производств и токсичных медьсодержащих отходов гальванотехнических производств.

В результате обработки ОСВ АКР получается органоминеральная стабилизированная композиция ОМК. На основе этой композиции разработчики приготавливают компосты. Полученные ОМК или компосты на их основе целесообразно применять в качестве почвоулучшающей добавки и органического удобрения с/х культур вместо навоза и почвы, и далее по мере увеличения содержания ТМ: для удобрения технических культур, в питомнических хозяйствах, при благоустройстве и озеленении городских территорий, придорожных полос, при рекультивации свалок и карьеров, восстановлении плодородия нарушенных, сильноэродированных и сильнозагрязненных земель [11].

Тестирование обработанных осадков и компоста на проростках семян растений выявило, что компост фитотоксического действия не оказывает, а наоборот, он стимулирует рост растений, по сравнению с контролем и необработанными осадками [12].

Ферментно-кавитационный метод обработки ОСВ. В Волгограде предложен и разработан аэробный ферментно-кавитационный метод обработки илового осадка при биологической очистке сточных вод [12]. Особенностью этого метода является генерирование пагубной для патогенной микрофлоры кавитации низкой интенсивности (с числом кавитации 0,02–0,05), осуществляется он в биореакторах вертикального исполнения с насосами, кавитаторами и эжекторами, обеспечивающими глубокую обработку (до 15 % органики) и относительное обезвоживание (60–68 % влажности) осадка. В результате такой обработки обеспечивается кратное снижение энергозатрат, полное подавление патогенной микрофлоры, значительное сокращение влагоемкости выгружаемого осадка и снижение в нем содержания ТМ и токсичных веществ при повышении содержания серы, что достигается за счёт разработки основ кавитационного процесса, повышения каталитических свойств ферментов, увеличения окислительной способности активного ила и глубокой минерализации осадка. Т. к. при этом методе нет необходимости в температурной или реагентной обработке осадка – сохраняется живая микробно-гуминирующая флора ила, значительно улучшающая структуру органоминеральной массы, а при внесении обработанного по этой методике ОСВ в почву число переходящих в доступную форму соединений азота, фосфора и калия значительно больше, чем в осадках, подвергающихся температурной обработке.

Технологический процесс очистки сточных вод и обработки осадка ферментно-кавитационным методом характеризуется низкой удельной энергоёмкостью и экологичностью, нейтрализацией неприятно пахнущих веществ. Выгружаемый осадок занимает в 4,5 раз меньше площади, быстро обезвоживается и становится ценным ликвидным продуктом [12]. Заделка в светло-каштановые почвы осадка из расчёта 20 т/га даёт существенное повышение урожайности озимой пшеницы, в том числе в засушливых условиях; действие осадка продолжается в последующие два года. По подсчётам авторов срок окупаемости предлагаемой технологии 3–4 месяца.

Вермикомпостирование. Ещё одной альтернативой существующим методам обработки ОСВ является вермикомпостирование. В качестве вермикюльтуры используются навозные черви. Заглатывая кусочки ОСВ или субстрата, черви перерабатывают их и выделяют в виде копролитов с собственными ферментами, обладающими антисептическими свойствами и препятствующими развитию патогенной микрофлоры. Кроме того, черви накапливают в своих тканях ионы ТМ и переводят их в связанные формы.

В г. Луганске было проведено исследование на предмет способности дождевых червей адаптироваться и перерабатывать местные ОСВ в трех вариантах: ОСВ; ОСВ 60 % + листовый опад 40 %; ОСВ 80 % + листовый опад 20 % [13]. Опыты проводились в течение 6 месяцев, в это время происходило разложение и обеззараживание ОСВ. Было обнаружено, что 100 % ОСВ вызывает гибель червей, в то время как при компостировании ОСВ с листовым опадом получены положительные результаты. На 55-е сутки компостирования концентрации валовых форм ТМ в гумусе-сырце уменьшились от 0,8 до 28,4 % (наименьшее уменьшение Fe, наибольшее Pb), подвижных форм от 1,8 до 45,8 % (наименьшее уменьшение Cu, наибольшее Pb, исключение составил Fe, его концентрации не изменились) в сравнении с исходным ОСВ. Наибольший прирост молодёжи и биомассы зафиксирован для варианта ОСВ 60 % + листовый опад 40 % – этот вариант по своему составу является оптимальным. Эти эксперименты подтверждают перспективность использования вермикомпостирования ОСВ, особенно учитывая относительно низкие затраты на строительство и эксплуатацию устройств, применяемых для этого метода.

УТИЛИЗАЦИЯ ОСВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При очень высоком содержании ТМ в ОСВ, и невозможности снижения их валового содержания либо стойкого перевода ионов ТМ в неактивные формы или же не приемлемой стоимости такой обработки, возможны другие методы утилизации ОСВ. В г. Луганске разработана методика применения ОСВ при производстве строительных материалов, в частности асфальтобетонной смеси [14]. По этой методике ОСВ применяются вместо минерального порошка, т. е. переводят битум в пленочное состояние и заполняют мелкие поры между заполнителями. При этом ТМ, содержащиеся в ОСВ, будут образовывать хемосорбционные комплексы с органоминеральными веществами и составляющими битумного вяжущего, что обусловит экологическую безопасность полученного материала и улучшение физико-механических свойств асфальтобетона. Оптимальное содержание наполнителя из ОСВ в асфальтобетонной смеси 6–8 %, т. е. в 1 м³ асфальтобетона можно утилизировать 120–200 кг ОСВ. Учитывая, что ежегодная потребность в асфальтобетоне при строительстве и ремонте автодорог очень велика, таким подходом можно значительно сократить «залежи» ОСВ на иловых картах, которые изначально предназначены для естественного обезвоживания ОСВ, а не их складирования.

Существует также возможность использования ОСВ при производстве строительной керамики в качестве выгорающей добавки [15]. В этом случае ТМ осадка остекловываются при спекании, что делает получаемую продукцию экологически безопасной. При производстве керамического кирпича возможна утилизация 30–40 % ОСВ, температура обжига снижается при этом на 50–100 °С, что уменьшает стоимость кирпича на 5–10 %. Нужно отметить, что с увеличением процентного содержания ОСВ уменьшается прочность кирпича на сжатие, однако уменьшается и теплопроводность, т. е. такой кирпич более тёплый.

СЖИГАНИЕ

В странах ЕС большое процентное отношение утилизации осадков отдано именно этому способу (≈ 38 %) [16]. Тем не менее, необходимо учитывать, что наша страна в ближайшее время вряд ли сможет себе позволить установку дорогостоящего оборудования для очистки дымовых газов от токсических веществ, которые образуются при сжигании ОСВ – в частности тяжелых металлов. Опыт

крупных мегаполисов, в которых внедряются современные технологии сжигания ОСВ, свидетельствует о том, что этот процесс достаточно сложен технологически и финансово-экономическим, а также в некоторой степени проблематичен в эксплуатации [17]. К тому же осадок перед сжиганием необходимо высушить до требуемой влажности. Так что в создавшихся условиях необходимо искать выход не только экологически безопасный, но и экономически выгодный.

ПОЛУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГРУНТА ИЗ ОСВ

ОСВ можно смешивать с песком, шлаком, глиной с целью уменьшения концентрации ТМ в смеси. Если полученный искусственный грунт подвергать предварительному уплотнению, в результате его модуль деформации практически совпадает с исходными материалами [18]. Такой искусственный грунт можно применять как грунт для обратной засыпки, основания для дорог, насыпей, площадок либо вертикальной планировки при создании искусственного ландшафта.

ВЫВОДЫ

Подводя итог, нужно сказать, что проблема осадков сточных вод вовсе не является нерешаемой для нашей страны, уже разработано достаточно много методов утилизации и обработки ОСВ как в Украине, так и за рубежом. Анализ исследований, проведенных в 2000 году [1], показывает, что концентрации ТМ в ОСВ, содержащихся на иловых картах КОС городов Донецкой области с относительно не развитой промышленностью (Артемовск, Дружковка, Селидово, Часов Яр, Угледорск), не превышает допустимые величины содержания ТМ в осадках по ТУ 204 України 76–93 [19], и соответственно по этому критерию ОСВ подходят для утилизации в качестве органоминерального удобрения. В городах с развитой промышленностью (Донецк, Макеевка) концентрации некоторых ТМ превышают указанные в [19], такие ОСВ можно подвергать обработке по различным методикам с целью снижения валового содержания ТМ либо перевода их в неактивные формы, а также улучшения удобрительных свойств ОСВ; либо, если этот подход не возможен, применять ОСВ при производстве строительных материалов в качестве искусственного грунта, газонов, удобрения декоративных растений. В любом случае заниматься этой проблемой необходимо, т. к. наряду с предприятиями теплоэнергетики, металлургической и угольной промышленности иловые карты являются крупным загрязнителем окружающей среды. Если брать Донецкую область, то необходимо, прежде всего, как уже отмечалось ранее специалистами [20], провести исследования и определить количество и химический состав ОСВ на КОС различных городов, концентрации в них тяжелых металлов, биогенных элементов, санитарно-гигиенические показатели, агрегатное состояние. И уже на основании анализа этих данных разрабатывать конкретную методику обращения с ОСВ, накопившихся на территориях очистных сооружений. К тому же утилизация ОСВ может быть экономически выгодным предприятием, и заниматься этой проблемой необходимо именно на государственном уровне, чтобы доход шел в государственный бюджет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрозд, Г. Я. Технично-екологическiе записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод [Текст] / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с. – ISBN 966-02-1812-1.
2. Сучкова, Н. Г. Анализ состояния проблемы рекультивации иловых площадок очистных сооружений городов и перспективы для Харьковского региона [Текст] / Н. Г. Сучкова // Сб. докладов Международного конгресса «ЭТЭВК-2007» – Экология, технология, экономика водоснабжения и канализации. Ялта, 22–26 мая 2007 г. – Ялта, 2007. – С. 279–284.
3. Чемаева, О. В. Экологическая оценка осадков сточных вод и использование их в качестве удобрения [Текст] : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Чемаева Ольга Владимировна. – Ульяновск, 2003. – 171 с. – Библиогр.: с. 109–130.
4. Перспективные технологии в области обработки осадков [Текст] / Д. А. Данилович, М. Н. Козлов, В. Е. Аджненко [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 1. – С. 12–14.
5. Касатиков, В. А. Осадок сточных вод как удобрение: можно ли избежать нежелательных воздействий? [Электронный ресурс] / В. А. Касатиков, В. П. Фатеев, О. А. Кагина // Ежедневное аграрное обозрение. – Режим доступа : <http://agroobzor.ru/ahim/a-118.html>.
6. Небольсин, А. Н. Изменение некоторых свойств почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием известкования [Текст] / А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина // Агрохимия. – 1997. – № 10. – С. 5–12.

7. Богатырев, С. М. Экологическая оценка эффективности использования осадка сточных вод в качестве удобрения в условиях курской области [Текст] : дисс. ... канд. технич. наук : 11.00.11 / Богатырев Сергей Михайлович. – Курск, 1999. – 132 с. – Библиогр.: с. 98–125.
8. Куликова, А. Х. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур [Текст] / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, А. В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии : Научно-теоретический журнал. – 2007. – № 1(4). – С. 8–18.
9. Нездойминов, В. И. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения [Текст] / В. И. Нездойминов, А. В. Чернышева // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-2(82) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 150–157. – ISSN 1814–3296.
10. Котюк, Ф. О. Зниження рівня екологічно небезпечного впливу осадів міських стічних вод на навколишнє середовище [Текст] : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техніч. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Котюк Федір Олексійович ; Харківська нац. академія міського господарства МОН України. – Харків, 2006. – 16 с.
11. Демин, Д. В. Производство экологически безопасного компоста на основе обезвреженных и обеззараженных реагентами осадков городских очистных сооружений [Текст] / Д. В. Демин, С. М. Севостьянов, А. С. Керженцев // М-лы Всероссийской конференции аспирантов и студентов по приоритетному направлению «Рациональное природопользование» / Ярослав. гос. ун-т ; [отв. за вып. начальник НИСа А. Л. Мазалецкая]. – Ярославль : ЯрГУ, 2006. – С. 245–250. – ISBN 5–8397–0406–1.
12. Степкина, Ю. А. Совершенствование технологий и систем обработки осадка при очистке сточных вод, получение и апробация комплексного удобрения [Текст] : автореф. на соискание уч. степени канд. технич. наук : спец. 21.06.01 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» / Степкина Юлия Андреевна ; Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. – Волгоград, 2006. – 18 с.
13. Пашутина, Е. Н. Некоторые вопросы утилизации осадков сточных вод города Луганска [Текст] / Е. Н. Пашутина, С. И. Давыдов // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. Серія «Біологічні науки». – Луганск : ЛНАУ, 2010. – № 19. – С. 84–87.
14. Бреус, Р. В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон [Текст] : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техніч. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Бреус Роман Володимирович ; Луганський нац. аграрний ун-т МАП України. – Харків, 2007. – 16 с.
15. Дрозд, Г. Я. Вовлечение депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот – эффективный способ повышения качества окружающей среды [Текст] / Г. Я. Дрозд // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-3(83) : Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 227–235. – ISSN 1814–3296.
16. Паёнк, Т. Законодательство Европейского Союза в области утилизации осадков [Текст] / Т. Паёнк // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 1. – С. 37–41.
17. Аликбаева, Л. А. Эколого-гигиенические аспекты утилизации осадков сточных вод высокоурбанизированных территорий [Текст] / Л. А. Аликбаева // Вестник гигиены и эпидемиологии. – Донецк : ДонНМУ, 2006. – Т. 10, № 1. – С. 164–168.
18. Дрозд, Г. Я. Исследование прочностных и деформационных свойств лежалых осадков сточных вод с позиций использования как грунтов [Текст] / Г. Я. Дрозд, В. В. Чура // Научн. технич. сб. «Коммунальное хозяйство городов». Серия «Технич. науки и арх-ра». – Харьков, 2006. – № 74. – С. 84–89.
19. Технічні умови. Добриво із осадів стічних вод [Текст] : ТУ 204 України 76–93 / Держ. ком. України по житлово-комунальному господарству. – Харків, 1994. – 16 с.
20. Зотов, Н. И. К вопросу об использовании осадков бытовых сточных вод в сельском хозяйстве [Текст] / Н. И. Зотов, С. Р. Суслов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-3(83) : Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 214–221. – ISSN 1814–3296.

Получено 02.09.2011

В. В. МАРКІН ОСОБЛИВОСТІ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ І УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті основні методи обробки і утилізації осадів побутових стічних вод, включаючи новітні розробки, з точки зору екологічної безпеки і економічного резону.

осади стічних вод, методи обробки осадів, утилізація осадів, важкі метали

VYACHESLAV MARKIN

SALIENT FEATURES OF PRINCIPLE PROCESSING METHODS AND SEWAGE
SLUDGE UTILIZATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper deals with the principle processing methods and sewage sludge utilization, including the latest designs from the point of view of ecological security and economy.

sewage sludges, processing methods of sewage sludges, sludge utilization, heavy metals

Маркін В'ячеслав Володимирович – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури; інженер ЛНВСіС КП «Компанія "Вода Донбасу"». Наукові інтереси: обробка і утилізація осадів побутових стічних вод.

Маркин Вячеслав Владимирович – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры; инженер ЛНВСиС КП «Компания "Вода Донбасса"». Научные интересы: обработка и утилизация осадков бытовых сточных вод.

Vyacheslav Markin – MPhil, an engineer of LAWN of CE of the Donbas Water Company. Research interests: sewage sludges processing and utilization.

УДК 628.16.08

М. П. ОМЕЛЬЧЕНКО ^а, Г. Ю. СИТНИК ^а, Л. І. КОВАЛЕНКО ^б

^а Донбаська національна академія будівництва і архітектури, ^б Донецький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНО-СОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПИТНОЇ ВОДИ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ

Розглянуті пропозиції щодо впровадження на фільтрувальних станціях, які готують питну воду із забруднених поверхневих джерел, озono-сорбційного очищення води. Пропонується використовувати частину освітлювальних фільтрів як сорбційні з гранульованим активованим вугіллям. Перед сорбційними фільтрами вода обробляється озоном, після сорбційних фільтрів – вторинним хлором. Технологія дозволяє вилучати з природної води поверхневих джерел феноли, нафтопродукти, СПАР, пестициди, інші шкідливі органічні сполуки.

фільтрувальна станція, озонування води, сорбційне очищення питної води, технологія фізико-хімічного очищення природної води

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Поверхневі водні джерела Донбасу – річка Сіверський Донець і водосховища – зазнають значного антропогенного і техногенного впливу.

Скид неочищених, або недостатньо очищених побутових і промислових стічних вод, а також змиви з сільськогосподарських угідь вод, що містять пестициди і інші отрутохімікати, приводить до погіршення води в джерелах водопостачання. Склад вод поверхневих водойм поблизу крупних міст Донбасу характеризується вмістом в них підвищених концентрацій (які перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) за санітарно-гігієнічними показниками) фенолів, нафтопродуктів, хлорорганічних сполук, амонійного і нітритного азоту і ін. Проектні технології і існуючі споруди для очищення води з поверхневих джерел були розраховані на води першого і другого класу, на видалення з них забруднень природного походження. Водоочисні станції, що діють, запроектовані за традиційною технологією (коагуляція, хлорування, відстоювання і фільтрування), отже не тільки не можуть забезпечити видалення хімічних забруднень, але, навпаки, у ряді випадків сприяють підвищенню концентрації деяких з них. Наприклад, попереднє хлорування води з поверхневих джерел, як правило, приводить до утворення в оброблюваній воді підвищених концентрацій найбільш шкідливих тригалометанів і інших хлорорганічних сполук.

Виходом з положення, що склалося, є застосування озono-сорбційного очищення, при якому малоокислювані органічні домішки води руйнуються озоном, а потім продукти озonoлізу вилучаються сорбцією активованим вугіллям.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Озонування води широко застосовується за кордоном. Засновником технології озонування води є Франція, яка в 1997 р. відзначала сторіччя ефективного використання озону при підготовці питної води і початку промислового випуску озонаторного устаткування. На водопровідних станціях США озон використовують по оброблюваній воді – до 102 млн. м куб/добу і по вироблюваному озону – до 34 тис. кг/добу [1]. У Німеччині озон використовується в різних галузях промисловості орієнтовно на 3 000 підприємств, зокрема приблизно на 400 станціях підготовки питної води і на 140 каналізаційних очисних станціях [2].

У СРСР озонування застосовувалося лише на крупних водопровідних станціях Москви, Києва, Ленінграда, Мінська і Нижнього Новгорода з використанням устаткування французької фірми «Треїлігаз». На всіх цих станціях озон використовували для поліпшення органолептичних показників якості питної води і усунення присмаків і запахів. Останніми роками масштаби застосування озону в Росії істотно підвищуються. Водоочисні станції з озонаторним устаткуванням працюють (крім вище наведених) у Санкт-Петербурзі, Кургані, Тюмені, Ярославлі, Самарі і Пермі [1].

Розробка озонаторного устаткування великої продуктивності в Україні не ведеться, в Російській Федерації таку роботу ведуть ВАТ «Курганхіммаш», ДК НІЦ ім. М. В. Хрунічева, Московський інститут теплотехніки (МІТ), «КБ Хімавтоматика» (м. Вороніж) і багато інших [3]. Крім того, на вітчизняному ринку представлені озонатори французьких фірм «Треїлігаз» і «Дегремон», швейцарської фірми «Озоніа».

Створена Міжнародна озонна асоціація (JOA), яка випускає міжнародні журнали «Ozone News» і «Ozone Science and Engineering», проводить регіональні конференції і міжнародні конгреси з озонування води [2].

ЦІЛЬ

Потрібно розробити пропозиції з використання технології озono-сорбційного очищення води для умов забруднених джерел питного водопостачання Донбасу, яка підвищить якість питної води.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Озон є сильним окислювачем, що знищує бактерії, спори і віруси (зокрема, віруси поліомієліту), що руйнує складні органічні сполуки, викликає знебарвлення води, а також поліпшує смакові якості води. Проте основне призначення озонування – окислення і видалення різних специфічних хімічних забруднень, таких, як феноли, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), пестициди, т. ін. Але застосування озону пов'язане з наступними проблемами.

Окрім дорожнечі генераторів озону і витрати електроенергії на синтез озону, технологія характеризується складністю апаратурного оформлення. До складу комплексу устаткування озонаторної станції входять: компресори, установки для очищення і осушення повітря, генератори озону, силові енергетичні установки і апарат каталітичного розкладання озону.

Проблеми виникають також при змішуванні озону (озоноповітряної суміші) з водою, оскільки озон погано розчиняється у воді. Для змішування озонотеплової суміші з водою влаштовуються контактні камери, зазвичай у формі багатосекційних змішувачів із зигзагоподібним рухом води у вертикальній площині. Озон, що не розчинився, збирається системою труб з реакційних відділень і відокремлювача повітря у верхній частині камери і за допомогою вентилятора відводиться на апарат каталітичного розкладання озону, завантаженого сорбентом, а повітря викидається в атмосферу. Контактні камери можуть працювати як в протиточному, так і в прямоточному режимах, причому при протиточному методі змішування коефіцієнт використання озону підвищується до 0,93–0,97.

Оскільки озон є відомим дезінфекантом, виникає помилкова думка, що при озонуванні можна відмовитися від вторинного хлорування. Але озон швидко розкладається у воді і не має подовженої бактерицидної дії, тому його застосування не виключає використання хлору, хоча доза хлору може бути зменшена. Крім того, при озонуванні води багато органічних забруднень піддаються деструкції, в результаті збільшується кількість біорозкладних сполук, у воді підвищується концентрація так званого «асимільованого органічного вуглецю», який легко засвоюється мікроорганізмами, сприяючи їх життєдіяльності. Це створює сприятливі умови для повторного бактеріального забруднення очищеної води у водопровідній мережі. Тому для надійної роботи водопровідних мереж необхідне остаточне знезараження води проводити хлоровмісними реагентами.

З вищевикладеного виходить, що у кожному конкретному випадку для ухвалення рішення про застосування озону необхідне проведення передпроектних технологічних досліджень, в результаті яких можна обґрунтовано робити висновки про доцільність і ефективність озонування і оцінити його вплив на основні процеси очищення води на даній водоочисній станції. В ході таких досліджень за їх результатами можна встановити оптимальні дози озону в характерні періоди року, коефіцієнт використання озону, час контакту озонотеплової суміші з оброблюваною водою.

Для вилучення з води продуктів озонлізу рекомендується подальше сорбційне очищення води. Перевагами сорбційного методу є: видалення забруднень надзвичайно широкої природи до будь-якої залишкової концентрації, відсутність вторинних забруднень і можливість управління процесом. Разом

з цим сорбційний ступінь очищення води підвищує надійність роботи водоочисної станції в цілому і гарантує необхідну якість води (при необхідності із зменшенням подачі води) навіть в періоди аварійних ситуацій і попадання у вододжерело хімічних забруднень: фенолів, нафтопродуктів і ін.

Використання активованого вугілля на станції доцільне у вигляді завантаження сорбційних фільтрів, що є третім ступенем очищення води (після освітлювальних фільтрів). Цей метод є найбільш надійним з санітарно-гігієнічної і технологічної точок зору. Оскільки на вугілля поступає очищена на піщаних фільтрах вода, що є фактично питною, то вугілля працює тільки за прямим призначенням, як сорбент для видалення з води в основному органічних забруднень. При цьому термін служби вугілля залежно від якості води вододжерела може досягати 3 років.

Оскільки проектування і будівництво споруд сорбційного очищення потребує достатньо тривалого часу і значних капітальних витрат, то як тимчасовий варіант можна рекомендувати переобладнання піщаних фільтрів у вугільні. Таке рішення тим більше доцільне в сучасній ситуації, коли фактична продуктивність фільтрувальних станцій набагато менше проектної, швидкі фільтри недовантажені, тому частину їх можна використовувати як сорбційні. Як сорбційний матеріал, розроблений спеціально для заміни піщаного завантаження фільтрів, може бути використане вугілля марки TL-830 бельгійської фірми «Чемвірон Карбон». При цьому водопровідна станція не потребує реконструкції і значних капітальних витрат. Фірма «Чемвірон Карбон» має досвід застосування вугілля TL-830 більш ніж на 200 водопровідних станціях світу [3].

При реконструкції існуючих фільтрувальних станцій між швидкими фільтрами і резервуарами чистої води потрібно влаштувати змішувачі для озоноповітряної суміші і відкритих сорбційних фільтрів. Внаслідок цього втрати напору (різниця рівнів води) між швидкими фільтрами і РЧВ збільшується як мінімум на один метр. Якщо при цьому не нарощувати стіни існуючих ємкісних споруд, що є небажаною дорогою і трудомісткою операцією, то рівень води в РЧВ знизиться на один метр, тобто зменшиться корисний об'єм резервуарів. Такий наслідок також не викличе труднощів при фактично надмірній продуктивності фільтрувальних станцій через зменшення споживання води.

Технологічна схема реконструкції існуючих фільтрувальних станцій, що рекомендується, з впровадженням озоносорбційного очищення представлена на рис. 1.

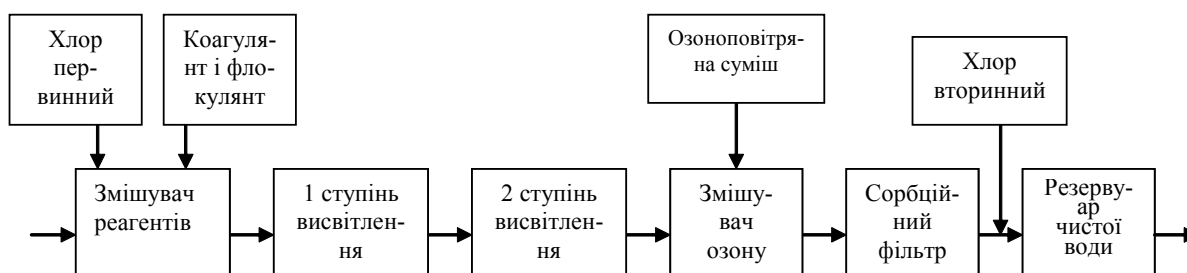


Рисунок 1 – Блок-схема водоочисної станції з озоно-сорбційним очищенням води.

З досвіду експлуатації зарубіжних станцій водопідготовки відомо, що озонування води перед вугільними фільтрами збільшує їх межреактиваційний період до декількох років.

При необхідності, найбільш доцільним за техніко-економічними показниками є термічний метод реактивації, при якому вугілля піддається дії температури 700–800 °С без доступу повітря протягом 15–20 хвилин. Організація реактивації вугілля безпосередньо на майданчику водоочисних споруд може бути виправдана лише у разі обробки значних об'ємів вугілля на крупних станціях очищення води. Найбільш перспективним є влаштування регіональних вузлів реактивації вугілля, наприклад, загального для фільтрувальних станцій КП «Компанія "Вода Донбасу"».

При проектуванні сорбційної технології для водоочисних станцій потрібно розробити варіанти використання сорбційних фільтрів з вибором найбільш ефективних марок активного вугілля, уточнити швидкість фільтрування, час до реактивації вугільного завантаження і режим реактивації з визначенням його апаратурного оформлення, а також інші технологічні і техніко-економічні питання застосування активного вугілля на водоочисних станціях.

Запропонована технологічна схема впроваджена в реальному дипломному проекті рівня «спеціаліст» дипломниці Г. Ю. Ситник для Слов'янської фільтрувальної станції.

ВИСНОВКИ

Розвідка з пошуку шляхів покращання технологій підготовки питної води з забруднених поверхневих джерел на фільтрувальних станціях Донбасу показує, що існуючі традиційні технології не забезпечують отримання високоякісної питної води, яка може містити шкідливі для людського організму сполуки (феноли, СПАР, пестициди, т. п.). Вирішенням проблеми є застосування апробованого ефективного методу озono-сорбційного очищення води. Наші розробки показують, що існуючі технологічні схеми можуть бути доповнені спорудами для введення озону та сорбційними фільтрами, що при мінімальних капіталовкладеннях може дати суттєве підвищення якості води для питного споживання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жуков, Н. Н. Озонирование воды в технологии водоподготовки [Текст] / Н. Н. Жуков, В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 1. – С. 2–4.
2. Алексеева, Л. П. Озонирование в технологии очистки природных вод [Текст] / Л. П. Алексеева, В. Л. Драгинский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 4. – С. 25–30.
3. Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях : Сб. статей НИИ КВОВ / под ред. В. Л. Драгинского. – М. : НИИ КВОВ, 1997. – 113 с.
4. Богомолов, М. В. Международный конгресс озоновых и ультрафиолетовых технологий в Лос-Анджелесе [Текст] / М. В. Богомолов, А. В. Коверга, С. В. Волков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 4. – С. 14–16.
5. Singel, P. S. Assessing ozonation research needs in water treatment [Текст] / P. S. Singel // American Water Works Association Journal. – 1990. – Vol. 82. – № 10. – P. 78–88.

Отримано 05.09.2011

Н. П. ОМЕЛЬЧЕНКО ^a, А. Ю. СЫТНИК ^a, Л. И. КОВАЛЕНКО ^b
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗОНО-СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

^aДонбасская национальная академия строительства и архитектуры, ^bДонецкий национальный технический университет

Рассмотрены предложения по внедрению на фильтровальных станциях, которые готовят питьевую воду из загрязненных поверхностных источников, озono-сорбционной очистки воды. Предлагается использовать часть осветительных фильтров в качестве сорбционных с гранулированным активированным углем. Перед сорбционными фильтрами вода обрабатывается озоном, после сорбционных фильтров – вторичным хлором. Технология позволяет изымать из природной воды поверхностных источников фенолы, нефтепродукты, СПАВ, пестициды, другие вредные органические соединения. **фильтровальная станция, озонирование воды, сорбционная очистка питьевой воды, технология физико-химической очистки природной воды**

MYKOLA OMELTCHENKO ^a, HANNA SYTNIK ^a, LIUDMYLA KOVALENKO ^b
OZONE AND SORPTION TREATMENT OF POLLUTED SURFACE SOURCES FOR GETTING DRINKING WATER

^aDonbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^bDonetsk National Technical University

The paper offers an adoption of new types of water treatment plants to get drinking water from polluted surface sources with the help of ozone and sorption treatment. Some clarification filters have been recommended to apply as sorption ones with granular absorbent carbon. Before passing through sorption filters, water is processed by ozone and afterwards secondary chlorine. The technology enables to remove phenols, synthetic surface active substances (SSAS), petroleum derivatives, pesticides and other adverse organic compounds from natural water of surface sources.

water treatment plants, ozonization of water, absorbtion drinkable water treatment, technology of physical and chemical natural water treatment

Омельченко Микола Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технології освітлення природних і промислових стічних вод.

Ситник Ганна Юріївна – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технології очищення природних вод.

Коваленко Людмила Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри природоохоронної діяльності Донецького національного технічного університету. Наукові інтереси: природоохоронні технології.

Омельченко Николай Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технологии очистки природных и промышленных сточных вод.

Сытник Анна Юрьевна – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технологии очистки природных вод.

Коваленко Людмила Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранной деятельности Донецкого национального технического университета. Научные интересы: природоохранные технологии.

Mykola Omeltchenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: technologies of natural water and industrial sewage purification.

Hanna Sytnik – a graduate student of the Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: technologies of natural water purification.

Liudmyla Kovalenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Environmental Protection Activities Department of the Donetsk National Technical University. Research interests: environmental protection technologies.

УДК 628.162.4

И. Б. СИНЕЖУК, Л. Г. ЗАЙЧЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

РАСЧЕТ БАЛАНСОВЫХ СХЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ НАТРИЙ-КАТИОНИТОВЫХ ФИЛЬТРОВ С ПОВТОРНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННЫХ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ

Статья посвящена проблеме уменьшения количества сточных вод после регенерации натрий-катионитных фильтров водоподготовительных установок, а именно вопросу расчета балансовых схем режимов регенерации на пятой и шестой станциях водоподготовки Мариупольского металлургического комбината им. Ильича, где внедрена технология повторного использования отработанных регенерационных растворов поваренной соли как первой, так и второй ступеней катионирования.

натрий-катионитовые фильтры, регенерация, отработанный регенерационный раствор, повторное использование, балансовая схема

Одними из актуальных проблем современности являются вопросы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, решение которых неразрывно связано с разработкой и внедрением энерго- и ресурсосберегающих технологий, а так же решением проблем утилизации и использования всех видов отходов.

Сегодня значительное место в решении проблемы создания бессточных и малоотходных систем водоснабжения занимает вопрос переработки и повторного использования высокоминерализованных сточных вод. Основными источниками образования таких вод являются водоподготовительные установки (ВПУ) промышленных предприятий и энергообъектов, на которых для умягчения воды, в основном, применяются натрий-катионитовые (Na-катионитовые) фильтры [1]. Для регенерации таких фильтров используется раствор хлорида натрия (NaCl), при этом полезно используются всего около 30 % массового содержания ионов натрия, а все оставшиеся ионы сбрасываются в окружающую среду с отработанными регенерационными растворами и промывными водами. Это является одной из причин постоянного повышения солесодержания поверхностных водоемов.

Таким образом, разработка эффективных и экономических мероприятий, направленных на существенное снижение потребления регенерационных реагентов и защиты водных объектов окружающей среды от загрязнения минеральными солями водоподготовок, представляет собой актуальную и важную задачу, связанную с сохранением такого природного ресурса, как каменная соль. Одним из направлений решения этой проблемы является повторное использование отработанных регенерационных растворов (ОРР) Na-катионитовых фильтров [2–4]. Исходя из этого была разработана технологическая схема регенерации Na-катионитовых фильтров с повторным использованием ОРР и предложена методика определения основных технологических параметров такой регенерации [5–9].

Разработанная технология внедрена в промышленное производство на пятой и шестой станциях химводоподготовки (ХВО-5 и ХВО-6) Мариупольского металлургического комбината им. Ильича. В промышленных условиях получена фактическая экономия технической поваренной соли на 27–31 %. Однако после внедрения разработанной технологии встал вопрос о необходимости расчета балансовых схем режима регенерации с повторным использованием ОРР на рассматриваемых станциях ХВО с целью определения количества солей жесткости, задерживаемых одним фильтром за фильтроцикл. Так, при использовании ОРР и без его использования эти значения должны совпадать.

Для расчета балансовых схем использовали фактические данные о количестве работающих фильтров на станциях, а именно: на ХВО-5 фильтров первой ступени – 5, второй ступени – 3; на ХВО-6 фильтров первой ступени – 3, второй ступени – 3. Высота загрузки катионита составляет 1,0–1,5 м на ХВО-5 и 1,5–2,0 м на ХВО-6, все фильтры имеют диаметр 3,4 м. Балансовые схемы рассчитывали по данным промышленной эксплуатации разработанных технологических схем, т. е. для установившегося режима регенерации с повторным использованием ОРР. Производительность рассматриваемых станций химводоподготовки по данным на 2009 г. составила на ХВО-5 – 7 650 м³/сут, на ХВО-6 – 4300 м³/сут.

Исходная вода подвергается известкованию, осветлению на механических фильтрах и умягчению на Na-катионитовых фильтрах. Диаграммы состава воды в мг-экв/дм³ в каждом случае представлены на рис. 1. Отмывка Na-катионитовых фильтров первой ступени производится предочищенной водой после механических фильтров, а фильтры второй ступени отмываются умягченной водой после фильтров первой ступени.

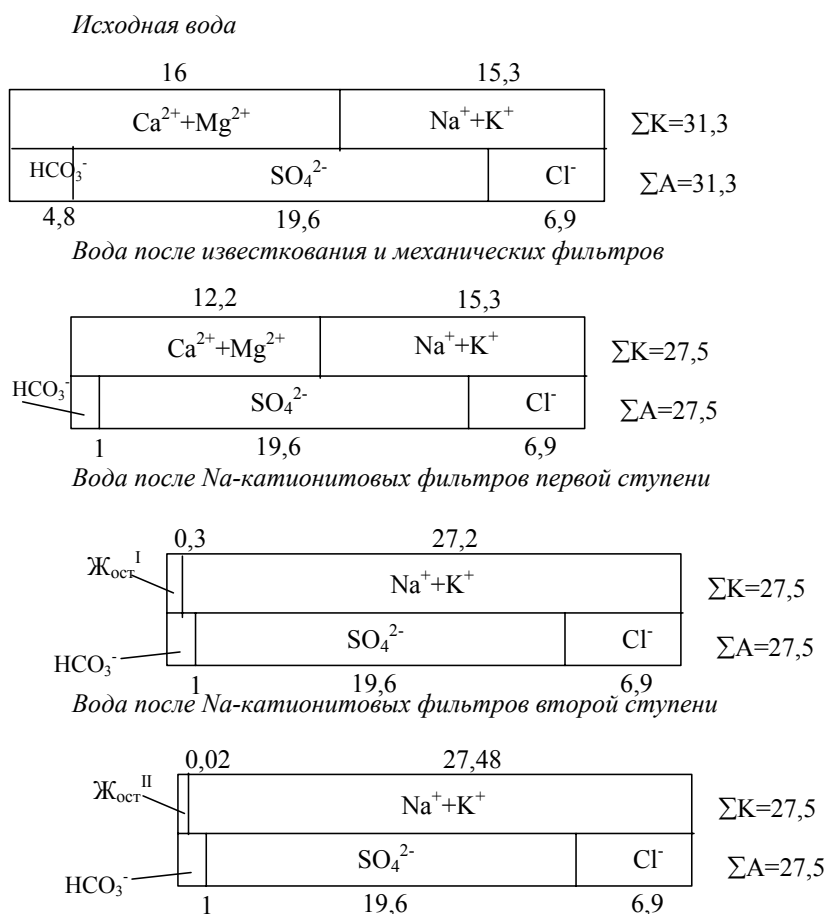


Рисунок 1 – Диаграммы изменения солевого состава воды в процессе ее очистки на рассматриваемых станциях ХВО.

Для удобства расчета балансовых схем принимаем следующие допущения:

- бак отработанного регенерационного раствора всегда полный;
- балансовые схемы рассчитываются по объемам и по эквивалентным массам (кг-экв) только солей жесткости (Ж_0), ионов натрия (Na^{+}) и хлорид-ионов (Cl^{-}) входящих в фильтр и выходящих регенерационных растворов, жесткость свежего регенерационного раствора принимается равной нулю;
- расчет проводится на одну регенерацию одного усредненного фильтра первой ступени и одну регенерацию одного усредненного фильтра второй ступени.

Как уже говорилось, количество солей жесткости, задерживаемых одним фильтром за фильтроцикл при использовании ОРР и без его использования, должно совпадать.

Массу солей жесткости (кг-экв), задерживаемых одним фильтром за фильтроцикл, определяем по формуле:

$$M_{жз} = \frac{Q_{сут} \cdot T \cdot (Ж_{исх} - Ж_{ост})}{24n \cdot 1000}, \quad (1)$$

где $Q_{сут}$ – суточный расход умягченной воды, м³/сут;
 T – продолжительность умягчения воды на каждой ступени катионирования, ч;
 $Ж_{исх}, Ж_{ост}$ – исходная и остаточная жесткость воды в каждой ступени катионитных фильтров, г-экв/м³;
 n – количество работающих фильтров на каждой ступени катионирования.

Согласно [8] для фильтров первой ступени при использовании только свежего раствора соли средняя продолжительность умягчения воды составила на ХВО-5 $t^I = 10,5$ ч и $t^I = 11$ ч на ХВО-6. Для фильтров второй ступени средняя продолжительность умягчения воды при обоих режимах регенерации остается постоянной и равной на ХВО-5 $t^{II} = 96,7$ ч и $t^{II} = 109,6$ ч на ХВО-6. Тогда масса солей жесткости, задерживаемых одним фильтром первой и второй ступени за фильтроцикл в условиях ХВО-5, соответственно, равна:

$$M_{жз}^I = \frac{7650 \cdot 10,5 \cdot (12,2 - 0,3)}{24 \cdot 5 \cdot 1000} \approx 8 \text{ кг-экв};$$

$$M_{жз}^{II} = \frac{7650 \cdot 96,7 \cdot (0,3 - 0,02)}{24 \cdot 3 \cdot 1000} \approx 3 \text{ кг-экв.}$$

Масса солей жесткости, задерживаемых одним фильтром первой и второй ступени за фильтроцикл в условиях ХВО-6, соответственно равна:

$$M_{жз}^I = \frac{4300 \cdot 11 \cdot (12,2 - 0,3)}{24 \cdot 3 \cdot 1000} \approx 8 \text{ кг-экв};$$

$$M_{жз}^{II} = \frac{4300 \cdot 109,6 \cdot (0,3 - 0,02)}{24 \cdot 3 \cdot 1000} \approx 2 \text{ кг-экв.}$$

Регенерация фильтров первой ступени на ХВО-5 производится 7 %, а на ХВО-6 – 8 % раствором поваренной соли, для фильтров второй ступени используется 12 % регенерационный раствор на ХВО-5 и 13 % – на ХВО-6. Скорости пропуска регенерационного раствора и отмывочной воды при режиме регенерации фильтров с повторным использованием ОРР приняты постоянными и равными 5 м/ч на рассматриваемых станциях ХВО.

При регенерации без использования ОРР объемы свежего регенерационного раствора и отмывочной воды на одну регенерацию для одного фильтра определяем соответственно по формулам:

$$W_p = (t_p v_p F) / 60, \quad (2)$$

$$W_{отм} = (t_{отм} v_{отм} F) / 60, \quad (3)$$

где $t_p, t_{отм}$ – время подачи регенерационного раствора и отмывочной воды соответственно, минуты;

$v_p, v_{отм}$ – скорости подачи регенерационного раствора и отмывочной воды соответственно ($v_p = v_{отм} = 5$ м/ч);

F – площадь сечения фильтра, равная $F = (\pi d^2) / 4 = (3,14 \cdot 3,4^2) / 4 = 9,1$ м².

Тогда, для ХВО-5 фильтра первой ступени – $W_p^I = 30,3$ м³, $W_{отм}^I = 37,9$ м³ для фильтра второй ступени: $W_p^{II} = 34,1$ м³, $W_{отм}^{II} = 34,1$ м³. Для условий ХВО-6 фильтра первой ступени: $W_p^I = 30,3$ м³, $W_{отм}^I = 37,9$ м³; для фильтра второй ступени: $W_p^{II} = 37,9$ м³, $W_{отм}^{II} = 53,1$ м³.

При регенерации с повторным использованием ОРР время подачи отработанного регенерационного раствора принимаем максимальным и равным 50 % от всего времени регенерации, тогда объемы свежего ($W_{срр}^I$) и отработанного ($W_{орр}^I$) регенерационных растворов определяем как $W_{срр}^I = W_{орр}^I = W_p^I / 2$. Для фильтров первой ступени ХВО-5 и ХВО-6 – $W_{срр}^I = W_{орр}^I = 30,3 / 2 \approx 15,2$ м³.

Для фильтров второй ступени время подачи регенерационного раствора остается прежним, так как ОРР здесь не используются повторно.

Расчет средней концентрации ($C_{\text{ср}}$) солей жесткости и общего содержания хлоридов в ОРР за рассматриваемые промежутки времени регенерации определяли по методике, описанной в [7]. Затем, умножая полученные значения на соответствующие объемы (W), находили массы (M_3) ионов.

Для расчета состава отработанных регенерационных растворов первых и вторых ступеней катионирования при их смешивании необходимо определить соотношение их объемов в баке. Вычислим количество регенераций (m) в сутки одного среднего фильтра каждой ступени катионирования:

фильтр первой ступени ХВО-5 – $m = 24/t^I = 24 / 10,5 = 2,28$;

фильтр второй ступени ХВО-5 – $m = 24 / t^{II} = 24 / 96,7 = 0,23$;

фильтр первой ступени ХВО-6 – $m = 24 / t^I = 24 / 11 = 2,18$;

фильтр второй ступени ХВО-6 – $m = 24 / t^{II} = 24 / 109,6 = 0,22$.

Следовательно, на одну регенерацию фильтра второй ступени на ХВО-5 и ХВО-6 приходится примерно по 9,9 регенераций фильтра первой ступени. Тогда на обеих станциях химводоочистки объем отработанного раствора поваренной соли, поступившего с фильтров второй ступени, составляет 0,09 всего объема раствора в баке, соответственно объем ОРР, поступившего с фильтров первой ступени, составляет 0,91. Исходя из полученных соотношений, расчет состава отработанных регенерационных растворов первых и вторых ступеней катионирования при их смешивании в баке выполняем по формуле:

$$C_{\text{см}} = 0,91 \cdot C_{\text{ср}}^I + 0,09 \cdot C_{\text{ср}}^{II}, \quad (4)$$

где $C_{\text{ср}}^I$, $C_{\text{ср}}^{II}$ – средние концентрации рассчитываемых ионов в отработанных регенерационных растворах фильтров первых и вторых ступеней соответственно, мг-экв/дм³.

Балансовые схемы регенерации с повторным использованием ОРР по рассматриваемым станциям химводоочистки приведены на рис. 2 и 3.

Из балансовых схем (рис. 2 и 3) видно, что для первой ступени катионирования количество задерживаемых солей жесткости одним фильтром в течение фильтроцикла при повторном использовании ОРР совпадает с расчетными значениями масс задерживаемых солей жесткости одним фильтром без его использования. Масса хлоридов, подаваемая на фильтры с регенерационным раствором, равна массе хлоридов, выходящей из фильтров с отработанным регенерационным раствором. Количество ионов натрия на выходе из фильтра равно количеству ионов натрия, подаваемому на фильтр с регенерационными растворами, за вычетом массы задерживаемых фильтром солей жесткости.

В качестве баков отработанного регенерационного раствора на ХВО-5 используется солевая ячейка объемом 250 м³, а на ХВО-6 – две емкости по 160 м³. Как видно из балансовых схем, баки ОРР работают с накоплением отработанного раствора, однако при частых перебоях с подачей соли на склады баки ОРР полностью опорожняются, так как фильтры первой ступени регенерируют только отработанным регенерационным раствором.

Итак, полученные балансовые схемы еще раз доказывают возможность повторного использования отработанных регенерационных растворов при регенерации Na-катионитовых фильтров, так как качество умягчения воды при этом не ухудшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обессоливание сточных вод предприятий черной металлургии [Текст] / [Ю. Н. Резников, Б. М. Граховский, Д. Д. Мягкий, И. В. Каленский]. – К. : Техніка, 1984. – 104 с.
2. Мещерский, Н. А. Эксплуатация водоподготовок в металлургии [Текст] / Н. А. Мещерский, Е. С. Быч, Ю. В. Фролов. – М. : Металлургия, 1988. – 400 с. – (Производственное издание).
3. Стерман, Л. С. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС [Текст] / Л. С. Стерман, В. Н. Покровский. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 328 с.
4. Фейзиев, Г. К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды [Текст] / Г. К. Фейзиев. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 187 с.
5. Пат. 326228 Україна, С 02F 1/42. Спосіб регенерації іонообмінних фільтрів [Текст] / І. Б. Синежук ; заявник та патентовласник Український науковий центр технічної екології. – № 99073950 ; заявл. 12.07.1999 ; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1. – 3 с.
6. Синежук, И. Б. Исследование кинетики регенерации Na-катионитовых фильтров в промышленных условиях [Текст] / И. Б. Синежук // Коммунальное хозяйство городов. – 2001. – Вып. 30. – С. 56–60. – ISSN 0869–1231.

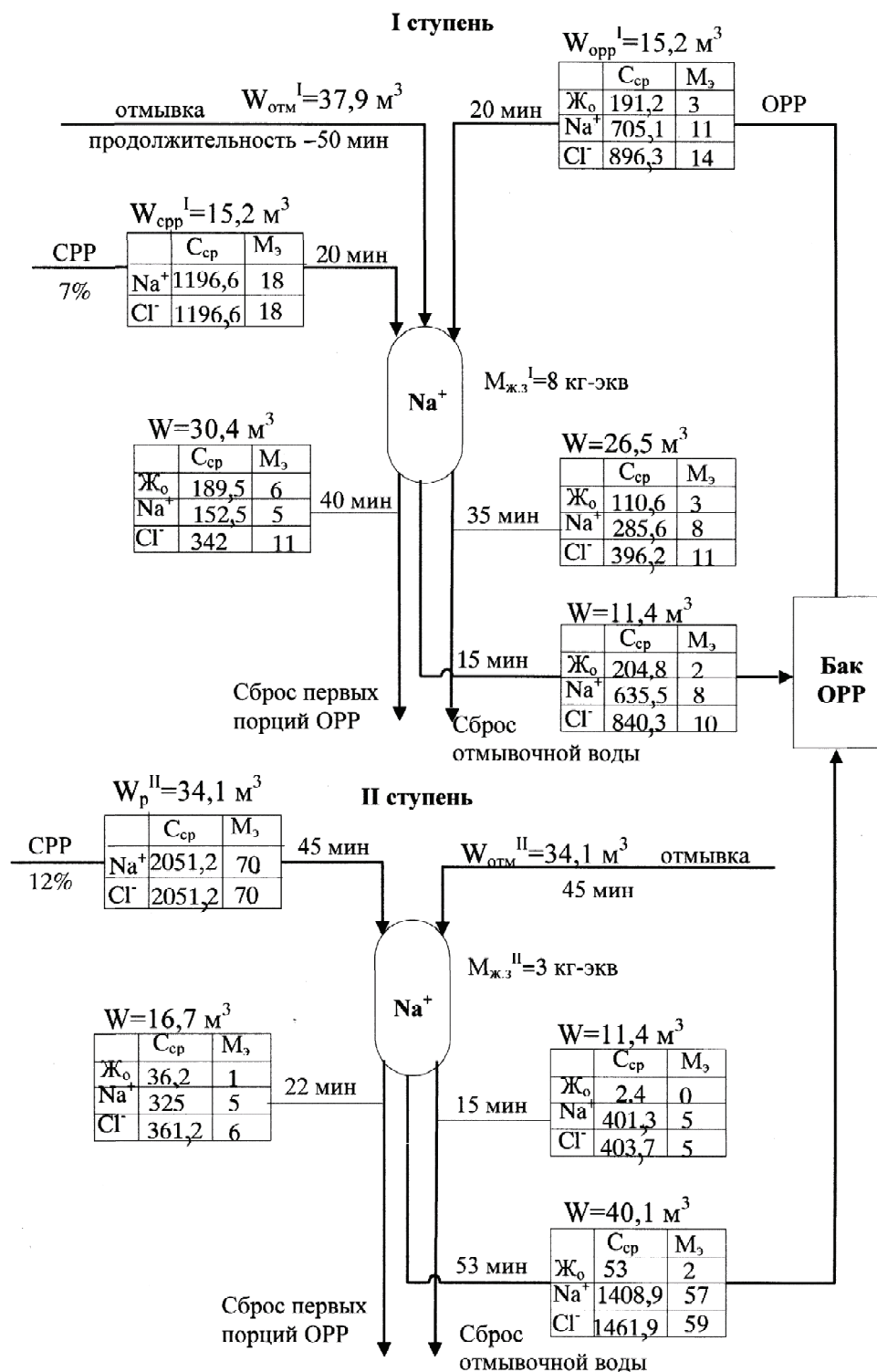


Рисунок 2 – Балансовая схема режима регенерации с повторным использованием ОРР для фильтра первой и второй ступеней на ХВО-5.

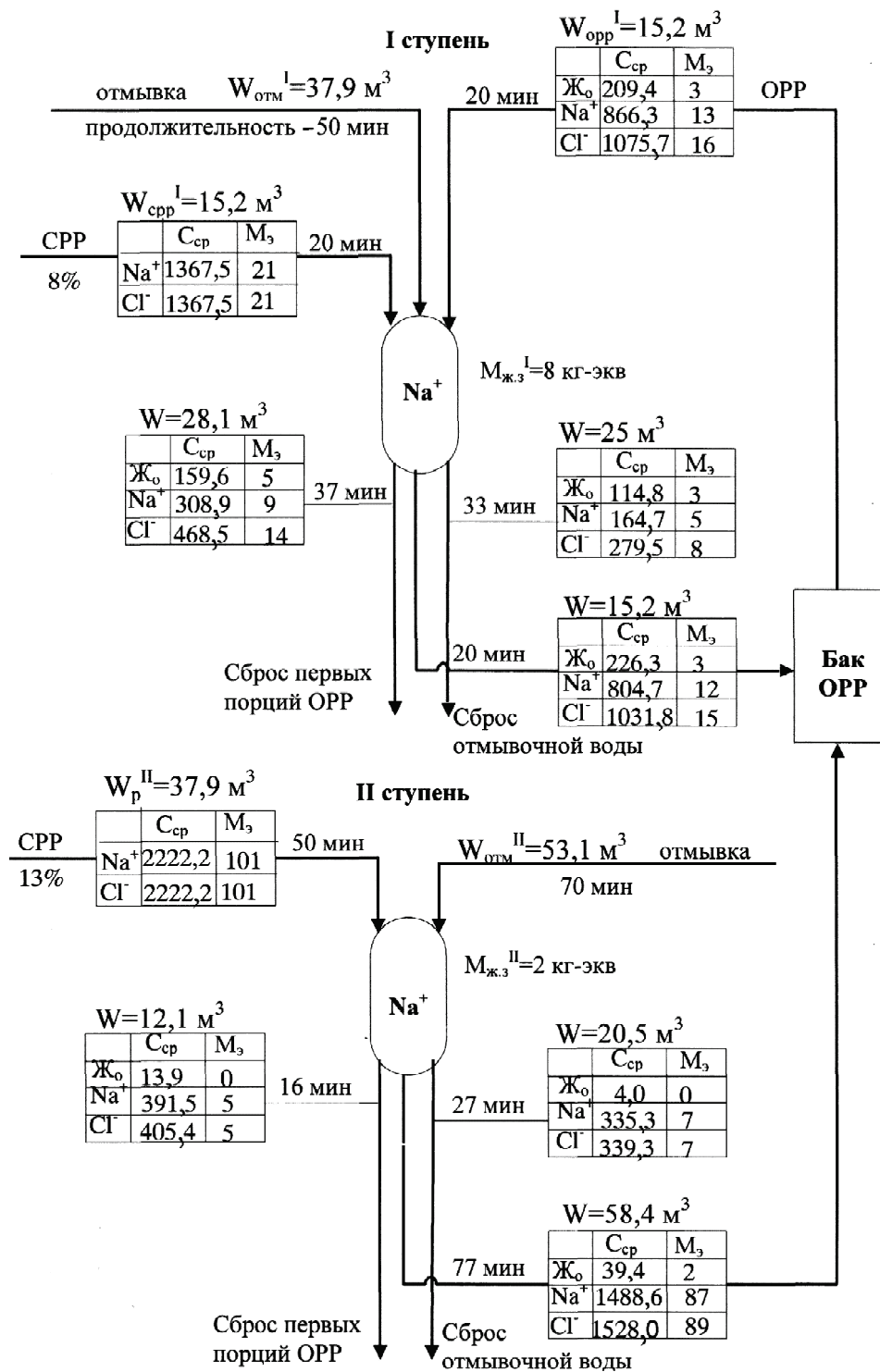


Рисунок 3 – Балансовая схема режима регенерации с повторным использованием ОРР для фильтра первой и второй ступеней на ХВО-6.

7. Синежук, И. Б. Определение начального момента и оптимального периода времени отбора отработанных регенерационных растворов на повторное использование при Na-катионировании воды [Текст] / И. Б. Синежук // Инженерные системы и техногенная безопасность в строительстве. – 1999. – № 3 (17). – С. 98-99.
8. Синежук, И. Б. Промышленное внедрение технологии Na-катионирования с повторным использованием отработанных регенерационных растворов [Текст] / И. Б. Синежук // Инженерные системы и техногенная безопасность в строительстве. – 1999. – № 3(17). – С. 14–15.
9. Синежук, И. Б. Влияние использования отработанных регенерационных растворов на продолжительность фильтроцикла [Текст] / И. Б. Синежук // Проблемы экологии. – 2001. – № 1. – С. 45–48.

Получено 09.09.2011

І. Б. СИНЕЖУК, Л. Г. ЗАЙЧЕНКО
РОЗРАХУНОК БАЛАНСОВИХ СХЕМ РЕГЕНЕРАЦІЇ НАТРІЙ-КАТІОНІТОВИХ ФІЛЬТРІВ З ПОВТОРНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Стаття присвячена проблемі зменшення кількості стічних вод після регенерації натрій-катионітових фільтрів, а саме питанню розрахунку балансових схем режимів регенерації на п'ятій та шостій станціях водопідготовки Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча, де впроваджена технологія повторного використання відпрацьованих регенераційних розчинів повареної солі як першого, так і другого ступенів катіонування.

натрій-катионітові фільтри, регенерація, відпрацьований регенераційний розчин, повторне використання, балансова схема

INNA SYNIEZHUK, LIUDMYLA ZAICHENKO
DESIGN OF BALANCED CIRCUITS OF SODIUM AND CATIONIC FILTERS BY SPENT REGENERATIVE SOLUTIONS RE-USE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article deals with the problem of waste water volume decrease after regeneration of sodium and cationic filters of water-treatment systems, namely, with the problem of design of balanced circuits of the regeneration conditions at the fifth and the sixth water-treatment units of the Ilyich Mariupol Metallurgical Plant, where the spent regenerative common salt solutions re-use technique both of the first and the second steps of the zeolite softening has been introduced.

sodium and cationic filters, regeneration, spent regenerative solution, re-use, balanced circuit

Синежук Інна Борисівна – к. т. н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: сучасні технології водо підготовки промислових підприємств.

Зайченко Людмила Геннадіївна – к. т. н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: нові матеріали та сучасні технології при реконструкції споруд водопостачання та водовідведення.

Синежук Инна Борисовна – к. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: современные технологии водоподготовки промышленных предприятий.

Зайченко Людмила Геннадиевна – к. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: новые материалы и современные технологии при реконструкции сооружений водоснабжения и водоотведения.

Inna Syniezhuk – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Water Supply, Sewage and Storm Water Disposal, and Water Conservation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: present-day water-treatment techniques for industrial enterprises.

Lyudmila Zaichenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Water Supply, Sewage and Storm Water Disposal, and Water Conservation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: application of the latest building materials and present-day techniques at the refurbishment of water supply facilities and drainage systems.

УДК 628.16.087:620.19+628.162.4

А. В. ЛУКЬЯНОВ, А. Я. НАЙМАНОВ, С. Е. АНТОНЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ В ПАРОВОМ КОТЛЕ ПРИ ПОДПИТКЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ УМЯГЧЕННОЙ ВОДОЙ

В статье представлены результаты исследования процесса накипеобразования на модели парового котла. Подпитка парового котла осуществлялась неумягченной водой (контрольный опыт), а также электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества 50, 100 и 150 А·ч/м³. Приведена схема лабораторной установки, результаты опытов при продолжительности эксперимента 8 часов и 72 часа. Выполнено сравнение изменения процента накипи на поверхности нагревательного элемента от общего количества образующейся накипи при увеличении удельного расхода электричества.

электрохимическое умягчение, удельный расход электричества, интенсивность накипеобразования

Напряженность экологической обстановки в Донбассе требует снижения вредных выбросов в окружающую среду. Правительство страны признало приоритетным внедрение новых энергосберегающих и экономически целесообразных технологий [1, 2, 3]. В этом аспекте значительный интерес представляет применение противонакипной электрообработки воды постоянным током. Довольно значительный опыт, накопленный при использовании данного метода в водоподготовке водогрейных котельных [4, 5, 6], позволяет считать перспективным его применение и в водоподготовке паровых котлов. Предложена технология электрохимической водоподготовки для прямоточных парогенераторов, позволяющая значительно снизить накипеобразование с минимальным антропогенным воздействием на окружающую среду. Данное предложение проверено экспериментально.

Целью данной серии экспериментов является определение возможности эксплуатации парового котла при подпитке электрохимически умягченной водой, когда качество воды не соответствует нормативным требованиям. Для этого определялась интенсивность накипеобразования на теплоотдающей поверхности при эксплуатации котла. Допустимая толщина отложений на поверхности нагрева котла принимается не более 0,5 мм (п. 8.1.3 [7]).

Для проведения экспериментов использована модель парового котла (рис. 1). Модель состоит из емкости 1 объемом 5 литров, выполненной из нержавеющей стали, в емкости размещен электрический нагревательный элемент 2 мощностью 1 кВт, через лабораторный автотрансформатор 3 он подключен к электросети. Модель котла оборудована водомерным стеклом 4 для контроля уровня воды. Подпиточная вода подается из бака 5 через обратный клапан 6. Для измерения расхода пара на паропроводе 7 установлен ротаметр 8, пар через вентиль 9 выбрасывается в атмосферу. Давление пара в котле измеряется манометром 10. Опорожнение котла осуществляется через вентиль 11. Нагревательный элемент закреплен на верхней крышке котла, паропровод, манометр и ротаметр закреплены на верхней крышке котла. Площадь поверхности электрического нагревательного элемента составляла 126,5 см² (0,012 65 м²), тепловое напряжение 79,5 кВт/м².

Производительность котла составляла 0,8–1,0 кг пара в час, температура пара 105 °С, давление 0,2 кгс/см² (0,02 МПа), съем пара составлял 63,2–79,5 кг/час·м². Уровень воды в котле поддерживался примерно на середине его высоты (объем воды 2,5 л). В ходе каждого опыта за счет выброса в атмосферу в котле происходило упаривание воды, выделяющаяся накипь осаждалась на

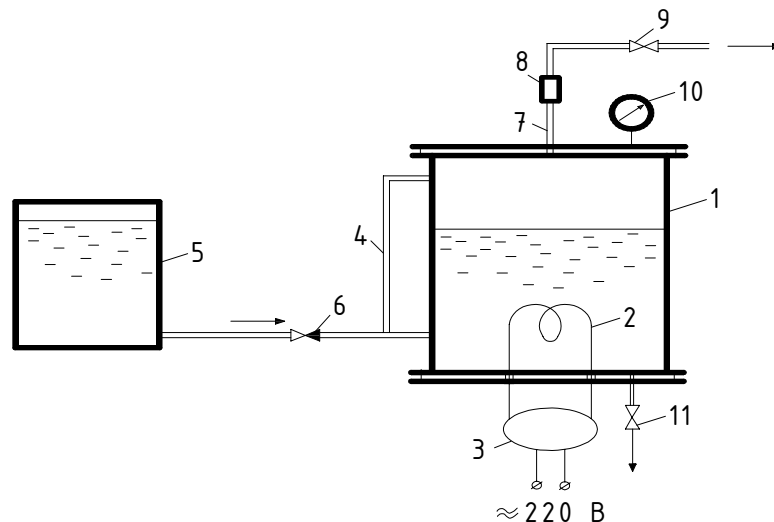


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки: 1 – модель котла (емкость 5 литров); 2 – нагревательный элемент; 3 – лабораторный трансформатор; 4 – водомерное стекло; 5 – бак подпиточной воды; 6 – обратный клапан; 7 – паропровод; 8 – ротаметр; 9 – вентиль; 10 – манометр; 11 – вентиль для опорожнения котла.

нагревательном элементе и, частично, на дне котла. Интенсивность накипеобразования оценивалась взвешиванием нагревательного элемента до и после опыта, количество осаждающейся на дно модели накипи было, как правило, незначительно. Но при необходимости, она также задерживалась фильтрованием оставшейся воды через бумажный фильтр, сушилась и взвешивалась.

Интенсивность накипеобразования (g) вычислялась по формуле:

$$g = \frac{G}{F \cdot \tau}, \quad \text{г/м}^2 \cdot \text{час}$$

где G – масса накипи на поверхности нагрева, г;
 F – площадь поверхности нагрева, м², $F = 0,01265$ м²;
 τ – продолжительность опыта, час.

Для оценки водно-химического режима котла проводились химанализы воды подпиточной и котловой.

Продолжительность опытов принималась 8 часов и 72 часа. При работе котла продувка составляла 0,8 л через каждые 8 часов работы.

Первый этап опытов продолжительностью 8 часов имел целью отработку методики проведения экспериментов, оценку возможных границ измерения параметров интенсивности накипеобразования и показателей качества воды. Первая серия опытов – контрольная, проводилась при подпитке парового котла сырой (неумягченной) водой из водопровода г. Макеевки. Всего проведено 5 опытов, результаты которых приведены в табл. 1.

Средняя интенсивность накипеобразования составила $g_{\text{ср}} = 1,7$ г/м²·час, колебания в опытах укладывались в интервал $\pm 0,4$ г/м²·ч. Средняя масса накипи, осевшей на поверхности нагрева (на ТЭНах), составила 0,17 г. Общая же масса накипи, которая образовалась в котле при кипении воды, может быть найдена по формуле.

$$G_{\text{теор}} = W_{\text{подп}} \cdot c_{\text{подп}} - W_{\text{ост}} \cdot c_{\text{ост}},$$

где $W_{\text{подп}}$ – общий объем воды, поданной в котел,

$$W_{\text{подп}} = 2,5 + 0,9 \text{ л} \cdot 7 \text{ часов} = 2,5 + 6,3 = 8,8 \text{ л};$$

$W_{\text{ост}}$ – остаточный объем воды в котле, $W_{\text{ост}} = 2,5$ л.

$c_{\text{подп}}$ и $c_{\text{ост}}$ – концентрации солей жесткости в подпиточной и котловой воде после окончания опыта.

Вычисляем общее снижение жесткости, снижения кальция и магния

$$\Delta J = J_{\text{исх}} \cdot W_{\text{подпит}} - J_{\text{ост}} \cdot W_{\text{ост}} = 6,2 \cdot 8,8 - 10,2 \cdot 2,5 = 23,8 \text{ мг-экв};$$

Таблица 1 – Результаты опытов при подпитке парового котла сырой (неумягченной) водой. Продолжительность опыта $\tau = 8$ часов, кратность упаривания воды 3,0–3,5

№ 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	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 _{ср} = 0,17	g _{ср} = 1,7

$$\Delta Ca^{2+} = Ca^{2+}_{исх} \cdot W_{подпитг} - Ca^{2+}_{ост} \cdot W_{ост} = 4,3 \cdot 8,8 - 7,4 \cdot 2,5 = 19,3 \text{ мг-экв};$$

$$\Delta Mg^{2+} = \Delta J - \Delta Ca^{2+} = 23,8 - 19,3 = 4,5 \text{ мг-экв.}$$

Тогда, общее количество выделившейся в котле накипи составит

$$G_{теор} = \Delta Ca^{2+} E_{CaCO_3} + \Delta Mg^{2+} E_{Mg(OH)_2} = 19,3 \cdot 50 + 4,5 \cdot 29 = 1\,095,5 \text{ мг} = 1,09 \text{ г}$$

На поверхности ТЭНа осело же 0,17 г накипи, т. е. 15,5 % всей образовавшейся накипи. Остальная накипь осела на дно котла в виде рыхлого осадка. При циркуляции воды в котле она может частично прикрепляться к поверхности нагрева и образовывать так называемую «вторичную накипь».

Прогнозируемое количество накипи в год составит ($\tau = 1$ год = 8760 час).

$$G_{год} = g_{cp} \cdot 8\,760 = 1,7 \cdot 8\,760 = 14\,892 \text{ г/м}^2 \text{ год.}$$

Толщина накипи δ при ее плотности $\rho = 2\,400 \text{ кг/м}^3$ составит

$$\delta = \frac{G_{год}}{\rho} = \frac{14,9}{2400} = 0,006 \text{ м/год} = 6 \text{ мм/год.}$$

Это недопустимо, поскольку даже для паровых котлов производительностью до 0,7 т/ч допустимой считается толщина накипи δ не более 0,5 мм. Такая толщина отложений может быть достигнута за 1 месяц (30 суток).

Во второй серии опытов на подпитку парового котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение в катодной зоне диафрагменного электролизера при удельном расходе электричества 50 А·ч/м³ (табл. 2). Продолжительность опыта, расход пара и кратность упаривания использовались те же, что и в первой серии.

Очевидно значительное уменьшение интенсивности накипеобразования, хотя степень умягчения воды и далека от оптимальной. Теоретическое количество выделившейся накипи по изменению жесткости и кальция составляет $G_{теор} = 1\,144,2 \text{ мг} = 1,14 \text{ г}$, фактическое 0,102 г, т. е. на поверхности ТЭНа осело 8,9 % всей образующейся накипи. Это почти в 2 раза меньше, чем в первой серии опытов.

Таблица 2 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества 50 А·ч/м³. Продолжительность опыта $\tau = 8$ часов, кратность упаривания 3,0–3,5

№ 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	24	7,85	3,2	5,1	1,7	23	8,75	1,2	4,1	2,4	0,1064	1,06
2	22	7,7	3,8	6,3	3,3	21	8,6	1,4	4,2	1,9	0,1015	1,00
3	20	7,77	3,2	4,1	2,0	19	9,07	1,2	2,9	3,2	0,1000	1,02
4	21	7,41	3,4	3,7	1,4	21	9,4	1,2	3,4	2,1	0,0992	0,98
5	21	7,7	3,0	3,6	1,9	18	8,5	0,8	4,1	3,2	0,1046	1,05
среднее	21,6	7,7	3,3	4,56	2,1	20,4	8,78	1,16	3,74	2,6	0,1023	1,02

В третьей серии опытов на подпитку парового котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение при удельном расходе электричества $100 \text{ А} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ (табл. 3). Остальные параметры установки остались без изменения.

Снижение накипобразования по сравнению с предыдущей серией опытов уже не столь существенно, как между первой и второй сериями опытов – $0,29 \text{ г}/\text{м}^2 \text{ час}$ вместо $0,68$. Теоретическое количество накипи, определенное по изменению жесткости и содержанию кальция, составляет $G_{\text{теор}} = 653,4 \text{ мг} = 0,653 \text{ г}$, а фактически осело на теплообменную поверхность $0,074 \text{ г}$ ($11,3 \%$ всей выделяющейся накипи).

В четвертой серии экспериментов на подпитку котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение в катодной зоне диафрагменного электролизера при удельном расходе электричества $150 \text{ А} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ (табл. 4).

Таблица 3 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества $100 \text{ А} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$. Продолжительность опыта $\tau = 8$ часов, кратность упаривания $3,0\text{--}3,5$

№ 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	21	8,85	3,8	2,6	1,1	16	8,8	5,6	0,4	0,2	0,0571	0,57
2	18	8,8	3,8	2,6	0,9	14	8,6	3,2	2,1	0,7	0,0795	0,78
3	21	8,5	3,2	2,6	0,7	20	8,68	2,8	0,7	0,2	0,0874	0,87
4	20	9,05	3,2	2,4	0,6	20	8,8	3,2	0,4	0,2	0,0698	0,69
5	19	8,45	3,6	2,0	0,6	20	8,33	9,0	2,0	0,4	0,0688	0,68
6	20	8,5	4,2	2,4	0,4	18	9,4	6,8	0,2	0,4	0,0808	0,81
среднее	20	8,7	3,6	2,4	0,7	18	8,8	5,1	0,97	0,35	0,074	0,73

Таблица 4 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества $150 \text{ А} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$. Продолжительность опыта $\tau = 8$ часов, кратность упаривания $3,0\text{--}3,5$

№ опыта	Показатели качества воды										Масса накипи на поверхности нагрева G _н , г	Интенсивность накипобразования 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	18	10,7	3,4	1,1	1,2	19	10,2	7,0	0,6	0,3	0,0418	0,41
2	19	10,5	4,0	0,7	0,3	20	11,6	15,1	0,4	0,3	0,0407	0,41
3	16	10,11	2,8	0,6	0,5	28	10,4	16,6	0,4	0,7	0,0238	0,24
4	20	9,75	3,7	0,7	0,7	18	11,9	13,8	0,2	0,1	0,0294	0,29
5	28	9,9	6,4	1,9	1,5	22	10,1	19,6	0,3	0,2	0,0542	0,53
среднее	20	10,2	4,06	1,0	0,84	21	10,8	14,4	0,4	0,3	0,038	0,38

Накипобразование по сравнению с третьей серией опытов снизилось на $0,35 \text{ г}/\text{м}^2 \text{ час}$, что несколько больше, чем между второй и третьей сериями. Теоретическое количество накипи составляет $394,6 \text{ мг}$ ($0,695 \text{ г}$), а фактически на поверхность ТЭНа осело $0,074 \text{ г}$ накипи ($18,7 \%$ всей выделившейся накипи). Прогнозируемая толщина слоя накипи на поверхности нагревательного элемента составляет $1,34 \text{ мм}$ за один год эксплуатации. Следует отметить, что продолжительность опыта 8 часов, видимо, слишком мала, чтобы делать прогноз на 1 год эксплуатации. Следует увеличить длительность опыта на следующем этапе.

Вызывает интерес сравнение изменения процента накипи на поверхности нагревательного элемента $g_{\text{отн}}$ от общего количества образующейся накипи при увеличении удельного расхода электричества (d_3 , А·ч/м³).

d_3 , А·ч/м ³	0	50	100	150
$g_{\text{отн}}$, %	15,5	8,9	11,3	18,7

Явно наблюдается минимум при неглубокой степени умягчения воды ($d_3 = \text{А·ч/м}^3$). Отсюда следует, что электрохимическая активация эффективна в достаточно жесткой воде. При увеличении глубины умягчения эффективность электрохимической активации снижается.

На втором этапе продолжительность работы парового котла увеличена до 72 часов. Снова, как в первой серии экспериментов, на подпитку котла подавалась сырая неумягченная вода макеевского водопровода из канала Сев.Донец-Донбасс. Во второй серии – на подпитку котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение при удельном расходе электричества 50 А·ч/м³, а в третьей – умягченная при 100 А·ч/м³ и в четвертой – при 150 А·ч/м³. Методика опытов оставалась той же, что и на первом этапе исследований. Продувка производилась путем сброса из котла 0,6–0,8 л воды через каждые 8 часов работы. Полученные результаты приведены в табл. 5–8. Общий объем подпитки за 72 часа составил 66,4 л, остаточный объем воды в котле 2,5 л, объем продувки 5,6 л. Кратность упаривания воды составила около 8–9.

Таблица 5 – Результаты опытов при подпитке котла сырой (неумягченной) водой. Продолжительность опыта $\tau = 72$ часа, кратность упаривания воды 8–9

№ 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	18		4,1	6,7	4,4	18		2,2	21,9	14,3	0,8738	0,96
2	16		5,4	6,6	4,4	19		2,1	21,9	14,1	0,884	0,93
3	16	7,6	4,6	6,0	4,6	16	8,2	1,8	21,8	13,6	0,839	0,87
4	14	7,3	4,4	6,4	4,4	15	8,0	1,6	20,2	13,2	0,8835	0,94
среднее	16	7,45	4,38	6,4	4,45	17	8,1	1,93	21,45	13,8	0,87	0,93

Таблица 6 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества 50 А·ч/м³. Продолжительность опыта $\tau = 72$ часа, кратность упаривания 8–9

№ 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⁺		
			мл-ЭКВ/л					мл-ЭКВ/л				
1	17	-	3,1	4,8	1,8	17	—	2,8	1,6	1,1	0,7921	0,87
2	18	-	3,0	4,6	1,8	17	—	2,0	2,6	1,8	0,6958	0,77
3	17	7,9	3,2	4,0	2,2	16	8,45	2,2	1,8	1,6	0,7798	0,87
среднее	—	7,9	3,1	4,5	1,93	—	8,45	2,34	2,0	1,5	0,756	0,84

Таблица 7 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества 100 А·ч/м³. Продолжительность опыта $\tau = 72$ часа, кратность упаривания воды 8–9

№ 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	рН	Що	Жо	Ca ²⁺	t, °C	рН	Що	Жо	Ca ²⁺		
			мг-экв/л					мг-экв/л				
1	21	7,85	3,8	2,6	1,1	16	8,8	5,6	0,4	0,2	0,2202	0,24
2	18	7,8	3,8	2,6	0,9	14	8,6	4,2	1,1	0,7	0,2028	0,23
3	16	7,6	3,8	2,8	0,6	16	8,4	4,2	0,4	0,2	0,2842	0,31
среднее	—	7,75	3,8	2,7	0,87	—	8,6	4,6	0,63	0,37	0,236	0,26

Таблица 8 – Результаты опытов при подпитке котла электрохимически умягченной водой с удельным расходом электричества 150 А·ч/м³. Продолжительность опыта $\tau = 72$ часа, кратность упаривания воды 8–9

№ 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	22	10,05	3,6	1,0	0,5	22	10,4	12,6	0,2	0,1	0,1641	0,18
2	21	10,2	3,6	0,9	0,4	21	10,5	13,2	0,2	0,1	0,1386	0,152
3	16	9,6	3,4	1,1	0,8	17	10,9	14,6	0,2	0,1	0,1650	0,183
4	16	9,7	4,4	1,2	0,4	15	—	15,6	0,3	0,1	0,1961	0,210
среднее	—	9,9	3,75	1,05	0,53	—	10,6	14,0	0,23	0,1	0,166	0,181

Вычисляем общее снижение жесткости, снижение кальция и магния:

$$\Delta J = J_{исх} \cdot W_{подпит} - J_{ост} \cdot (W_{ост} + W_{продув}) = 6,4 \cdot 66,4 - 21,45 \cdot (2,5 + 5,6) = 424,96 - 173,75 = 251,21 \text{ мг-экв};$$

$$\Delta Ca^{2+} = Ca_{исх}^{2+} \cdot W_{подпит} - Ca_{ост}^{2+} \cdot (W_{ост} + W_{продув}) = 4,45 \cdot 66,4 - 13,8 \cdot 8,1 = 295,48 - 111,78 = 183,7 \text{ мг-экв};$$

$$\Delta Mg^{2+} = \Delta J - \Delta Ca^{2+} = 251,21 - 183,7 \text{ мг-экв}.$$

Общее количество выделившейся в котле накипи составит:

$$G_{теор} = \Delta Ca^{2+} E_{CaCO_3} + \Delta Mg^{2+} E_{Mg(OH)_2} = 183,7 \cdot 50 + 67,5 \cdot 29 = 9185 + 1957,8 = 11142,8 \text{ мг} = 11,14 \text{ г}.$$

На поверхности ТЭНа осело 0,87 г накипи, т. е. около 7,8 % всей образовавшейся накипи. Это в два раза меньше, чем при работе котла в течении 8 часов.

По сравнению с подпиткой неумягченной водой уменьшение интенсивности накипеобразования незначительно. Теоретическое количество накипи составляет $G_{теор} = 10,63$ г, фактическое 0,76 г, т. е. 7,1 %.

Очевидно значительное уменьшение интенсивности накипеобразования по сравнению с подпиткой неумягченной водой до 0,26 г/м² час от 0,93 г/м² час – почти в 4 раза. Теоретическое количество накипи составляет 6,2 г, фактически на ТЭНе осело 0,24 г, что составляет 3,9 %.

Снижение интенсивности накипеобразования наблюдается, но оно не столь велико, как при переходе от второй серии опытов к третьей. Прогнозируемое количество накипи за один год составляет:

$$G_{год} = g_{ср} \cdot 8760 = 0,181 \cdot 8760 = 1585,56 \text{ г/м}^2 \text{ год} = 1,59 \text{ кг/м}^2 \text{ год}.$$

Толщина накипи δ при ее плотности $\rho = 2400$ кг/м³ составит

$$\delta = \frac{G_{год}}{\rho} = \frac{1,59}{2400} = 0,00066 \text{ м/год} = 0,7 \text{ мм/год}.$$

Ета величина, в принципі, прийнята для одного року експлуатації при неперервній роботі котла.

Теоретичне кількість накипи становить 2,7 г, фактично на ТЭНе осело 0,17 г, що становить 6,3 %. Якої-будь закономірності в зміні відносної частки накипи на ТЭНе від жорсткості підпалюваної води помітити важко. З деякою натяжкою її можна вважати постійною і коливаються навколо 7 %. Збільшення тривалості роботи котла з 8 до 72 годин привело, в загальному, до зменшення частки накипи на ТЭНе відносно теоретичного її кількості приблизно в 2 рази.

Виходячи з усього вищеописаного, можна зробити наступні висновки:

- електрохімічна активація накипеобразователів найбільш виразно проявляється при неглибокій ступені пом'якшення підпалюваної води удільним витратом електричестви 50 А·ч/м³. Об цьому свідчить мінімум частки накипи на поверхні нагріву від загальної її кількості;
- оптимальні удільні витрати електричестви для обробки підпалюваної води парового котла становлять приблизно 100–150 А·ч/м³.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергозбереження [Текст] : Закон України № 74/94-ВР від 01.07.94 р. // Відомості Верховної Ради. – 1994. – № 30. – Ст. 283.
2. Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 7 серпня 1996 р. № 929 і від 21 липня 1999 р. № 1312 : Постанова Кабінету Міністрів України від 5 листопада 2008 р. № 970 // Офіційний вісник України. – 2008. – 21 листопада (№ 86). – С. 79, ст. 2883.
3. Про комплексну державну програму енергозбереження України [Текст] : Постанова Кабінету Міністрів України № 148 від 5.02.1997 // Зібрання законодавства України. – 1997. – № 2. – Ст. 243.
4. Найманова, А. А. Промислові випробування протинакипної електрообробки води в системах опалення [Текст] / А. А. Найманова // Вісник Донбасської державної академії будівництва і архітектури : збірник наук. праць / ДонГАСА. – Макіївка, 1998. – Вип. 98-2(10) : Інженерні системи і техногенна безпека в будівництві. – С. 57–59.
5. Найманов, А. Я. Протинакипна електрообробка води в системах оборотного водопостачання [Текст] : дис. ... докт. техн. наук : 05.23.04 / Найманов Аубеєв Ягоєвич. – Харків, 1994. – 370 с.
6. Найманов, А. Я. Зменшення накипеобразования в водонагрівних теплогенераторах за допомогою електрообробки води [Текст] / А. Я. Найманов, М. В. Кравченко, Т. Б. Плеханова // Нові технологічні рішення для будівельної промисловості Донбасу. – 1989. – № 4. – С. 88–92.
7. Яковлев, С. В. Технологія електрохімічної очистки води [Текст] / С. В. Яковлев, І. Г. Краснобородько, В. М. Рогов. – Л. : Стройиздат, Ленінгр. отд-ние, 1987. – 312 с.

Получено 19.09.2011

О. В. ЛУК'ЯНОВ, А. Я. НАЙМАНОВ, С. Є. АНТОНЕНКО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ НАКИПУ У ПАРОВОМУ КОТЛІ ПРИ ПІДЖИВЛЕННІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО ПОМ'ЯКШЕНОЮ ВОДОЮ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті представлені результати дослідження процесу утворення накипу на моделі парового котла. Підживлення парового котла здійснювалося не зм'якшеною водою (контрольний дослід), а також електрохімічно пом'якшеною водою з питомою витратою електрики 50, 100 і 150 А·год/м³. Наведено схему лабораторної установки, результати дослідів при тривалості експерименту 8 годин і 72 години. Виконано порівняння зміни відсотка накипу на поверхні нагрівального елемента від загальної кількості накипу, що утвориться, при збільшенні питомої витрати електрики.

електрохімічне пом'якшення, питома витрата електрики, інтенсивність утворення накипу

ALEXANDER LUKJANOV, AUBEKIR NAJMANOV, SVETLANA ANTONENKO
EXPERIMENTAL STUDIES OF SCALING IN STEAM BOILERS AT MAKE-UP
WITH ELECTROCHEMICALLY SOFTENED WATER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article proposes the findings of studies of scaling process on the steam boiler model. The steam boiler make-up has been carried out with tap water (check experiment) and electrochemically softened water with specific energy consumption at 50, 100 and 150 A·h/m³. The laboratory-scale plant diagram and findings of the trials at duration of the experiment of 8 and 72 hours have been presented in the article. The comparison of percentage modification scale on the surface of a heating element from the total quantity of generated scale at the increase of specific energy consumption.

electrochemical softening, specific energy consumption, scaling rate

Лук'янов Олександр Васильович – д. т. н., професор кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: автономні системи тепlopостачання, джерела теплоти.

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.

Антоненко Світлана Євгенівна – асистент 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.

Лукьянов Александр Васильевич – д. т. н., профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: автономные системы теплоснабжения, источники теплоты.

Найманов Аубекір 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.

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

Alexander Lukjanov – DSc (Engineering), Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: independent heat supply systems, heat sources.

Aubekir Najmanov – DSc (Engineering), Professor of the Municipal Facilities and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: reliability of engineering networks, rust protection of engineering networks, electrochemical softening of water.

Svetlana Antonenko – a teaching fellow of the Municipal Facilities and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: electrochemical softening of water, the latest building materials and equipment at heating systems design.

УДК 532.5:66.023

Н. В. КОЛОСОВА, О. В. ЧЕБОТАРЕВА, В. А. СЕРБИН

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В МЕТАНТЕНКЕ ПРИ СБРАЖИВАНИИ БИОМАССЫ

Предложена методика анализа процессов теплообмена и размеров нагревателя в метантенке с учетом гидродинамических условий движения сбраживаемой массы и нагревающей жидкости, температурных зависимостей их теплофизических характеристик и использования критериальных уравнений.

метантенк, сбраживаемая масса, теплоотдача, число подобия, критериальное уравнение

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Уменьшение запасов органического топлива (угля, нефти, природного газа) и постоянный рост цен на энергоресурсы обуславливает необходимость изыскания альтернативных видов энергии.

Одним из видов альтернативного топлива является биогаз, получаемый анаэробным сбраживанием различных видов органических отходов. Процесс получения биогаза производится в специальных емкостях – метантенках (МТ).

АНАЛИЗ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Технологические процессы сбраживания в МТ протекают в мезофильном при температуре сбраживаемой массы (СМ) 30–45 °С или в термофильном при температуре 50–60 °С режимах [1, 2, 3]. При описании работы установок для получения биогаза отмечается температурный режим сбраживания [2, 4]. Однако вопросам теплообмена с целью нагрева и поддержания стабильной температуры СМ практически не уделяется внимания.

Результаты работ [5, 6] дают возможность оценить интенсивность теплообмена СМ с корпусом МТ и потери теплоты в окружающую среду, но в них не рассмотрены процессы теплообмена внутри МТ.

ЦЕЛЬ И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящей работы является разработка методики расчета тепловых процессов в МТ при получении биогаза и определения габаритных характеристик нагревательного устройства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для анализа процессов теплообмена принята схема МТ [7], внутри которого для нагрева СМ используется змеевик (ЗМ), по которому движется греющий теплоноситель (вода).

Внутри МТ смонтирована турбинная мешалка, предназначенная для перемешивания СМ как с целью предотвращения образования корки на поверхности СМ и обеспечения эффективного образования биогаза, так и для усреднения и поддержания стабильной температуры сбраживания во всем объеме.

Для поддержания заданной температуры сбраживания в мезофильном режиме и компенсации потерь теплоты в окружающую среду по ЗМ прокачивается нагретая вода.

В соответствии с экспериментальными данными [8] температура воды в змеевике не должна превышать 60°C , чтобы не угнетать жизнедеятельность метаногенных бактерий. В то же время температура воды на выходе не должна быть ниже температуры сбраживания. Поэтому для анализа приняты температура воды на входе в ЗМ $t_{\text{вх}} = 60^{\circ}\text{C}$, на выходе из ЗМ $t_{\text{вых}} = 40^{\circ}\text{C}$.

Теплофизические характеристики воды определены при средней температуре:

$$t_{\text{с}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}). \quad (1)$$

В процессе сбраживания из МТ периодически удаляется часть сброженной массы и одновременно вводится свежая порция СМ такого же объема. Эта операция выполняется от двух до шести раз в сутки. Объем удаляемой $V_{\text{уд}}$ и вводимой $V_{\text{вв}}$ биомасс зависит от плановой длительности сбраживания τ и частоты выполнения операций замены СМ в МТ « n »:

$$V_{\text{вв}} = V_{\text{уд}} = \frac{V_{\text{р}}}{\tau \cdot n}, \quad (2)$$

где $V_{\text{р}}$ – рабочий объем МТ, м^3 ;
 τ – плановая длительность сбраживания, сутки;
 n – частота замены СМ, 1/сутки.

Масса вводимой свежей порции СМ $m_{\text{вв}}$ составит:

$$m_{\text{вв}} = V_{\text{вв}} \cdot \rho|_{t_{\text{вв}}} \quad (3)$$

где $\rho|_{t_{\text{вв}}}$ – плотность свежей порции СМ при температуре ввода, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 $t_{\text{вв}}$ – температура вводимой свежей порции СМ, $^{\circ}\text{C}$.

Поскольку $t_{\text{вв}}$ всегда меньше температуры сбраживания $t_{\text{сб}}$, то для нагрева свежей порции необходимо затратить теплоту $Q_{\text{нагр}}$ (кДж):

$$Q_{\text{нагр}} = m_{\text{вв}} \cdot C_{\text{СМ}}|_{t_{\text{вв}}} \cdot (t_{\text{сб}} - t_{\text{вв}}), \quad (4)$$

где $C_{\text{СМ}}|_{t_{\text{вв}}}$ – массовая теплоемкость СМ при $t_{\text{вв}}$, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

Принимая время нагрева свежей порции СМ до $t_{\text{сб}}$ равным $t_{\text{нагр}}$, требуемая тепловая мощность нагрева $Q'_{\text{нагр}}$ составит:

$$Q'_{\text{нагр}} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{\tau_{\text{нагр}}} \quad (5)$$

Тепловая мощность потерь теплоты в окружающую среду для неизолированного МТ принята по данным [6] $Q'_{\text{потерь}} = 19\,440 \text{ Вт}$.

Общие затраты тепловой мощности составят:

$$Q'_{\Sigma} = Q'_{\text{потерь}} + Q'_{\text{нагр}}. \quad (6)$$

Расход греющей воды $m'_{\text{г}}$ через ЗМ для компенсации потерь тепловой мощности может быть найден из уравнения теплового баланса:

$$m'_{\text{г}} = \frac{Q'_{\Sigma}}{C_{\text{г}}|_{t_{\text{с}}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})}, \quad (7)$$

где $C_{\text{г}}|_{t_{\text{с}}}$ – массовая теплоемкость воды при ее средней температуре в змеевике, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

Для изготовления змеевика в рассматриваемом МТ принята стальная труба с наружным диаметром $d_{\text{н}} = 35 \text{ мм}$ и внутренним $d_{\text{в}} = 28 \text{ мм}$.

Скорость движения воды в ЗМ:

$$W_{\text{г}} = \frac{4 \cdot m'_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}}|_{t_{\text{с}}} \cdot \pi \cdot d_{\text{в}}^2}. \quad (8)$$

где $\rho_{\text{г}}|_{t_{\text{с}}}$ – плотность воды при ее средней температуре в змеевике, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Критериальное уравнение конвективного теплообмена между греющей водой и внутренней стенкой ЗМ имеет вид [9]:

$$Nu_{\theta} = 0,021 \cdot Re_{\theta}^{0,8} \cdot (Pr|_{t_{\theta}})^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr|_{t_{\theta}}}{Pr|_{t_{cm}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_R, \quad (9)$$

где $Nu_{\theta} = \frac{\alpha_1 \cdot \lambda_{\theta}|_{t_{\theta}}}{w_{\theta} \cdot d_{\theta}}$ – число Нуссельта;
 $Re_{\theta} = \frac{w_{\theta} \cdot d_{\theta}}{\nu_{\theta}|_{t_{\theta}}}$ – число Рейнольдса;
 $\varepsilon_R = 1 + 1,77 \cdot \frac{d_{\theta}}{R_{3M}}$ – поправочный коэффициент для изогнутых труб;
 α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющей воды к внутренней стенке трубы ЗМ, Вт/м²·град);
 $\lambda_{\theta}|_{t_{\theta}}$ и $\nu_{\theta}|_{t_{\theta}}$ – коэффициенты теплопроводности и кинематической вязкости воды при ее средней температуре в змеевике, Вт/(м·град) и м²/с;
 R_{3M} – радиус ЗМ, м;
 $Pr|_{t_{\theta}}$ и $Pr|_{t_{cm}}$ – критерии Прандтля для воды при ее средней температуре в змеевике и температуре внутренней стенки змеевика.

Температура внутренней стенки $t_{cm,вн.}$ практически равна средней температуре воды. Поэтому $Pr|_{t_{\theta}} \cong Pr|_{t_{cm}}$.

Теплофизические характеристики воды приняты по данным [9] для температур $t_{\theta} = 50$ °С, $R_{3M} = 0,925$ м. По результатам расчетов основные характеристики процесса теплообмена в ЗМ составили $m'_{\theta} = 0,56$ кг/с, $w_{\theta} = 0,92$ м/с, $\alpha_1 = 4536$ Вт/(м²·град).

Для определения интенсивности теплоотдачи от змеевика к СМ были приняты следующие условия.

Змеевиковый нагреватель СМ представляет собой ряд витков, каждый из которых можно рассмотреть как замкнутое кольцо, омываемое тремя составляющими потока движущейся СМ: тангенциальным, радиальным и аксиальным с соответствующими скоростями w_m , w_p , w_a .

На рис. 1 представлены схема одного кольца змеевика и направления движения составляющих потока СМ.

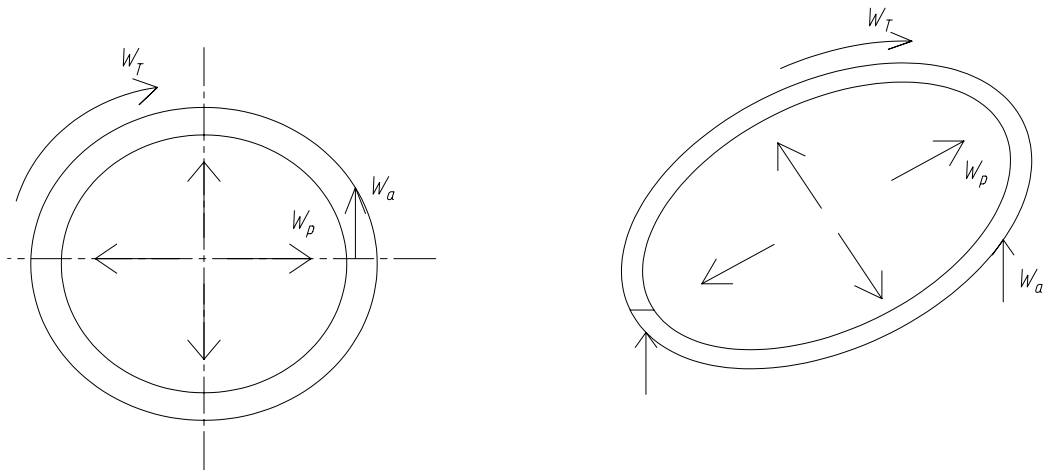


Рисунок 1 – Схема омыывания витка змеевика потока СМ.

Как следует из рис. 1, тангенциальная составляющая направлена параллельно образующей витка, радиальная – перпендикулярно, аксиальная – вертикально ей.

В работе [10] при условии:

$$|w_m| = 2|w_p| = 10|w_a| \quad (10)$$

была получена средняя скорость потока СМ:

$$w_{cp} = 1,265 \cdot w_m = 0,596 \text{ м/с.} \quad (11)$$

С учетом соотношения (10) были определены значения скоростей w_m , w_p , w_a и отмечено, что вклад аксиальной составляющей в результирующую весьма незначителен, и в дальнейшем анализе ее не учитывали.

На рис. 2 представлено схематически направление тангенциальной и радиальной составляющих потока на фрагмент кольца ЗМ.

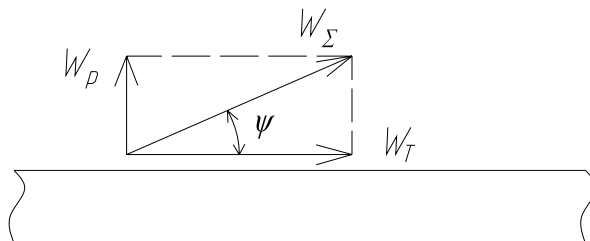


Рисунок 2 – Схема направлений скоростных потоков СМ относительно трубы змеевика.

Анализ распределения скоростей (рис. 2), выполненный для фрагмента кольца ЗМ, с учетом правила сложения векторов, показал, что суммарный поток СМ, имеющий скорость:

$$w_{\Sigma} = \sqrt{w_m^2 + w_p^2} \quad (12)$$

омывает трубу ЗМ под углом:

$$\psi = \arctg\left(\frac{w_p}{w_m}\right), \quad (13)$$

равным $\psi = 26,565^\circ$.

Следовательно, теплообмен между наружной стенкой ЗМ и СМ можно рассматривать как теплоотдачу при омывании одиночной трубы потоком жидкости под углом атаки ψ , для которого критерияльное уравнение имеет вид [9]:

$$Nu_n = 0,28 \cdot Re_{cm}^{0,6} \cdot Pr_{cm}^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_{cm}}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{\psi}, \quad (14)$$

где $Nu_n = \frac{\alpha_2 \cdot d_n}{\lambda_{cm}|_{t_{cm}}}$ – число Нуссельта;

$Re = \frac{w_{\Sigma} \cdot d_n}{\nu_{cm}|_{t_{cm}}}$ – число Рейнольдса;

Pr и Pr_{cm} – критерии Прандтля для СМ при температуре сбраживания $t_{cm} = 40^\circ\text{C}$ и температуре наружной стенки трубы ЗМ, принимаемой равной средней температуре воды $t_{из} = t_{в} = 50^\circ\text{C}$;

d_n – наружный диаметр трубы ЗМ, м;

$\lambda_{cm}|_{t_{cm}}$ и $\nu_{cm}|_{t_{cm}}$ – коэффициенты теплопроводности и кинематической вязкости СМ при температуре сбраживания $t_{cm} = 40^\circ\text{C}$, Вт/(м·град) и м²/с;

$\alpha_2 = \frac{Nu_n \cdot \lambda_{cm}|_{t_{cm}}}{d_n}$ – коэффициент теплоотдачи от наружной стенки трубы ЗМ к СМ, Вт/(м²·град);

ε_{ψ} – поправочный коэффициент, учитывающий изменение интенсивности теплоотдачи в зависимости от угла атаки.

В результате обработки табличных и графических данных [9, 12] получена математическая зависимость $\varepsilon_{\psi} = f(\psi)$ в виде:

$$\varepsilon_{\psi} = 0,423 + 2,453 \cdot 10^{-3} \cdot \psi + 3,35 \cdot 10^{-4} \cdot \psi^2 - 5,238 \cdot 10^{-6} \cdot \psi^3 \quad (15)$$

при $r = 0,9905$ и $S = 0,0247$.

Анализ влияния температуры на теплофизические свойства СМ по методике [11] и результаты выполненных расчетов показали, что при $\lambda_{см}|_{40} = 30,81 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·град); $\nu_{см}|_{40} = 0,7525 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $Pr|_{50} = 8,25$; $Pr|_{40} = 9,86$ коэффициент теплоотдачи составил $\alpha_2 = 1577,4$ Вт/(м²·град).

Результаты экспериментальных данных, приведенные в работе [12], показали, что взаимное влияние тангенциальной и радиальной составляющих потока на замкнутую трубу способствуют интенсивной турбулизации с увеличением интенсивности теплоотдачи в 1,5 раза. Поэтому расчетное значение коэффициента теплоотдачи от ЗМ к СМ принято:

$$\alpha_2^p = 1,5 \cdot \alpha_2. \quad (16)$$

Для условий переноса теплоты от греющей воды к СМ через стенку ЗМ при условии, что у тонкостенных труб отношение d_n/d_e практически всегда меньше 1,4, коэффициент теплопередачи «К» может быть рассчитан по уравнению, характерному для плоской стенки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ТЗМ}} + R + \frac{1}{\alpha_2^p}}, \quad (17)$$

где $\delta = \frac{d_n - d_e}{2}$ – толщина стенки трубы ЗМ, м;
 $\lambda_{ТЗМ}$ – коэффициент теплопроводности материала (стали) стенки трубы ЗМ, Вт/(м·град);
 R – термическое сопротивление отложений на стенки трубы (накипи и СМ), (м²·град)/Вт.
 По данным [13], $R = 0,0007$ (м²·град)/Вт.

С учетом полученных значений α_1 и α_2 , и коэффициента теплопроводности $\lambda_{ТЗМ} = 45,4$ Вт/(м·град) было получено $K = 707,7$ Вт/(м²·град).

Это позволило из основного уравнения теплопередачи:

$$Q_{\Sigma}^l = K \cdot F \cdot (t_e - t_{см}) \quad (18)$$

найти площадь поверхности теплообмена ЗМ:

$$F = \frac{Q_{\Sigma}^l}{K \cdot (t_e - t_{см})} \quad (19)$$

и общую длину труб:

$$\ell_{\Sigma} = \frac{F}{\pi \cdot d_n}, \quad (20)$$

которая составила $\ell_{\Sigma} = 40,2$ м.

Длина образующей одного витка ЗМ $\ell_{вит}$ ориентировочно равна:

$$\ell_{вит} = \pi \cdot D_{ЗМ}, \quad (21)$$

а число витков «m» составит:

$$m = \frac{\ell_{\Sigma}}{\ell_{вит}}. \quad (22)$$

При высоте змеевика $H_{ЗМ} = D_{ЗМ}$ шаг одного витка $h_{вит}$ будет равен:

$$h_{вит} = \frac{D_{ЗМ}}{m}. \quad (23)$$

Для условий анализа получено $F = 6,6$ м²; $\ell_{\Sigma} = 60,1$ м; $m = 11$ витков; $h_{вит} = 236$ мм.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ

Разработанная методика анализа процессов теплообмена между греющим теплоносителем, циркулирующим в ЗМ, и СМ в МТ дает возможность выполнить предпроектные расчеты нагревательных устройств, предназначенных для поддержания стабильных температурных условий сбраживания биомассы в МТ для получения биогаза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цветков, В. П. Оборудование для производства биогаза из животноводческих отходов [Текст] / В. П. Цветков, В. А. Ясенецкий // Пром. энергетика. – 1988. – № 11. – С. 9–14.
2. Биогазовая установка для переработки биоотходов : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zorgbiogas.ru>.
3. Экологическая биотехнология [Текст] / пер. с англ. под ред. К. Ф.Форстера и Д. А. Дж. Вейза. – Л. : Химия, 1990. – 384 с.
4. Матвеев, Ю. Биогазовая станция. Український досвід [Текст] / Ю. Матвеев, Г. Гелетуха // Зелена енергетика. – 2004. – № 1(13). – С. 4–5.
5. Остапенко, Д. В. Тепловые процессы в метантенке при сбраживании биомассы [Текст] / Д. В. Остапенко, О. В. Чеботарева, В. А. Сербин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 6/5(30). – С. 18–20.
6. Колосова, Н. В. Теплообмен метантенка для сбраживания биомассы с окружающей средой [Текст] / Н. В. Колосова, О. В. Чеботарева, В. А. Сербин // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-6(86) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 31–36.
7. Калюжная, С. Н. Метантенк для сбраживания отходов животноводческих комплексов [Текст] / С. Н. Калюжная, В. А. Сербин // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2005. – Вип. 2005–4(52) : Матеріали IV міжнар. наук. конф. молодих вчених, аспірантів, студентів. – С. 88–91.
8. Бойлс, Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки [Текст] / Д. Бойлс ; пер. с англ. под ред. Е. А. Бирюковой. – М. : Агропромиздат, 1987. – 152 с.
9. Михеев, М. А. Основы теплопередачи [Текст] / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – Изд. 2-е, стереотип. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.
10. Остапенко, Д. В. Анализ гидродинамики сбраживаемой массы при перемешивании в метантенке [Текст] / Д. В. Остапенко, Сербин В. А. // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2006. – Вип. 2006–2(58) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 24–27.
11. Сербін, В. А. Теплофізичні характеристики зброжуваної маси для виробництва біогазу з відходів тваринницького комплексу [Текст] / В. А. Сербін, О. В. Якімов // Вісник Донбаської держ. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка, 2000. – Вип. 2000–3(23) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 80–82.
12. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена [Текст] / С. С. Кутателадзе. – Изд. 4-е. – Новосибирск : Наука, 1970. – 560 с.
13. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах [Текст] / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л. : Химия, 1984. – 336 с.

Получено 03.10.2011

Н. В. КОЛОСОВА, О. В. ЧЕБОТАРЬОВА, В. А. СЕРБІН ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ В МЕТАНТЕНКУ ПРИ ЗБРОДЖУВАННІ БІО- МАСИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Запропонована методика аналізу процесів теплообміну і розмірів нагрівача у метантенку з урахуванням гідродинамічних умов руху зброжуваної маси і нагрівальної речовини, температурних залежностей їх теплофізичних характеристик та використання критеріальних рівнянь.
метантенк, зброжувана маса, тепловіддача, число подібності, критеріальне рівняння

NELLY KOLOSOVA, OLGA CHEBOTARYOVA, VLADIMIR SERBIN
HEAT EXCHANGE IN METHANE TANK AT BIOMASS FERMENTATION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper offers the technique of heat exchange analysis and dimensions of a heater in a methane tank, considering hydrodynamic conditions of fermented biomass motion and heating liquid, temperature dependences of their thermophysical responses and criteria equations.

methane tank, fermented biomass, convective heat exchange, similarity number, criteria equation

Колосова Неллі Вадимівна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Чеботарьова Ольга Володимирівна – магістр, завідувач лабораторії кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Сербін Володимир Артемович – к. т. н., доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Колосова Неллі Вадимовна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Чеботарева Ольга Владимировна – магистр, заведующая лабораторией кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Сербин Владимир Артемович – к. т. н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Nelly Kolosova – an undergraduate of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

Olga Chebotaryova – MPhil, laboratory manager of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

Vladimir Serbin – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

УДК 697.32

А. В. ЛУКЬЯНОВ, В. В. ОСТАПЕНКО, В. А. ПОСТНИКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА С АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

В статье произведен обзор основных известных типов аккумулирующих установок на основе фазового перехода. Принята и детально описана конструкция аппарата для проведения исследований. Приведено описание и принцип работы экспериментальной установки с аккумулятором тепловой энергии на основе фазового перехода. Произведен выбор и экспериментальное обоснование принятого для эксперимента аккумулирующего материала.

теплоаккумулятор, твердый аккумулирующий материал, фазовый переход, теплоноситель, удельная теплота плавления

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Решение проблемы энергосбережения и эффективного использования невозобновляемых природных ресурсов является, пожалуй, одной из важнейших задач современной науки. Перспективным направлением решения поставленной задачи рассматриваются аккумуляторы теплоты на основе фазовых переходов твердых материалов. В предыдущей публикации [6] были рассмотрены возможные конструкции аккумулятора, основными типами которого являются: капсульный, кожухотрубный, со скребковым удалением теплоаккумулирующего материала (ТАМ), с ультразвуковым удалением ТАМ, с прямым контактом и прокачкой, с испарительно-конвективным переносом тепла. Проанализировав все минусы и плюсы конструкций [1], была разработана и сконструирована экспериментальная установка с аккумулятором тепловой энергии на основе фазового перехода.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной установке в качестве основополагающей конструкции принята модель кожухотрубного теплообменного аппарата. Такой выбор объясняется налаженной технологией производства кожухотрубных теплообменников, а также простотой конструкции для применения в лабораторных условиях на начальном этапе экспериментов с ТАМ. На рисунке 1 приведена схема экспериментального аккумулятора теплоты на основе фазового перехода. По трубкам трубной решетки 3 аккумулятора протекает теплоноситель, а межтрубное пространство представляет собой бункер 1 с ТАМ (рис. 1). Недостаток конструкции, описанный в [2], приводящий к затруднению свободного расширения ТАМ, вследствие чего понижается надежность такого аккумулятора в целом, решен в данной модели путем создания свободного пространства в бункере 1 для компенсации температурных расширений при изменении его агрегатного состояния. Также для определения масштабов воздействия расширения ТАМ на целостность аппарата производится контроль и фиксация изменения давления в герметичном бункере с ТАМ с помощью манометра 4.

В верхнюю и нижнюю части бункера 1 помещаются два датчика температуры 5 для наблюдения за состоянием материала, его температурным полем в процессе плавления и кристаллизации. Одним из видимых недостатков такого аппарата является удаление отработанного ТАМ, которое возможно только в состоянии расплава, для чего и предусмотрен спускной патрубок 7 в нижней части

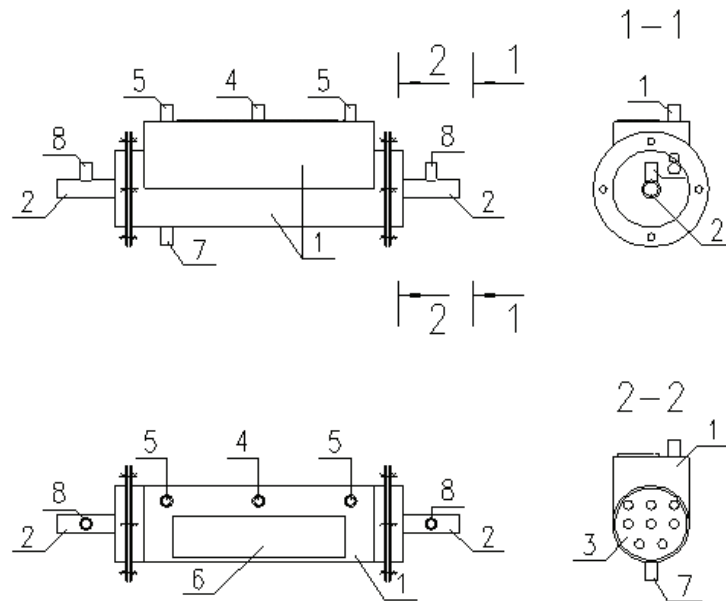


Рисунок 1 – Экспериментальный аккумулятор теплоты на основе фазового перехода: 1 – бункер с ТАМ; 2 – патрубки подвода теплоносителя; 3 – трубная решетка теплообменника; 4 – муфта под манометр; 5 – патрубок под термопару ТАМ; 6 – отверстие для загрузки ТАМ; 7 – патрубок слива ТАМ; 8 – муфта под термоманометр.

бункера. Для фиксации температур теплоносителя, а как следствие и теплоты, передаваемой от теплоносителя или теплоносителю, на входе и выходе из аппарата установлены термометры 8. По объему бункер рассчитан на загрузку материала от 2 до 4 кг. Аккумулирующую способность аппарата, а также его технические характеристики предстоит выяснить в ходе работы.

Сконструированный теплообменный аппарат является составной частью установки, эмитирующей упрощенную схему системы теплоснабжения, включающую генератор теплоты и потребителя. Схема такой установки представлена на рисунке 2.

Конструктивно схема делится на два контура – контур генератора теплоты и контур потребителя. В условиях реальной системы необходимо предусмотреть переключки для снабжения потребителя в режиме аккумуляции теплоты.

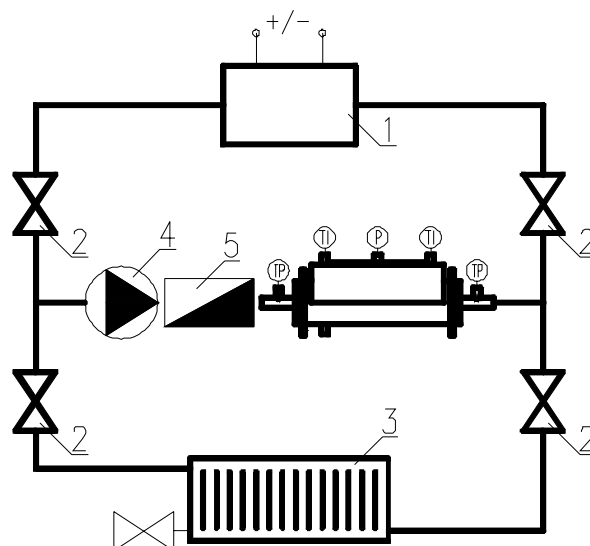


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки с аккумулятором тепловой энергии на основе фазового перехода: 1 – генератор теплоты (электронагреватель); 2 – запорная арматура; 3 – потребитель теплоты (панельный радиатор); 4 – циркуляционный насос; 5 – расходомер.

Общей частью двух контуров является рассматриваемый теплообменный аппарат, на линии с которым предусмотрен циркуляционный насос и расходомер. Для экспериментальной установки принят циркуляционный насос с тремя расходными характеристиками, позволяющими впоследствии определить оптимальную скорость теплоносителя для обмена теплотой с ТАМ. Расходомер в сочетании с ранее упомянутыми термометрами на входе и выходе из аккумулятора позволяет рассчитать величину переданной (полученной) ТАМ теплоты. Отличие же контуров заключается лишь в том, что в контуре потребителя генератор заменен на отопительный прибор – панельный радиатор.

Такого рода система может использоваться как для аккумуляции тепла, полученного от электрического нагревателя, работающего в периоды ночного провала электропотребления, так и для аккумуляции теплоты от солнечных коллекторов в дневное время (и потребление его ночью), а также для аккумуляции низкопотенциальной теплоты при неравномерном его поступлении во времени, которое возможно использовать в системах с тепловыми насосами. Отличительной составной системы в таких случаях будет являться аккумулирующая нагрузка. В качестве аккумуляционной нагрузки для данной экспериментальной установки на начальных стадиях опыта предполагается использовать ТАМ на основе группы парафинов. Они удовлетворяют многим требованиям, предъявляемым для ТАМ [3–5]. Также несомненным плюсом такого выбора является полная нейтральность группы парафинов по отношению к металлу, а также отсутствие возможности перемешивания ТАМ с теплоносителем в случае разгерметизации установки. Использование парафинов полностью снимает вопросы коррозионного разрушения корпуса аппарата. Выбранный материал выдерживает достаточное количество термоциклов для использования его в системах теплоснабжения более одного отопительного сезона, что подтверждается в ходе проведенных опытов Постниковым В. А. в соответствии с методикой [7–8] по определению удельной теплоты плавления ΔH_L плавления парафина в начале и в конце термоциклирования. Данные по температурным параметрам плавления и кристаллизации, а также по величинам ΔH_L для 2-го и 620-го термоциклов приведены в таблице 1. Как видно из этой таблицы, разница в температурах и удельной теплоте фазового перехода в начале и в конце термоциклирования незначительна. В частности, относительное изменение величины ΔH_L положительно и не превышает 3 %.

Таблица 2 – Параметры плавления и кристаллизации парафина марки Т-3 (очищенный технический), установленные методом ДТА: T_x – температура первого пика эндо-эффекта перед плавлением, T_L – температура плавления; T_s – температура начала кристаллизации; T_{sm} – температура экзо-пика кристаллизации, ΔT – переохладение жидкой фазы относительно T_L при кристаллизации ($\Delta T = T_L - T_m$, где T_m – минимальная температура переохлажденной жидкой фазы), ΔH_L – удельная теплота плавления

№ термоцикла	T_x , °C	T_L , °C	T_s , °C	T_{sm} , °C	ΔT , K	ΔH_L , кДж/кг
2	33,0	55,5	53,0	50,0	2,5	130
620	35,0	54,5	52,5	49,0	2,0	134

ВЫВОД

Таким образом, на основании проведенного анализа конструкций аккумуляторов теплоты предложена и реализована экспериментальная установка для аккумуляирования тепловой энергии на основе фазового перехода, предназначенная для:

- изучения поведения ТАМ в условиях его использования в системе теплоснабжения;
- установления оптимальных условий работы теплоаккумулятора и его технических характеристик, что в результате даст возможность для оптимизации и улучшения конструкции теплоаккумулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сотникова, О. А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения [Текст] / О. А. Сотникова, В. С. Турбин, В. А. Григорьев // АВОК. – 2003. – Вып. № 5. – С. 34–41.
2. Левенберг, В. Д. Аккумуляирование тепла [Текст] / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – Киев : Техника, 1991. – 268 с.
3. Luyt, A. S. Thermal behaviour of low and high molecular weight paraffin waxes used for designing phase change materials [Текст] / A. S. Luyt, I. Krupa // Thermochimica Acta. – 2008. – № 467. – P. 117–120.

4. Такахаси, Есио. Разработка специальных материалов – ключ к решению проблемы аккумуляции скрытой тепловой энергии [Текст] / Такахаси Есио // Нахонно кагаку то гидзюцу. – 1982. – С. 61–67.
5. Kenisarin Murat. Solar energy storage using phase change materials [Текст] / Murat Kenisarin, Khamid Mahkamov // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2007. – № 11. – Р. 1913–1965.
6. Лукьянов, А. В. Акумулятори теплової енергії на основі фазового переходу [Текст] / А. В. Лукьянов, В. В. Остапенко, В. Д. Александров // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010–6(86) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 64–68.
7. Шестак, Я. Теория термического анализа [Текст] / Я. Шестак. – М. : Мир, 1987. – 455 с.
8. Александров, В. Д. Термографический метод исследования параметров зародышеобразования при кристаллизации переохлажденных расплавов [Текст] / В. Д. Александров, С. А. Фролова, В. А. Постников // Материаловедение. – 2004. – № 8. – С. 9–14.

Получено 20.09.2011

О. В. ЛУК'ЯНОВ, В. В. ОСТАПЕНКО, В. А. ПОСТНИКОВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА З АКУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті проведено огляд основних відомих типів акумулювальних установок на основі фазового переходу. Прийнято та детально описано конструкцію апарату для проведення досліджень. Наведено опис і принцип роботи експериментальної установки з акумулятором теплової енергії на основі фазового переходу. Зроблено вибір та експериментальне обґрунтування прийнятого для експерименту акумулювального матеріалу.

теплоакумулятор, твердий акумулювальний матеріал, фазовий перехід, теплоносіє, питома теплота плавлення

ALEXANDER LUKJANOV, VITALIY OSTAPENKO, VALERIY POSTNIKOV
EXPERIMENTAL PLANT WITH HEAT ACCUMULATOR BASED ON PHASE
TRANSITION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article has presented a review of all known types of accumulative plants based on phase transition. The design of the plant for carrying out the investigation has been adopted and detailed. The specification and principle of operation of the experimental plant with a heat accumulator on the basis of phase transition have been given. The material selection and experimental basis adopted for the trial of accumulating material have been made.

heat accumulator, solid accumulating material, phase transition, heat-transfer agent, specific fusing heat

Лук'янов Олександр Васильович – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадні технології в системах теплопостачання, теплогенератори локальних систем теплопостачання.

Остапенко Віталій Валерійович – асистент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадні технології в системах теплопостачання.

Постников Валерій Анатолійович – кандидат хімічних наук, доцент, докторант кафедри фізики й фізичного матеріалознавства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: фізико-хімічні основи кінетики процесів кристалізації речовин.

Лукьянов Александр Васильевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосберегающие технологии в системах теплоснабжения, теплогенераторы локальных систем теплоснабжения.

Остапенко Виталий Валериевич – ассистент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энерго-сберегающие технологии в системах теплоснабжения.

Постников Валерий Анатольевич – кандидат химических наук, доцент, докторант кафедры физики и физического материаловедения Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: физико-химические основы кинетики процессов кристаллизации веществ.

Alexander Lukjanov – DSc (Engineering), an Assistant Professor, the Chair of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservating techniques in the systems of heat supply, heat generators of the local heat supply systems.

Vitaliy Ostapenko – a teaching fellow of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservating techniques in heat supply systems.

Valeriy Postnikov – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Physics and Materials Department, a research student of the Donbas National Academy of Engineering and Architecture. Research interests: physical and chemical foundation of the kinetics of substance crystallization.

УДК 696.2:622.691.4

Ю. А. ГОЛОВАЧ, В. И. ЗАХАРОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Выполнены анализ влияния зависимости параметра потока отказов от диаметра газопровода на значение показателя надежности (вероятности безотказной работы) и сравнение методик определения вероятностной оценки надежности распределительных газопроводов при заданных значениях параметра потока отказов на примере тупиковой сети.

показатель надежности, вероятность безотказной работы, параметр потока отказов, газопроводы, тупиковая сеть

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Газоснабжение, представляющее собой совокупность процессов транспортировки, распределения и потребления природного газа, формирует энергетическую основу экономики. Несмотря на то, что техническое состояние газораспределительных сетей находится на достаточно высоком уровне, проблема обеспечения их надежности и эффективности является одной из наиболее приоритетных проблем, что связано с продолжающимся старением газораспределительных сетей и повышением аварийности. В связи с этим возникает необходимость реконструкции и технического перевооружения газораспределительных сетей, что в свою очередь требует существенных финансовых и материальных затрат. В этих условиях средством повышения технологической надежности газораспределительной сети становится использование инструментов управления надежностью, основанных на современных технологиях статистического управления процессами эксплуатации. Повышение надежности невозможно без создания соответствующих методик, в то же время вопросы методического обеспечения требуют совершенствования в части повышения достоверности оценки надежности.

В теории технических устройств основным понятием для оценки работоспособности системы является вероятностная оценка ее безотказной работы в течение заданного периода времени. Основная задача расчета надежности газовых сетей сводится к определению показателя надежности, который является вероятностью безотказной подачи газа потребителям и в целом оценивает надежность системы. В настоящее время существует несколько методик определения показателя надежности, точность вычисления которого имеет важное значение при проектировании сетей, поскольку на основании полученных данных решается вопрос о необходимости резервирования сети и установки отключающей арматуры. Таким образом, исследование данной проблемы является актуальным.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Методики определения показателя надежности изложены в работах А. А. Ионина [1], В. А. Варфоломеева, Я. М. Торчинского, Р. Н. Шевченко [2], В. А. Жилы [4], Д. Б. Баясанова [6] и др. Анализ указанных источников показал, что принципиальное отличие рассмотренных методик заключается в вопросе учета расчетных расходов участков сети, а также в учете зависимости параметра потока отказов от диаметра газопровода. Так методика, которая описана в [1], предполагает расчет показателя надежности $R_{\text{сист}}(t)$ системы, который представляет собой вероятность безотказной подачи газа с учетом расчетной нагрузки участков, а в нормативной литературе [3] за основной пока-

© Ю. А. Головач, В. И. Захаров, 2011

затель надежности принята вероятность безотказной работы $P(t)$, при этом расчетные расходы по участкам не учитываются. Как отмечено в [4], в настоящее время существуют два направления определения параметра потока отказов: с учетом его зависимости от диаметра газопровода и без учета зависимости от диаметра, то есть когда параметр потока отказов постоянен.

Цель данной статьи – выполнить анализ влияния зависимости параметра потока отказов от диаметра газопроводов на значение показателя надежности (вероятности безотказной работы) и сравнение методик определения вероятностной оценки надежности распределительных газопроводов на примере тупиковой сети.

Методика расчета надежности тупиковой газовой сети, предложенная А. А. Иониным [1], включает в себя следующие основные этапы:

- 1) формирования задания с учетом топологии сети;
- 2) определение расчетных расходов для всех участков сети;
- 3) формирование эквивалентированных зон сети, объединяющих элементы, соединенные по надежности последовательно;
- 4) расчет показателя надежности $R_{\text{сист}}(t)$.

Численное значение полученного показателя надежности сравнивается со значением, приведенным в нормативных или технических документах, после чего принимаются необходимые решения.

Показатель надежности определяется в следующей последовательности.

1. Определяется вклад в ненадежность каждой зоной

$$\sigma_j = (\omega_{zk} \cdot L_{zk} + \omega_z \cdot K_{zj}) \Delta Q_j, \quad (1)$$

- где $\omega_{\text{тк}}$ – параметр потока отказов газопроводов, 1/(м·год);
 ω_z – параметр потока отказов задвижек, 1/год;
 $L_{\text{тк}}$ – длина k-го участка, м;
 K_{zj} – количество задвижек в j-й зоне (для всех зон, кроме первой, задвижка, стоящая на входном в зону участке не учитывается);
 ΔQ_j – нагрузка входного участка в j-й зоне, м³/ч.

2. Определяется вклад в ненадежность газовой сети всеми зонами

$$\sigma = \sum_{j=1}^j \sigma_j \quad (2)$$

3. Определяется сумма параметров потоков отказов всех элементов сети

$$\Omega = \sum_{j=1}^j (\omega_{zk} \cdot L_{zk} + \omega_z \cdot k_{zj}), \quad (3)$$

- где k_{zj} – общее количество задвижек в j-й зоне.

4. Определяется показатель надежности $R_{\text{сист}}(t)$

$$R_{\text{сист}(t)} = 1 - \frac{1 - e^{-T\Omega}}{Q_o \cdot \Omega} \cdot \sigma, \quad (4)$$

- где Q_o – общая газовая нагрузка сети, м³/ч, $Q_o = 500$ м³/ч;
 T – расчетное время, принимаемое равным 10 лет.

На основании рассмотренного алгоритма был выполнен расчет показателя надежности тупиковой разветвленной газовой сети, представленной на рисунке 1.

Тупиковая сеть, представленная на рисунке 1, с учетом расставленных задвижек разбивалась на три зоны. Первая зона – участки 1–2, 2–3, 3–10 и 2–9; вторая зона – участки 3–4, 4–5, 5–6, 4–11; третья зона – участки 2–7, 7–8 и 7–12.

Для установления зависимости показателя надежности сети от значений параметра потока отказов газопроводов рассматривалось четыре случая, представленные ниже. При этом учитывалось, что понятия параметр потока отказов ω и интенсивность отказов λ для ординарных и не имеющих последствий систем, к которым относится система газоснабжения, в условиях нормальной эксплуатации, т. е. при постоянной интенсивности отказов, совпадают [4].

1. Параметр потока отказов газопроводов определялся с учетом зависимости интенсивности отказов от среднего диаметра газопровода [5], представленной в виде

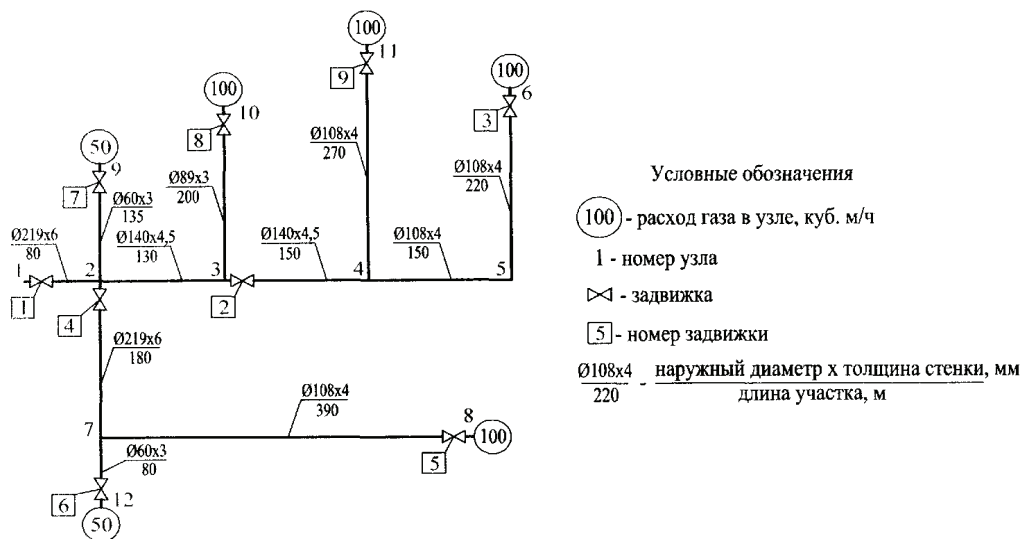


Рисунок 1 – Тупиковая разветвленная газовая сеть.

$$\lambda = 0,0031 \cdot e^{988,28 / D_{cp}} / 10^6. \quad (5)$$

2. Параметр потока отказов газопроводов определялся с учетом зависимости интенсивности отказов от комплексной величины χ , представляющей собой произведение среднего диаметра на толщину стенки газопровода ($D_{cp} \cdot \delta$) [5], представленной в виде

$$\lambda = 1,09 \cdot e^{1456,41 / \chi} / 10^6. \quad (6)$$

3. Параметр потока отказов газопроводов принимался с учетом зависимости интенсивности отказов от значения условного диаметра газопровода [2].

4. Параметр потока отказов газопроводов принимался постоянным и равным $2 \cdot 10^{-3}$ 1/(км·год) [1]. Параметр потока отказов задвижек для всех четырех случаев принимался равным $0,3 \cdot 10^{-3}$ 1/год [1].

Пример расчета показателя надежности по методике, изложенной в [1], при постоянном параметре потока отказов газопроводов представлен в таблице 1 и 2.

$$R_{cum(t)} = 1 - \frac{1 - e^{-10 \cdot 0,00667}}{500 \cdot 0,00667} \cdot 2,016 = 0,961.$$

Вероятность безотказной работы тупиковой газовой сети согласно [3] рассчитывается в зависимости от схемы соединения элементов – параллельного или последовательного.

При последовательном соединении вероятность безотказной работы сети определяется как произведение отдельных последовательно соединенных элементов, при этом отказ любого элемента приводит к отказу сети [6].

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \dots \cdot P_i(t), \quad (7)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы отдельных, последовательно соединенных элементов сети.

При параллельном соединении вероятность безотказной работы сети определяется по уравнению

$$P_c(t) = 1 - [1 - (1 - P_1(t)) \cdot (1 - P_2(t)) \cdot (1 - P_3(t)) \cdot \dots \cdot (1 - P_i(t))]. \quad (8)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы отдельных, параллельно соединенных элементов сети.

Таблица 1 – Определение вклада в ненадежность газовой сети всеми зонами σ_j

№ участка/ затвора	Наружный диаметр D_n , мм	Толщина стенки δ , мм	Длина участка, $L_{гк}$, м	Параметр потока отказов $\omega_{гк}$, 1/(год·м) (ω_3 , 1/год)	$\omega_{гк} \cdot L_{гк}$, 1/год (ω_3 , 1/год)	Нагрузка входного участка ΔQ_j , м ³ /ч	σ_j
Первая зона							
1–2	219	6	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016	500	1,295
2–3	140	4,5	130	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00026		
2–9	60	3	135	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00027		
3–10	89	3	200	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0004		
Затвор № 1				0,0003	0,0003		
Затвор № 7				0,0003	0,0003		
Затвор № 8				0,0003	0,0003		
Затвор № 2				0,0003	0,0003		
Затвор № 4				0,0003	0,0003		
Сумма					0,00259		
Вторая зона							
3–4	140	4,5	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003	200	0,436
4–5	108	4	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003		
5–6	108	4	220	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00044		
4–11	108	4	270	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00054		
Затвор № 9				0,0003	0,0003		
Затвор № 3				0,0003	0,0003		
Сумма					0,00218		
Третья зона							
2–7	114	4	180	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00036	150	0,285
7–8	108	4	390	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00078		
7–12	60	3	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016		
Затвор № 5				0,0003	0,0003		
Затвор № 6				0,0003	0,0003		
Сумма					0,0019		
Сумма							2,016

Вероятность безотказной работы каждого элемента сети рассчитывается по уравнению

$$P_i = e^{-\omega t}, \quad (9)$$

где t – расчетное время, принимаемое равным 10 лет.

Пример расчета вероятности безотказной работы по методике [3] при постоянном параметре потока отказов газопроводов представлен в таблице 3.

$$P_{2-3} = 1 - (1 - P_2) \cdot (1 - P_3);$$

$$P_{2-3} = 1 - (1 - 0,9755) \cdot (1 - 0,9782) = 0,9995;$$

$$P = P_1 \cdot P_{2-3};$$

$$P = 0,9803 \cdot 0,9995 = 0,9798.$$

Результаты расчетов показателей надежности сети по двум, вышеизложенным методикам, представлены в сводной таблице 4.

ВЫВОДЫ

Как показывает анализ технической литературы и проведенные расчеты, на значение показателя надежности (вероятности безотказной работы) системы газоснабжения оказывают влияние следующие факторы: значение параметра потока отказов (интенсивность отказов), продолжительность рассматриваемого периода, структурная схема газовой сети, которая определяется установленной запорной арматурой. Из данных таблицы 3 следует:

Таблица 2 – Определение параметров потоков отказов всех элементов сети

№ участка/ завдвижки	Наружный диаметр D_n , мм	Толщина стенки δ , мм	Длина участка, $L_{гк}$, м	Параметр потока отказов $\omega_{гк}$, 1/(год·м) (ω_3 , 1/год)	$\omega_{гк} \cdot L_{гк}$, 1/год (ω_3 , 1/год)
Первая зона					
1–2	219	6	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016
2–3	140	4,5	130	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00026
2–9	60	3	135	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00027
3–10	89	3	200	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0004
Задвижка № 1				0,0003	0,0003
Задвижка № 7				0,0003	0,0003
Задвижка № 8				0,0003	0,0003
Сумма					0,00199
Вторая зона					
3–4	140	4,5	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003
4–5	108	4	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003
5–6	108	4	220	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00044
4–11	108	4	270	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00054
Задвижка № 2				0,0003	0,0003
Задвижка № 9				0,0003	0,0003
Задвижка № 3				0,0003	0,0003
Сумма					0,00248
Третья зона					
2–7	114	4	180	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00036
7–8	108	4	390	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00078
7–12	60	3	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016
Задвижка № 4				0,0003	0,0003
Задвижка № 5				0,0003	0,0003
Задвижка № 6				0,0003	0,0003
Сумма					0,0022
Сумма					0,00667

1. Расчет надежности сети с учетом зависимости интенсивности отказов от диаметров газопроводов дает снижение вероятности безотказной работы приблизительно в 2,5 раза.

2. О влиянии диаметров газопроводов на надежность сети свидетельствуют и данные [2]: увеличение диаметров некоторых участков сети против их расчетных значений, главным образом за счет отказа от газопроводов диаметров 80 мм и менее с надежностью, на порядок меньше, чем у газопроводов диаметром более 80 мм, повышает надежность системы.

3. На значение показателя надежности существенным образом влияет и расстановка задвижек. Схема расстановки задвижек, представленная на рисунке 1, является не вполне обоснованной с точки зрения надежности и существенно снижает надежность сети.

При этом следует отметить, что в нормативной литературе отсутствуют рекомендации по выбору продолжительности периода времени, за который определяется значение показателя надежности (вероятности безотказной работы) системы газоснабжения, как сделано в [7]. Поэтому работа будет продолжена в направлении разработки рекомендаций по выбору расчетного времени (или периода продолжительности) работы газовой сети при определении вероятности безотказной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ионин, А. А. Газоснабжение : учебник [для высш. учебн. завед.] [Текст] / А. А. Ионин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с.
2. Варфоломеев, В. А. Справочник по проектированию, строительству и эксплуатации систем газоснабжения [Текст] / В. А. Варфоломеев, Я. М. Торчинский, Р. Н. Шевченко. – К. : Будівельник, 1988. – 238 с.
3. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги [Текст] : ДСТУ 2862–94. – Введ. 1997–01–01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 39 с. – (Національний стандарт України).

Таблица 3 – Определение вероятности безотказной работы зон сети

№ участка / задвижки	Наружный диаметр D_n , мм	Толщина стенки δ , мм	Длина участка, $L_{гк}$, м	Параметр потока отказов $\omega_{гк}$, 1/(год·м) (ω_z , 1/год)	$\omega_{гк} \cdot L_{гк}$, 1/год (ω_z , 1/год)	Вероятность безотказной работы зоны Р
Первая зона						
1–2	219	6	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016	0,9803
2–3	140	4,5	130	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00026	
2–9	60	3	135	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00027	
3–10	89	3	200	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0004	
Задвижка № 1				0,0003	0,0003	
Задвижка № 7				0,0003	0,0003	
Задвижка № 8				0,0003	0,0003	
Сумма					0,00199	
Вторая зона						
3–4	140	4,5	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003	0,9755
4–5	108	4	150	$2 \cdot 10^{-6}$	0,0003	
5–6	108	4	220	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00044	
4–11	108	4	270	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00054	
Задвижка № 9				0,0003	0,0003	
Задвижка № 2				0,0003	0,0003	
Задвижка № 3				0,0003	0,0003	
Сумма					0,00248	
Третья зона						
2–7	114	4	180	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00036	0,9782
7–8	108	4	390	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00078	
7–12	60	3	80	$2 \cdot 10^{-6}$	0,00016	
Задвижка № 4				0,0003	0,0003	
Задвижка № 5				0,0003	0,0003	
Задвижка № 6				0,0003	0,0003	
Сумма					0,0022	

Таблица 4 – Сводная таблица

Наименование величины	Показатель надежности по методике [1] $R_{смет}(t)$	Вероятность безотказной работы по [3] $P_c(t)$
При параметре потока отказов газопроводов, определяемом с учетом зависимости интенсивности отказов от среднего диаметра газопровода по уравнению (5)	0,3976	0,3227
При параметре потока отказов газопроводов, определяемом с учетом зависимости интенсивности отказов от комплексной величины χ , представляющей собой произведение среднего диаметра на толщину стенки газопровода, по уравнению (6)	0,3892	0,3164
При параметре потока отказов газопроводов, определяемом с учетом зависимости интенсивности отказов от значения условного диаметра газопровода и приведенном в [2]	0,3908	0,3134
При постоянном значении параметра потока отказов газопроводов и приведенном в [1]	0,9610	0,9798

- Надежность городских систем газоснабжения [Текст] / А. А. Ионин, К. С. Алебеков, В. А. Жила, С. С. Зати-
кян ; [под ред. А. А. Ионина]. – М. : Стройиздат, 1980. – 231 с.
- Головач, Ю. А. Анализ зависимости параметра потока отказов от диаметра газопроводов [Текст] / Ю. А. Голо-
вач, В. И. Захаров // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти
і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010–6(86) : Інженерні системи та техногенна безпека. –
С. 117–122.
- Баясанов, Д. Б. Распределительные системы газоснабжения [Текст] / Д. Б. Баясанов, А. А. Ионин. – М. : Строй-
издат, 1977. – 407 с.
- Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові ме-
режі [Текст] : ДБН В.2.5–39–2008. – На зміну СніП 2.04.07–86 ; чинні з 2009–01–07. – К. : Мінеріонбуд Украї-
ни, 2009. – 57 с.

Получено 12.09.2011

Ю. О. ГОЛОВАЧ, В. І. ЗАХАРОВ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Виконано аналіз впливу залежності параметра потоку відмов від діаметра газопроводів на значення показника надійності (імовірності безвідмовної роботи) і порівняння методик визначення імовірнісної оцінки надійності розподільних газопроводів при значеннях параметра потоку відмов, що задані, на прикладі тупикової мережі.

показник надійності, імовірність безвідмовної роботи, параметр потоку відмов, газопроводи, тупикова мережа

YULIA GOLOVACH, VICTOR ZAKHAROV

DETERMINATION OF RELIABILITY INDICATORS OF DISTRIBUTION GAS PIPELINE OPERATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The impact analysis of dependence of failure rate on the gas pipeline diameter to the value of reliability indicator (probability of survival) and determination technique comparison of probability estimate of reliability of gas pipeline distribution at preassigned meaning of failure rate in terms of an example of lateral network have been made.

reliability indicator, probability of survival, failure rate, gas pipelines, lateral gas network

Головач Юлія Олександрівна – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: надійність розподільних систем газопостачання.

Захаров Віктор Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розподіл природного газу в умовах дефіциту газу; оперативне керування системами газопостачання; раціональне використання газоподібного палива.

Головач Юлия Александровна – аспирант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: надежность распределительных сетей газоснабжения.

Захаров Виктор Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: распределение природного газа в условиях дефицита газа; оперативное управление системами газоснабжения; рациональное использование газообразного топлива.

Yulia Golovach – a postgraduate student of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: natural gas network reliability.

Victor Zakharov – PhD (Engineering), an Assistant Professor of Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: distribution of natural gas in conditions of gas deficiency, on-line control of gas supply systems, rational use of gas fuel.

УДК 628.337

О. И. БАЛИНЧЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ИЛОВОЙ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

В данной статье произведен литературный обзор наиболее перспективных – электрохимических методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, пригодных для очистки сточных вод, образующихся в канализационных сооружениях – илоуплотнителях – в результате уплотнения осадков. Эти осадки, полученные от промышленных сточных вод или от хозяйственно-бытовых с большим процентом промышленных, содержат количества ионов тяжелых металлов, превышающие ПДК (предельно допустимые концентрации), разрешенные к сбросу в водоемы. Выделение металлов из таких вод, к сожалению, невозможно. Приведены результаты исследований и промышленного применения технологий удаления из иловой воды илоуплотнителей небольших концентраций ионов тяжелых металлов: Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , As^{2+} . Определены тенденции происходящих химических процессов, приведены сравнительные оценки эффективности и составлена обобщенная таблица наиболее перспективных вариантов электрохимического извлечения воды от тяжелых металлов.

электрохимические методы очистки, электрокоагуляция и электрофлотация, электрокоагулятор, электрофлотатор, гальванокоагуляционный метод, электродиализ, электрохимическое окисление и восстановление

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Иловые воды, получаемые при уплотнении осадков промышленных сточных вод в илоуплотнителях, в настоящее время содержат ионы тяжелых металлов: Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , As^{2+} , превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) для сброса в водоемы в десятки раз. В то же время такие концентрации малы, чтобы позволить восстановить и уловить в виде металлов эти компоненты иловых вод. Поэтому они попадают в водоемы вместе с очищенными стоками. Учитывая большие объемы иловых вод, богатых тяжелыми металлами, проблема представляет большое народно-хозяйственное значение, особенно в нашем, Донецком промышленном регионе. Реагентные методы, позволяющие осажать тяжелые металлы посредством коагулянтов, ведут к дополнительному загрязнению иловых вод ионами железа или алюминия. Электрохимические методы позволяют безреагентный или малореагентный способ решения указанной проблемы. Проблема состоит в выборе из значительного количества методов и промышленных установок именно тех, которые способны эффективно и относительно недорого решить вышеуказанную проблему очистки при небольших концентрациях (порядка нескольких мг/л) ионов тяжелых металлов.

ЦЕЛИ

Целью данной работы является поиск наиболее подходящих технологий и параметров установок электрохимической очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, в невысоких концентрациях (порядка нескольких мг/л), пригодных для очистки иловых вод от илоуплотнителей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ (ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ)

1. Физико-химические основы электрохимических методов

При погружении в воду электродов и подводе к ним достаточного напряжения начинается процесс переноса электрического тока движущимися к электродам ионами в электролите, которым является вода, и электронами во внешней цепи. Под действием электрического поля положительно заряженные ионы мигрируют к катоду, а отрицательно заряженные ионы – к аноду. На электродах происходит переход электронов. Катод отдает электроны в раствор, и в приэлектродном пространстве происходят процессы восстановления. В прианодном пространстве протекают процессы переноса электронов от реагирующих частиц к электроду – окисление. Классификация электрохимических методов, собранных по разным литературным источникам, пригодных для выделения тяжелых металлов из сточных вод, приведена на рис. 1.

Устройства, в которых проводят те или иные процессы электрохимического воздействия на водные растворы, имеют общее название – электролизеры.



Рисунок 1 – Классификация методов электрохимической очистки сточных вод.

В зависимости от природы основные технологические процессы, протекающие в таких аппаратах и обеспечивающие извлечение или обезвреживание загрязняющих компонентов, подразделяются на **анодное окисление и катодное восстановление, электрокоагуляцию, электрофлотацию, электродиализ.**

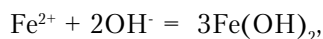
2. Электрокоагуляция и электрофлотация

Метод очистки сточных вод в электролизере с растворимыми электродами называется электрокоагуляцией. Для изготовления анодов используют железо (сталь), алюминий, магний, часто и катоды выполняют из такого же материала, что позволяет повысить ресурс работы аппарата, периодически изменяя полярность электродов (реверс тока). В качестве анода предложено использовать вертикально расположенные перфорированные кассеты из полимерного материала (полипропилена), загруженные отходами металла, например, металлической стружкой, которые добавляют в кассеты по мере ее расходования. Такой анод называют насыпным. Процессы, протекающие в электрокоагуляторах на электродах и в объеме раствора, определяются природой материала электродов, pH раствора и примесей, содержащихся в воде. При наложении электрического поля металлический анод растворяется, на нем выделяются пузырьки кислорода. То есть на аноде: $Me \rightarrow Me^{n+} + ne$; $2H_2O \rightarrow O_2 \uparrow + 4H^+ + 2e$, на катоде: $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 \uparrow + 2OH^-$ (происходит преимущественно разряд молекул воды и выделение водорода).

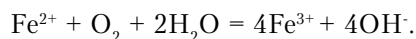
С повышением концентрации взвешенных веществ более 100 мг/л эффективность электрокоагуляции снижается. С уменьшением расстояния между электродами уменьшается расход энергии на анодное растворение металла. Степень использования металла электродов составляет 50–90 % и зависит от конструкции коагулятора, материала анода и состава очищаемой воды. Теоретический расход электроэнергии и плотность тока зависят от материала электродов. Расстояние между электродами не более 20 мм, скорость движения воды между электродами от 0,03 до 0,5 м/с.

Электрокоагулятор обычно представляет собой корпус прямоугольной или цилиндрической формы, в который помещают электродную систему – ряд электродов. Обрабатываемая вода протекает между электродами. Электроды обычно располагаются по вертикали, бывают плоскими и цилиндрическими. С внешней стороны к корпусу крепят две токоподводящие медные шины, которые соединяют с электродами.

В результате растворения стальных анодов вода обогащается ионами железа (II) по реакции (1), которые образуют затем при $pH > 5,5$ гидроксид железа (II):

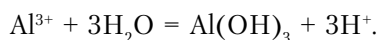


который под действием растворенного в воде кислорода переходит в гидроксид железа (III):



Растворение алюминиевого анода протекает по реакции: $Al - 3e^- = Al^{3+}$ – с последующей гидратацией ионов Al^{3+} : $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3$.

Кроме того, при катодной поляризации алюминия возможно протекание химической реакции взаимодействия алюминия с водой:



В результате осуществляется процесс коагуляции, аналогичный обработке сточной воды соответствующими солями железа или алюминия. Однако по сравнению с реагентным коагулированием при электрохимическом растворении металлов не происходит обогащения воды сульфатами и хлоридами, содержание которых в воде лимитируется как при сбросе в открытые водоемы, так и при повторном использовании в системах промышленного водоснабжения. Основными преимуществами электрокоагуляционного метода по сравнению с реагентными, являются компактность установки, относительная простота ее эксплуатации и резкое сокращение реагентного хозяйства. Недостатком является расход металла (алюминия и железа) и электроэнергии. Теоретически для растворения 1 г железа и 1 г алюминия расходуется соответственно 3 и 12 Вт·ч. Фактический же расход электроэнергии оказывается более высоким вследствие затрат на нагревание воды, поляризацию электродов, преодоление электрического сопротивления оксидных пленок, образующихся на поверхности растворяемых листовых анодов, и т. п. Применение электрокоагуляции предпочтительно при обработке сточных вод, расход которых не превышает 50–80 м³/ч, в условиях нехватки производственных площадей, а также на предприятиях, расположенных в отдаленных районах. Серьезным недостатком пластинчатых электролизеров является необходимость применения анодов из листового металла. Этот недостаток может быть устранен в конструкциях с насыпными электродами, где в качестве анодов применяются металлические стружки или лом. Предложен целый ряд конструкций подобных электрокоагуляторов [Э-ЭУК, Е-91А, ЭПУ (ВПТИЭМП), модуль МОПВ НИТИАП, Нижний Новгород), регенераторы (ЦМИ «Контакт», Пермь)], однако и они не лишены недостатков. Их применение ограничено из-за трудностей, возникающих при регулировании процесса, большого расхода анодного материала и забивки межэлектродного пространства продуктами электрохимического растворения анодов. В настоящее время модернизированные электролизеры работают на заводе «Автогенмаш» в Армении, на кировоканских заводах.

В США разработана конструкция электролизера для извлечения тяжелых металлов, в котором однородный поток мельчайших пузырьков воздуха, направленный к поверхности катода, разрушает примыкающий к катоду диффузионный слой электролита. Это резко улучшает массообмен в электролите и повышает выход по току. Также в США широко используется электролизер, оборудованный биполярными электродами из углеродистой стали. Расход электроэнергии составляет 10 кВт на 1 кг тяжелых металлов. Концентрация вредных примесей тяжелых металлов после очистки их смеси по каждому из них не превышает 0,05 мг/л. С целью интенсификации процесса электрокоагуляции используется конструкция виброэлектрокоагулятора. Применение вибрационных колебаний среднего диапазона частот практически исключает пассивацию электродов, снимает диффузионные ограничения во всем рабочем объеме, облегчает удаление газов и образующихся осадков, выгружаемых периодически через специальный клапан без остановки аппарата.

Электрокоагуляторы со стальными электродами, по мнению разработчиков РХТУ им. Д.И. Менделеева [2], следует применять для очистки сточных вод предприятий различных отраслей промышленности от шестивалентного хрома и других металлов при расходе сточных вод не более 50 м³/ч, концентрации Cr^{6+} до 100 мг/л, исходном общем содержании ионов цветных металлов (цинка, меди,

никеля, кадмия, трехвалентного хрома) до 100 мг/л, при концентрации каждого из ионов металлов до 30 мг/л, минимальном общем солесодержании сточной воды 300 мг/л, концентрации взвешенных веществ до 50 мг/л. Электрокоагуляторы внедрены на ряде предприятий. Разработчики: электрокоагуляционная установка (ЦНТИ, Петропавловск-Камчатский); установка «Лоста» (НИЦ «Потенциал», Ровно); напорный электрокоагулятор «Эко» (трест «Цветводоочистка», Екатеринбург); электрокоагулятор (НИИ «Стрела», Тула); электрокоагулятор (ЦНИИСТ, Севастополь), ОАО «Диод» (Владимир) и др.

Электрокоагуляционная установка на ОАО «Диод» состоит из трехсекционной гальванической ванны, выпрямителя ВАКР-1600-12У4 и промежуточной емкости с двумя насосами для откачки обезвреженных стоков на отстойник. По мере пропускания постоянного тока через сточные воды в электролизной ванне с железными электродами происходит анодное растворение электродов, образующиеся при этом ионы 2-х валентного железа восстанавливают ионы хрома шестивалентного до трехвалентного. Одновременно происходит гидролиз ионов железа и вторичных соединений с образованием нерастворимых гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и др. Процесс является непрерывным, под напряжением 12В и плотности тока 0,50–1,0 А/дм². Фильтрация сточной воды производится на нутч-филт্রে.

При **гальванокоагуляционном методе** железо растворяется гальванохимически за счет разности потенциалов, возникающей при контакте железа с медью или коксом.

Электрофлотаторы разделяют по направлению движения воды и флотирующихся газов на прямо- и противоточные, по расположению электродов – на горизонтальные и вертикальные. Разработчики метода: РХТУ им. Д. И. Менделеева, ОАО «Импульс» (Москва).

Электрофлотатор представляет собой оборудование для очистных сооружений сточных вод гальванических производств. Очищенная вода после электрофлотатора подается на мембранную установку гиперfiltrации для создания оборотного водоснабжения или сбрасывается в систему канализации. Электрофлотатор работает на основе процесса выделения микропузырьков электролитических газов и флотационного эффекта. Электрофлотатор МУОВ-М4 с блоком нерастворимых электродов входит в состав электрофлотационного модуля, который укомплектован системой сбора шлама, источником постоянного тока, вспомогательными емкостями из полипропилена для загрязненной и очищенной воды, насосами Grundfos и дозирующим оборудованием Etatron. Очистка сточных вод от тяжелых металлов: меди, хрома, цинка, никеля, железа, алюминия, кадмия, свинца, нефтепродуктов, сплав и взвешенных веществ производится в непрерывном режиме. Преимущества использования электрофлотационных модулей очевидны:

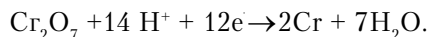
- высокая эффективность извлечения дисперсных веществ (в том числе гидроксидов и фосфатов тяжелых металлов и кальция;
- отсутствие вторичного загрязнения воды благодаря применению нерастворимых электродов ОРТА;
- низкие затраты электроэнергии от 0,5 до 1,0 кВт·ч/м³;
- отсутствие заменяемых материалов (фильтров, сорбентов и пр.);
- простота эксплуатации, автоматический режим работы не требуют ежегодного ремонта и остановок;
- шлам менее влажный (94–96 %), в 3–5 раз легче обезвоживается и может быть использован при изготовлении строительных материалов и/или пигментов для красителей. Степень освоения: оборудование и технология технопарка РХТУ им. Д. И. Менделеева успешно эксплуатируются более чем на 60 промышленных предприятиях России. Осуществлена поставка пилотных установок в США, Канаду, Италию.

3. Электрохимическое окисление и восстановление

Анодное окисление и катодное восстановление составляют основу процесса электролиза, происходящего в электролизере. Электрохимическую обработку целесообразно применять при очистке концентрированных органических и неорганических загрязнений и небольших расходах сточных вод. При этом из воды могут быть удалены ионы тяжелых металлов Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , As^{2+} и др. В процессах электрохимического окисления вещества, находящиеся в сточной воде, полностью распадаются с образованием CO_2 , NH_3 и воды или образуют простые и нетоксичные вещества, которые можно удалить другими методами. При электрохимическом восстановлении на катоде могут быть рекуперированы металлы.

В качестве анодов используют различные электролитически нерастворимые материалы: графит, магнетит, диоксиды свинца, марганца и рутения, которые наносятся на титановую основу. В каче-

стве катодов обычно применяют легированную сталь, сплавы вольфрама с железом или никелем, цинк, свинец. На аноде протекает реакция электрохимического окисления, на катоде идет реакция восстановления. Процесс анодного окисления проходит в электролитических ваннах, разделенных на несколько отсеков, в которых обрабатываемые воды перемешиваются сжатым воздухом. В целях повышения электропроводности сточных вод, снижения расхода электроэнергии и интенсификации процесса окисления в сточные воды добавляют минеральные соли. Катодное восстановление металлов происходит по схеме: $Me^{n+} + ne \rightarrow Me^0$. При этом металлы осаждаются на катоде и могут быть рекуперированы. Реакция восстановления хрома протекает следующим образом:



В последнее время в технологических установках с целью обеззараживания и очистки воды от ряда примесей, в том числе и ионов тяжелых металлов, используется **импульсный электрический разряд (ЭР) в водовоздушной среде** [4]. Этот способ удовлетворяет требованиям экологической безопасности, позволяет существенно снизить энергозатраты и обеспечивает высокое качество обеззараживания и очистки вод от железа, марганца и ряда других примесей. Для извлечения ионов тяжелых металлов используются множественные импульсы ЭР порядка около 109 Вт наносекундной длительности для обработки железной стружки, помещаемой в обрабатываемую воду. Известны исследования с применением множественных ЭР в железной гранулированной загрузке, помещенной в водную среду. Установлено, что под действием энергии ЭР в межконтактных зонах происходит диспергирование металла загрузки и образование наночастиц, обладающих высокой активностью и способностью вступать в реакцию с водой и растворенными в ней примесями.

4. Электродиализ

Процесс очистки сточных вод электродиализом основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Этот процесс широко применяется для опреснения высокоминерализованных сточных вод, но используется и для удаления ионов тяжелых металлов [5].

Электродиализ осуществляется в многокамерных электродиализаторах под действием постоянного электрического тока, направленного перпендикулярно плоскости мембран. В простейшем случае электродиализатор состоит из двух-трех камер, отделенных одна от другой диафрагмами. Обрабатываемая вода поступает в одну из камер, в то время как в других камерах находятся растворы электролитов (кислот, щелочей или солей). Для диафрагм используют инертные пористые природные и синтетические материалы (асбест, стеклоткань, уплотненная хлориновая ткань и др.), а также электрохимически активные. Реакция на катоде: селективные ионитовые мембраны. Одна мембрана – анионитовая, отделяет камеру, где помещают анод, другая – катионитовая, камеру с катодом. Под воздействием постоянного тока катионы, двигаясь в направлении анода, проходят через анионитовые мембраны, но задерживаются катионитовыми. При этом на аноде выделяется кислород и образуется кислота, на катоде выделяется водород и образуется щелочь. По мере прохождения тока концентрация солей в средней камере уменьшается до тех пор, пока не станет близкой к нулю. В случае использования инертных мембран за счет диффузии в среднюю камеру поступают ионы H^+ и OH^- , образуя воду и замедляя процесс переноса ионов соли к соответствующим электродам. Мембраны для электродиализа изготавливают в виде гибких листов прямоугольной формы или рулонов из термопластичного полимерного связующего и порошка ионообменных смол. Катоды и аноды изготавливают из стойких к окислению материалов: платины, магнетита, графита, платинированного титана.

Обычно электродиализаторы для очистки воды состоят из 100–200 камер с чередующимися катионо- и анионо-проницаемыми мембранами. Расстояние между мембранами составляет 1–2 мм. Расход 7 кВт·ч/м при снижении солесодержания с 250 до 5 мг/л. Основной недостаток процесса – концентрационная поляризация, приводящая к осаждению солей на поверхности мембраны и снижающая показатели очистки.

Технологические схемы электродиализаторных установок (ЭДУ) состоят из следующих узлов:

- аппаратов предварительной подготовки воды для очистки от взвешенных и коллоидных частиц;
- собственно электродиализной установки;
- кислотного хозяйства и системы сжатого воздуха;
- фильтров, загруженных активированным углем, бактерицидных установок. Выбор установки осуществляется на основе технико-экономических расчетов. Разработчики: ЦНТИ, ВНИИХТ, НКБ «Импульс» и др.

При попытке использования электродиализных установок для очистки иловой воды от ионов тяжелых металлов следует особенно тщательно предварительно очистить воду от взвешенных веществ (по требованиям для электродиализеров < 5 мг/л).

5. Экспериментальные электрохимические методы НАН Украины

Отдельно стоит остановиться на экспериментальных технологиях электрохимической очистки, приведенных в журнале «Химия и технология воды» НАН Украины за последнее десятилетие.

В статье Гончарук В. В., Дульневой Т. Ю. и др. [19] сообщается о методе, основанном на процессах гальванокоагуляции водных систем при пропускании через смесь материалов с различными электрохимическими потенциалами. Механизм гальванокоагуляции определяется процессами, возникающими во время контактирования воды и воздуха с гальванопарой. Гальванокоагуляция осуществляется в аппарате барабанного типа, вращающегося с угловой скоростью 100 об/мин при общей массе загрузки 750 мг на 1 м³ очищаемой воды. Используется титановая мембрана – катод. Реакция на катоде: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Me}^{2+} + 8\text{OH}^- = \text{MeFe}_2\text{O}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ – с осаждением в виде ферритов. Показатели очистки следующие (табл. 1).

Таблица 1 – Эффективность очистки воды с гальванокоагуляцией

Показатель, мг/дм ³	Исходный, мг/дм ³	После гальванокоагуляции, мг/дм ³
Mn ²⁺	0,39	<0,01
Cu ²⁺	0,07	<0,01
Ni ²⁺	0,09	<0,01
Pb ²⁺	0,13	<0,01
Zn ²⁺	0,13	<0,01

Авторы убеждают в заметной эффективности метода.

В статье [20] речь идет о растворимых стальных электродах (Fe, Al, Al-Fe) и гетерогенном комплексном катализаторе (ГМК) в виде крошки шпинели, размещенном в междуэлектродном пространстве, через которое фильтруется вода. Образуется осадок гидроксида трехвалентного кобальта: $2\text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow (\text{катализатор}) \rightarrow 2\text{CoO}(\text{OH}) \downarrow + 2\text{H}^+$ и гидроксид трехвалентного железа. Другие предлагаемые ГМК: АК-2 (на основе Fe₃O₄, CuFe₂O₄); АК-1 (Fe₃O₄, CuFeO₄); АК-67 (Fe₃O₄, FeAlO₄). Время отстаивания – 60–70 мин. Остаточная концентрация по кобальту 0,2–0,5 мг/м³. Кобальт хорошо адсорбируется на окислах Fe(OH)₃. Расход воды – 2 м³/ч, расход воздуха – 6–8 дм³/м³, объем катализатора – 0,061 м³, плотность тока $i = 33,3 \text{ А/м}^2$, Сила тока I=64 А, расстояние между электродами – 32 мм, площадь поверхности анода – 2 м², мощность – 4 кВт, расход железа – 121 кг/год.

В статье [21] представлена разработанная технология очистки сточных вод ОАО «Саянхимпром» (г. Саянск) путем сорбции на электролитически полученном Fe(OH)₃-п. Рекомендованы высокоактивные гетерогенные металлокомплексные катализаторы на керамической основе (крошка шпинели). В систему с электродами (сталь) подается напряжение постоянного тока от выпрямителя. Также подается и воздух. В результате скорость обычного процесса электрокоагуляции ионов ртути на Fe(OH)₃ возрастает в 15–20 раз. Степень очистки воды от ионов ртути (при исходной концентрации 0,05 мг/дм³) – 100 %.

По результатам литературного обзора составлена сводная таблица возможных методов удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод, в принципе, пригодных для иловой воды (табл. 2) с основными параметрами происходящих процессов.

ВЫВОДЫ

На основании изучения большого количества литературных источников отечественного и иностранного происхождения по проблеме удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод выявлены наиболее приемлемые технологии и установки, способные к работе в условиях очистки иловых вод от илоуплотнителей. Эти воды характеризуются небольшими концентрациями ионов тяжелых металлов, не позволяющих их удалить восстановлением и выделением в виде металлов. В то же время эти небольшие концентрации в несколько раз превышают ПДК тяжелых металлов и нуждаются в обязательном извлечении до выпуска в водоемы.

Таблица 2 – Электрохимические методы удаления тяжелых металлов из сточных вод

№ п. п.	Исходная конц. тяж. мет., мг/л	Конеч. конц. тяж. мет. мг/л или эффект удаления, %	Параметры работы установок			Лит. источник, примечания
			Плот. тока А/м ²	Напряжение электродов, В	Материал электрода, срок службы	
Электрокоагуляция						
1	Cr ⁶⁺ – до 100, всех – до 300 опт. 20	100 %	80	4–12; железо; энергозатраты: 1,0–1,5 кВт·ч/м ³	Железо; расст. между электродами от 10 до 20 мм; служат 5–10 дней	http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/GIDRA/V_O_S_V/METHOD/KOROBKO/UP3.htm <i>До 50–100 м³/ч сточных вод, взв в-в до 50 мг/л</i>
Электрокоагуляция плюс флотация						
2	–, –, опт. 20 мг/л	0,010–0,001	от 10 до 200	6–12	Железо	[17], электрокоагуляция плюс флотация и аэрация до образования ферридов
Электрофлотация						
3	до 100	до 0,01	200–260	энергозатраты 0,1–0,5 кВт·ч/м ³	титан, н/ж сталь; служат 10 лет	Российский химико- Технологический университет им. Д. И. Менделеева http://www.advtech.ru/rhtu/nir5/index.php?p=16 <i>Производительность 4 м³/ч; (до 1000 единиц ХПК, не менее 20 % хлористых солей, не более 75 % гидрокарбонатов и сульфатов)</i>
Импульсный электрический разряд на железный фильтр						
4	до 100	Существенно снижает энерго затраты и повышает эффект гальва- нокоа- гуляции		30 сек обработки – весь процесс: мощность 109 Вт – единовременно	железные стружки; на удаление 1 кг хрома идет 10 кг железа	[4], на удаление 1 кг хрома идет 10 кг железа.
Гальванокоагуляция						
5	10,0–0,1	95–97 %	–	–	железо (+) медь или кокс(–)	[22]
Электролиз						
6	высокие концентра- ции стоков цв. мет. пром. (около 100 мг/л тяж. мет.)	тяж. мет. выше ПДК при малых конц.	–	7 кВт·ч/м ²	вольфрам, никель на титановой основе; расстояние между пластинами 1–2 мм	[23], требует ≤ 0,5 мг/л взвешенных в-в на входе. не экономичен для разбавл. стоков. Снижение общего содержания от 250 до 5 мг/л
Катодное восстановление металла						
7	до 1000	100 %	250 А/м ²	0, 12 кВт·ч/м ³	угольно- сернистый порошок	То же. <i>Приводит к осаждению ионов меди, свинца, кадмия, хрома в виде сульфидов или бисульфидов.</i>
Ионная флотация						
8	1,1·10 ^{–3} –10 ^{–2}	100 %	–	–	–	То же. <i>Флотация ионов W, V, Pt, Mo пузырьками</i>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Селицкий, Г. А. Методика расчета технологических параметров электрокоагуляционного способа очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов [Текст] / Г. А. Селицкий // Водоснабжение и канализация. 2009. – № 4. – С. 72–78.
- Электрокоагулятор (Коагуляция) [Электронный ресурс] // Технопарк Российского Химико-Технологического Университета им. Д. И. Менделеева. – Режим доступа : <http://enviropark.ru/course/info.php?id=68>.
- Hills, M. R. Methodes electrolytiques pour le traitement des eaux usées [Текст] / Hills M. R. // Gerres et laux. – 1970. – Vol 64. – P. 8.
- Даниленко, Н. Б. Исследование процессов извлечения из раствора ионов тяжелых металлов при действии импульсных электрических разрядов на металлическую загрузку [Электронный ресурс] / Н. Б. Даниленко, Н. А. Яворовский, Г. Г. Савельев // Водоотведение и очистка стоков. – Режим доступа : http://2010.sibico.com/abstracts/2006/Sect_06-1_Rus_Abstracts.pdf?PHPSESSID=e5c6c16afa4ca5fd008fe4971e589496.
- Ветошкин, А. Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) : учебное пособие [Текст] / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева ; [под ред. д. техн. наук, проф., акад. МАНЭБ и АТП РФ А. Г. Ветошкина. – Пенза : изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – 312 с.
- Очистка воды электрокоагуляцией [Текст] / Л. А. Кульский, П. П. Строкач, В. А. Слипченко, Е. И. Сайгак. – К. : Будівельник, 1978. – 315 с.

7. Селицкий, Г. А. Очистка сточных вод от хрома методом электрокоагуляционного восстановления [Текст] / Г. А. Селицкий, В. С. Генкин, Н. С. Рогозина. – М. : [б. и.], 1988. – 225 с.
8. Селицкий, Г. А. Применение метода электрокоагуляционного восстановления для обезвреживания хромосодержащих сточных вод [Текст] / Г. А. Селицкий // Очистка и повторное использование сточных вод на Урале : сб. – Свердловск, 1968. – С. 22–41.
9. Бабенко, Е. Д. Закономерности работы электрокоагулятора с биполярными электродами [Текст] / Е. Д. Бабенко, М. Х. Грехова // Методы очистки и контроль качества воды на железнодорожном транспорте / ЦНИИМП. – М., 1972. – Вып. 468. – С. 45–55.
10. Арчанова, Г. А. Применение электрокоагуляции для очистки хромосодержащих стоков [Текст] / Г. А. Арчанова // Проблемы использования и охраны водных ресурсов. – Минск : Наука и техника, 1972. – С. 93–97.
11. Временные рекомендации по электрохимической очистке промышленных сточных вод от шестивалентного хрома с использованием стальных электродов [Текст] / ВОДГЕО. – М. : [б. и.], 1977. – 30 с.
12. Сметанич, А. Д. Электрохимическая обработка разбавленных хромосодержащих сточных вод [Текст] / А. Д. Сметанич, В. Ф. Андрианов // Очистка сточных вод предприятий машиностроительной промышленности : сб. М., 1977. – Вып. 70. – С. 80–85.
13. Гнусин, Н. П. Влияние некоторых факторов на процесс электрокоагуляции цинкосодержащих растворов [Текст] / Н. П. Гнусин, Н. В. Витульская, Л. И. Заболоцкая // Рациональное водопользование и современные методы очистки сточных вод гальванических цехов : сб. – К., 1978. – С. 20–21.
14. Применение процесса электрокоагуляции в технологии очистки металлосодержащих промышленных стоков [Текст] / А. Ш. Мамаков, А. И. Кушнир, Р. В. Дронин [и др.] // Электронная обработка материалов : сб. / ВОДГЕО. – М. : Стройиздат, 1977. – С. 4.
15. Кобякова, Н. И. О возможности электрохимической очистки производственных сточных вод, содержащих одновременно соединения шестивалентного хрома и соли тяжелых металлов [Текст] / Н. И. Кобякова, В. Е. Генкин, В. Н. Жаворонкова // Труды института ВОДГЕО. – 1978. – Вып. 71. – С. 28.
16. Селицкий, Г. А. Опыт применения электрокоагуляции для очистки сточных вод от шестивалентного хрома [Текст] / Г. А. Селицкий, Н. П. Антропов // Очистка сточных и оборотных вод предприятий цветной металлургии : сб. / Каз. механ. обр. ин-т. – Алма-Ата, 1975. – № 15. – С. 12–13.
17. Сучано, Идзуру. Извлечение тяжелых металлов из сточных вод ферридами [Текст] / Идзуру Сучано, Сабуро Хаяси // РРМ. – 1976. – № 2. – С. 61–72.
18. Сакуран, Хидэ. Электрохимическая очистка сточных вод от тяжелых металлов [Текст] / Сакуран Хидэ // РРМ. – 1978. – № 9. – С. 51–60.
19. Гончарук, И. И. Очистка воды от гидроксокомплексов тяжелых металлов электромикрофильтрацией при помощи неорганических мембран [Текст] / И. И. Гончарук, Т. Ю. Дульнева, Д. Д. Кучерук // Химия и технология воды : Международный научно-технический журнал. – 2010. – Т. 32, № 2. – С. 173–182.
20. Технология электрокоагуляционной каталитической очистки сточных вод, содержащих кобальт [Текст] / А. Ю. Кочетков, Н. А. Коваленко, Р. П. Кочеткова [и др.] // Химия и технология воды : Международный научно-технический журнал. – 2007. – Т. 27, № 1. – С. 69–75.
21. Швидкий, В. Д. Электрокоагуляционно и адсорбционно-каталитические технологии очистки сточных вод от ртути и других загрязняющих веществ [Текст] / В. Д. Швидкий, Ю. Г. Шимко, Е. А. Паршина // Химия и технология воды : Международный научно-технический журнал. – 2007. – Т. № 27, № 3. – С. 307–310.
22. Чантурия, В. А. Гальванохимические методы очистки техногенных вод [Текст] : теория и практика / В. А. Чантурия, П. М. Соложенкин. – М. : Академкнига, 2005. – 204 с. : ил. – Библиогр.: 172 назв. – ISBN 5–94628–196–8.
23. Электрохимические методы очистки [Электронный ресурс] // Промышленная экология : Сайт посвящен промышленной и природной экологии. А также природным катаклизмам. – Режим доступа : <http://prom-ecologi.ru/?p=61>.

Получено 03.10.2011

О. Й. БАЛІНЧЕНКО

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ, ПРОПОНОВАНІ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МУЛО-ВОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У цій статті зроблено літературний огляд найперспективніших – електрохімічних методів очищення стічних вод від іонів важких металів, придатних для очищення стічних вод, що утворюються в каналізаційних спорудах – мулоушільнювачах – в результаті ущільнення осадів. Ці опади, одержані від промислових стічних вод або від господарсько-побутових з великим відсотком промислових, містять кількості іонів важких металів, що перевищують ГДК (гранично допустимі концентрації), які дозволені до скидання у водоймища. Виділення металів з таких вод, на жаль, неможливе. Наведені результати досліджень і промислового застосування технологій видалення мулистий води мулоушільнювачів невеликих концентрацій іонів важких металів: Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , As^{2+} . Визначені тенденції

хімічних процесів, що відбуваються, наведені порівняльні оцінки ефективності і складена узагальнена таблиця найперспективніших варіантів електрохімічного позбавлення води від важких металів. **електрохімічні методи очищення, електрокоагуляція і електрофлотація, електрофлотатор, гальванокоагуляційний метод, електродіаліз, електрохімічне окислення і відновлення**

OKSANA BALYNCHENKO

ELECTROCHEMICAL METHODS OF SLUDGE WATER TREATMENT FROM
HEAVY METALS IONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The extensive literature on the most perspective electrochemical methods of sewage treatment from the heavy metals ions forming in sewage purification plants – sludge thickeners – in the result of sedimentary compaction has been reviewed in the paper. The sediments precipitated from industrial waste water or sewage with great part of industrial waste water contain heavy metals ions quantity exceeding MPC (maximum permissible concentration) permitting to discharge into water reservoirs. Unfortunately, metal winning from such kinds of water is impossible. The findings of investigations and industrial application of the removal processes from sludge of small concentration of heavy metals ions Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , As^{2+} by sludge thickeners have been given. The trends of occurring chemical processes have been determinated, comparative estimates of efficiency have been revealed and the generalized table of the most promising versions of water elimination from heavy metals has been set up.

electrochemical methods of treatment, electrocoagulation and electroflotation, electrocoagulator, elektroflotator, galvanic and coagulative method, electrodialysis, electrochemical oxidation and reduction

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.

Oksana Balynchenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Water Supply, Sewage and Storm Water Disposal and Water Conservation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: corrosion and water supply system protection, scaling screen of pipelines, electrochemical methods of water treatment and purification.

УДК 628.1

А. С. ТРЯКИНА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ

Изучено состояние поверхностных вод Украины, которые используются для питьевых целей. Описано изменение химического состава воды поверхностных источников. Рассмотрена зависимость качества очищенной воды от содержания органических веществ (как природных, так и антропогенных) в поверхностных водах.

поверхностные воды, качество воды, органические вещества, антропогенное воздействие

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Питьевое водоснабжение страны на 80 % обеспечивается поверхностными водами, которые неравномерно распределены по территории страны. Потенциальные запасы поверхностных вод Украины оцениваются около 209,3 км³ в год, из которых лишь 25 % формируется на территории государства. Основные источники пресной воды на территории Украины – воды рек Днепра, Десны, Днестра, Южного Буга, Северского Донца, Дуная с притоками, а также малых рек северного побережья Черного и Азовского морей [1].

Работа выполнена в поддержку Общегосударственной программы «Питна вода України» на 2006–2020 годы, которая направлена на реализацию государственной политики относительно обеспечения населения качественной питьевой водой в соответствии с Законом Украины «О питьевой воде и питьевом водоснабжении». Обеспечение населения Украины питьевой водой является для многих регионов страны одной из приоритетных проблем, решение которой необходимо для сохранения здоровья, улучшения условий деятельности и повышения уровня жизни населения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В химическом составе речных вод Украины наблюдается четкая гидрохимическая зональность, которая прослеживается от северо-западных до юго-восточных ее границ. Гидрохимическая зональность существует независимо от направления течения рек и хорошо соответствует физико-географическим зонам. Среднегодовая минерализация речной воды в этом направлении возрастает от 200–300 мг/дм³ в Украинском Полесье и до 3000 мг/дм³ и более в реках Приазовья. Зональность распределения химических типов рек Украины объясняется зональностью распределения концентрации в воде главных ионов. Наиболее низкие концентрации (HCO_3^-) в воде рек отмечены в зоне смешанных лесов (75–284 мг/дм³), в лесостепной зоне они возрастают до 287–403 мг/дм³, а в степной снижаются до 219–353 мг/дм³. Концентрация сульфатного иона повышается в направлении от зоны смешанных лесов (21–33 мг/дм³) и лесостепи (23–75 мг/дм³) к степной зоне (41–1531 мг/дм³). Концентрация хлоридного иона в зоне смешанных лесов колеблется в пределах 9–26 мг/дм³, в лесостепи и степной зоне – соответственно 21–33 и 144–473 мг/дм³. Концентрация в речных водах ионов кальция увеличивается в направлении на юг и юго-восток страны. В зоне смешанных лесов она изменяется от 24 до 83, в лесостепной – от 53 до 81, а в степной – от 16 до 444 мг/дм³. Для ионов Mg^{2+} проявляется более выразительная в сравнении с кальцием закономерность в росте концентрации в речной воде от зоны смешанных лесов (6–18 мг/дм³) к лесостепной (19–28 мг/дм³) и особенно к степной (35–172 мг/дм³). Изучая распределение щелочных металлов в речных водах Украины, необходимо

© А. С. Трякина, 2011

отметить резкое повышение их концентрации в степной зоне. Если в зоне смешанных лесов сумма Na^+ и K^+ составляет 10–16, а в лесостепной 21–44, то в степной она возрастает до 35–292 мг/дм³ [2].

Обобщение данных, полученных на основе наблюдений Госгидромета Украины за период 1990–2009 гг., свидетельствует о значительном уменьшении содержания в поверхностных водах Украины многих загрязняющих веществ, среди которых наибольшие изменения затронули биогенные элементы, органические вещества, тяжелые металлы. Концентрации указанных ингредиентов за исследуемый период уменьшились почти вдвое, что привело к улучшению некоторых показателей качества воды. Причиной изменения качества воды стал спад промышленного производства, который привел к уменьшению энергопотребления и снижению объемов сбросов сточных вод. Важным интегральным показателем, который отображает общий уровень техногенного воздействия на окружающую среду, является суммарный выброс парниковых газов (ПГ), величина которого уменьшилась с 892 млн. экв. в 1990 г. до 381 млн. в 2006 г. Уменьшение количества загрязняющих веществ в атмосферном воздухе привело к снижению в атмосферных осадках содержания биогенных элементов и отдельных основных ионов. В 1990 г. в поверхностные воды с атмосферными осадками поступило 11 380 тыс. т основных ионов и 1 657 тыс. т азота минерального, а в 2008 г. эти величины соответственно составляли 6 754 тыс. т и 747 тыс. т. Количественные показатели химических компонентов атмосферных осадков тесно связаны с выбросами соответствующих ПГ. Также выявлено тесную линейную зависимость концентраций сульфатных ионов и органических веществ в разных речных бассейнах Украины с объемами сбросов сточных вод [3].

Целью предложенной работы является анализ качества воды из поверхностных источников Украины, которые используются для питьевых целей.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ.

Результаты мониторинга качества воды, который осуществляется санитарно-эпидемиологической службой, свидетельствуют, что, все-таки, несмотря на значительный спад промышленного производства на протяжении последних лет и связанного с ним уменьшения сброса в водоемы сточных вод, состояние водных объектов существенно не улучшилось. Качество воды и полноводье больших рек Украины зависят от состояния их притоков – малых рек, которых насчитывается свыше 63 тысяч. Состояние малых рек вызывает сегодня большую тревогу, более 20 тысяч из них уже исчезло с карты нашего государства вследствие деградации и высыхания. Одной из основных причин загрязнения и деградации поверхностных вод является неудовлетворительное состояние очистных канализационных сооружений промышленных и коммунально-бытовых предприятий, в результате чего в водные объекты сбрасываются неочищенные или недостаточно очищенные стоки (табл. 1–2).

Органический состав естественных вод формируется при участии грунтового и торфяного гумуса, планктона, высшей водной растительности, животных организмов, а также органических веществ, которые попадают в водохранилища вследствие технической деятельности человека. При разложении высшей водной растительности в воду попадают углеводы, органические кислоты, дубильные вещества, лигнин, гемицеллюлоза, смолы. В процессе жизнедеятельности водорослей в воде появляются эфирные масла, углеводы, аминокислоты, жирные кислоты, липоиды, щавелевая,

Таблица 1 – Удельные нормы содержания веществ в неочищенных хозяйственно-бытовых водах (из расчета на одного жителя) [4]

Показатели	Количество вещества, г/сут.
Взвешенные вещества	65,0
БПК ₅	54,0
БПК ₂₀	75,0
СПАВ	2,5
Азот аммонийный	8,0
Фосфаты	3,3
Хлориды	9,0
Сульфаты	4,4
Калий	3,0

Таблица 2 – Ориентировочный состав городских сточных вод [4]

Показатели	Содержание, г/м ³		
	до очистки	механическая очистка	биологическая очистка
Минеральный состав	800	680	530
Взвешенные вещества	250	120	12
Азот аммонийный	30	30	15
Азот общий	45	35	25
Фосфаты	15	15	12
Хлориды	35	35	34
ПАВ	10	9	4
БПК _{полн}	280	150	15
БПК ₅	200	135	10

лимонная, винная и янтарная кислоты, альдегиды. Планктоны при разложении обогащают воду минеральными соединениями, растворимыми формами белка, дисахаридами, органическими кислотами, пектиновыми веществами. Присутствие в воде этих соединений ухудшает ее органические свойства – запах, вкус, цветность. До этого времени не найдено довольно эффективного и экономичного средства борьбы с эвтрофированием водохранилищ. Наиболее распространенным методом является их защита от загрязнения сточными водами и введение экологических норм для источников.

Одна из центральных проблем современных технологий подготовки питьевой воды обусловлена необходимостью надежного обеззараживания воды, которая приводит к появлению в ней побочных продуктов, качественный и количественный состав которых определяется типом дезинфектанта и уровнем содержания органических веществ в обеззараживаемой воде. Все это в значительной мере определяет качество питьевой воды.

В практике водоочистки наиболее широко применяется дезинфектант – хлор и его производные, а также озон и ультрафиолет. Наиболее распространенным среди них считается хлорирование. Это связано с тем, что хлор сравнительно недорогой, не вызывает больших трудностей при использовании, имеет широкий спектр антимикробного действия. Но главное преимущество хлора перед другими дезинфектантами заключается в наличии эффекта последствия, благодаря чему вода остается обеззараженной в процессе ее транспортирования по трубопроводам на большое расстояние. Тем не менее намечается тенденция к снижению его потребления, особенно в Нидерландах, Германии и Дании.

Следует отметить, что традиционные технологии водоподготовки не способны обеспечить глубокую очистку воды от органических веществ. Около 30 % общего органического углерода остается после такой обработки в воде. Даже при оптимальных условиях проведения коагуляционных процессов из воды удастся удалить не более 40 % биоразлагаемых органических веществ. Снижение экологической безопасности наблюдается и при обеззараживании воды. Сложность состава, наличие в воде органических веществ, которые реагируют с хлором, является причиной образования галогенных побочных продуктов дезинфекции. При обработке питьевой воды озоном образуются негалогенные побочные продукты, за исключением дибромацетонитрила при повышенном уровне брома в воде.

Все химические дезинфектанты определенной мерой образуют побочные продукты, состав которых отличается в зависимости от типа дезинфектанта. В таблице 3 приведены примеры побочных продуктов, которые образуются при разных способах обеззараживания воды.

Таким образом, хлор и его препараты наиболее целесообразнее использовать для транспортирования уже очищенной (главное от органических соединений) питьевой воды с невысокими остаточными концентрациями хлора (0,3–0,5 мг/дм³). Как показал опыт ряда стран (Япония, Швеция, Великобритания, Германия, Дания и др.), в процессе очищения и обеззараживания воды до этапа транспортирования по трубопроводам намечается тенденция к использованию диоксида хлора, озона и ультрафиолетового излучения.

ВЫВОДЫ

Поверхностные воды рек, каналов, озер, водохранилищ подвергаются загрязнению в результате влияния как естественных факторов, так и антропогенных. К естественным факторам относятся

Таблица 3 – Химические дезинфектанты и основные побочные продукты, которые образуются при обеззараживании воды

Дезинфектант	Основные побочные продукты обеззараживания
Газообразный хлор	ТГМ и другие галогенорганические вещества
Гипохлорит	То же, а также броматы, хлораты
Диоксид хлора	Хлориты, хлораты
Озон	Оксиорганические соединения, броматы
Хлорамин	Нитриты, цианоген хлорид

биологические и геохимические процессы в водной среде, естественные катаклизмы. Антропогенное загрязнение источников водоснабжения связано со сбросом недостаточно очищенных сточных вод, ливневым стоком с урбанизированных территорий и сельхозугодий и др. В результате этих процессов значительно увеличилось содержание органических веществ в поверхностных водах, что приводит к вторичному загрязнению очищенной воды побочными продуктами дезинфекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябцев, В. Е. Про якість питної води та стан безпеки водних ресурсів України [Текст] / В. Е. Рябцев, Ю. Л. Коваленко, Л. О. Тарасенко // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : Наук.-техн. зб. Вип. 5 / КНУБА ; Голов. ред. О. Я. Олійник. – К. : КНУБА, 2005. – С. 414.
2. Гончарук, В. В. Концепция выбора перечня показателей и их нормативных значений для определения гигиенических требований и контроля за качеством питьевой воды в Украине [Текст] / В. В. Гончарук // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 4. – С. 297–356. – ISSN 0204–3556.
3. Осадчий, В. І. Хімічний склад та якість поверхневих вод України [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук : спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / Володимир Іванович Осадчий. – К., 2008. – 23 с.
4. Стольберг, Ф. В. Экология города : Учебник для вузов [Текст] / Ф. В. Стольберг. – К. : Либра, 2000. – 464 с.
5. Насонкіна, Н. Г. Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Надія Геннадіївна Насонкіна. – Донецьк, 2006. – 29 с.

Получено 19.09.2011

А. С. ТРЯКИНА

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПИТНИХ ПОТРЕБ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Вивчено стан поверхневих вод в Україні, які використовуються для питних потреб. Описано зміну хімічного складу води поверхневих джерел. Розглянуто залежність якості очищеної води від вмісту органічних речовин (як природних, так і антропогенних) в поверхневих водах.
поверхневі води, якість води, органічні речовини, антропогенний вплив

ALENA TRYAKINA

QUALITATIVE ANALYSIS OF SURFACE WATER USED FOR DRINKING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The condition of surface water for drinking in Ukraine has been studied. The chemical composition modification of water of surface sources has been outlined. Qualitative dependence of purified water on the content of organic substances (both natural and anthropogenic) has been considered.
surface water, water quality, organic substances, anthropogenic effect

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.

Alena Tryakina – MPhil, a teaching fellow of the Municipal Facilities and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: purification of natural water.

УДК 628.384.002.8+519.87

В. И. НЕЗДОЙМИНОВ, О. А. ЧЕРНЫШЕВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Представлена математическая модель процесса распределения тяжелых металлов в почве для различных сельскохозяйственных культур в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания. Составлена программа для расчета содержания тяжелых металлов в почве в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания.

ОГСВ-осадки городских сточных вод, ТМ-тяжелые металлы, экстраполяция, интерполяция

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проведен анализ работы канализационных очистных сооружений городов Донецкой области. В условиях полевого опыта изучалось влияние осадков городских сточных вод на агрохимические показатели почвы, урожайность и качество сельскохозяйственных культур, а также срок использования ОГСВ в качестве удобрения. В течение трех лет проводились исследования по определению предельно допустимой концентрации ионов ТМ при внесении сухого осадка под различные сельскохозяйственные культуры, изучалась миграция ТМ в системе почва – растение. Одновременно изучалось влияние сухого осадка на физико-химические и агрохимические свойства почвы, мелиоративное состояние почвы, опытное поле находится на балансе ПУВКХ г. Селидово.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Работа является продолжением серий публикаций автора по исследованию проблем утилизации осадков городских сточных вод [6–9].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать математическую модель распределения тяжелых металлов в почве в зависимости от сельскохозяйственных культур на примере картофеля в условиях Донецкого региона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Предлагается новый метод описания этих экспериментальных данных в виде модели процесса распределения тяжелых металлов в почве в зависимости от сельскохозяйственных культур.

В случае, когда эксперимент требует большого промежутка времени или, когда он требует больших затрат, количество экспериментов (точек) для исследования явления или процесса ограничено – можно рекомендовать аналитический метод [4].

При снятии параметров одиночных экспериментов точность измерений задается техническими возможностями, а для исследований значения принимаются как точные (без погрешностей). В этом случае можно предложить следующее его аналитическое описание. Каждый эксперимент

отображается точкой арифметического пространства. В зависимости от количества точек и вида процесса или явления, проводят через них линию или поверхность. Непрерывный геометрический образ дает возможность, часто с достаточной для практики точностью, без дополнительных экспериментов дать значения процесса внутри области (интерполяция) и вблизи предсказать будущее (экстраполяция).

Грубое линейное описание возможно по двум точкам. Более точное, часто удовлетворительное, получают по трем точкам (кривая по касательным дает некоторое представление о скорости изменения процесса). Если есть четыре точки, то по трем описывают процесс, а четвертая позволяет проверить точность полученного описания (числовой модели) процесса.

Экспериментально подтверждается, что в трехмерном пространстве большое значение имеет квадратичность и симметрия. Исходя из этого, можно считать, что три точки определяют аффинную параболу (рис. 1) [4].

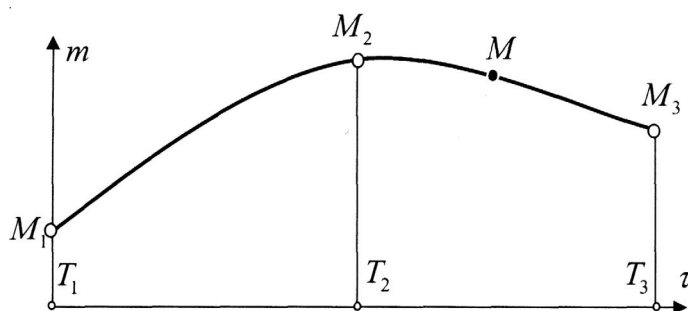


Рисунок 1 – Теоретические основы интерполяции дуги M кривой, заданной точками M_1, M_2, M_3 .

Создание одномерного процесса:

1. Изображаем отдельный экспериментальный замер точкой $M_i(m_i, \tau_i)$, где τ_i – время замера, m_i – количественная величина замера.
2. Отображаем точками весь временной интервал. Получаем дискретную кривую – ДПК исследуемого процесса.
3. Предполагаем, что процесс протекал непрерывно без катастрофических изменений исследуемого явления. Геометрически это означает, что кривая процесса не допускает непредвиденных осечек.
4. Производим параболическую интерполяцию кривой по заданным точкам.
5. Полученную дугу кривой исследуем на особенности известными из математики методами (экстремумы, определяем скорость протекания процесса, и т. п.).

ПАРАБОЛИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ПРОЦЕССА ПО ТРЕМ ЗАДАНЫМ ТОЧКАМ

Пусть требуется произвести непрерывную интерполяцию трехгодичного (трехточечного эксперимента). Используем параболу второго порядка в точечном представлении [1], проходящую через три точки M_1, M_2, M_3 (рис. 1):

$$M = (M_1 - M_2)(1-t)(1-2t) + (M_3 - M_2)t(2t-1) + M_2, \text{ где } 0 \leq t \leq 1. \quad (1)$$

Данное уравнение при изменении параметра t от нуля до единицы задает дугу $M_1M_2M_3$ в точечной форме

$$t = 0 \rightarrow M \equiv M_1, \quad t = \frac{1}{2} \rightarrow M \equiv M_2, \quad t = 1 \rightarrow M \equiv M_3. \quad (2)$$

Для перехода от точечной к координатной форме описания процесса необходимо текущую точку M дуги задать по координатам: $M(\tau, m)$, где τ – время протекания процесса, а m – числовая характеристика вещества, соответствующего этому времени.

Если в точечное уравнение вместо заданных точек подставим координаты, то непрерывный процесс получим в параметрической форме

$$\begin{cases} \tau = (\tau_1 - \tau_2)(1-t)(1-2t) + (\tau_3 - \tau_2)t(2t-1) + \tau_2 \\ m = (m_1 - m_2)(1-t)(1-2t) + (m_3 - m_2)t(2t-1) + m_2 \end{cases}, \quad 0 \leq t \leq 1. \quad (3)$$

Рассмотрим более подробно ту составляющую уравнения (3), которая отвечает за содержание вещества (т. е. тяжелых металлов) в почве для различных сельскохозяйственных культур. Преобразуем это уравнение в следующий вид:

$$m = (m_1 - m_2)(2t^2 - 3t + 1) + (m_3 - m_2)(2t^2 - t) + m_2, \quad 0 \leq t \leq 1. \quad (4)$$

Представим уравнение (4) в виде квадратного уравнения параметра t . После преобразований получим:

$$m = 2(m_1 - 2m_2 + m_3)t^2 - (3m_1 - 4m_2 + m_3)t + m_1, \quad 0 \leq t \leq 1. \quad (5)$$

Найдём минимум этой функции, для этого определим производную функции вещества m по параметру t

$$m'(t) = 4(m_1 - 2m_2 + m_3)t - (3m_1 - 4m_2 + m_3) = 0;$$

$$t_{\min} = \frac{3m_1 - 4m_2 + m_3}{4(m_1 - 2m_2 + m_3)}. \quad (6)$$

В качестве примера рассмотрим минимальное содержание Zn в картофеле на слое 0–20. Экспериментальные данные для этой культуры имеют следующий вид: $m_1 = 3\,870 \text{ г/м}^2$, $m_2 = 4\,000 \text{ г/м}^2$, $m_3 = 10\,000 \text{ г/м}^2$. Подставив эти значения в выражение (6), получим значение параметра $t_{\min} \approx 0,24$, которое соответствует минимальному содержанию Zn в картофеле на слое 0–20.

Подставив полученное значение параметра в уравнение (5) получим минимальное содержание вещества Zn в картофеле на слое 0–20: $m_{\min} \approx 3\,200 \text{ г/м}^2$. Воспользуемся табличным процессором *MS Excel* при определении минимального содержания некоторых тяжёлых металлов для сельскохозяйственных культур на различной глубине. Рассмотрим минимальное содержание тяжелых металлов в почве на примере картофеля. Результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Минимальное содержание некоторых тяжёлых металлов для различных культур в слоях почвы

Культура	Тяжелый металл	Слой почвы	Содержание тяжёлых металлов, г/м ²			Минимальное значение параметра t	Минимальное содержание вещества, г/м ²
			в 2001 г.	в 2002 г.	в 2003 г.		
Картофель	Zn	0–20	3870	4000	10000	0,24	3200
		20–40	4500	4800	8600	0,21	4200
	Pb	0–20	513	550	1380	0,23	432
		20–40	621	670	1140	0,19	590
	Cu	0–20	531	590	1400	0,21	464
		20–40	630	690	1180	0,18	602
	Cd	0–20	198	22	50	0,68	9
		20–40	22,5	25	44	0,17	21
		20–40	25	50	53	0,81	54,45

Также на основании выражения (5) можно спрогнозировать содержание тяжёлых металлов при условии сохранения динамики роста содержания тяжёлых металлов, которую можно наблюдать в период с 2001 по 2003 г. для картофеля. Исходя из этих соображений целесообразно делать прогноз не более чем на ближайшие 2 года. Прогнозируемое содержание тяжёлых металлов для различных культур в слоях почвы сведено в таблицу 2.

Таблица 2 – Прогнозируемое содержание тяжёлых металлов

Культура	Тяжелый металл	Слой почвы	Существующее содержание тяжёлых металлов, г/м ²			Прогнозируемое содержание тяжёлых металлов, г/м ²	
			в 2001 г.	в 2002 г.	в 2003 г.	в 2004 г.	в 2005 г.
Картофель	Zn	0–20	3870	4000	10000	21870	39610
		20–40	4500	4800	8600	15900	26700
	Pb	0–20	513	550	1380	3003	5419
		20–40	621	670	1140	2031	3343
	Cu	0–20	531	590	1400	2961	5273
		20–40	630	690	1180	2100	3450
	Cd	0–20	198	22	50	282	718
		20–40	22,5	25	44	80	131,5
		20–40	4500	4800	8600	15900	26700

Представленные выше результаты исследований и их математическая обработка справедливы для слоёв почвы 0–20 и 20–40. Это распределение подразумевает, что содержание тяжёлых металлов в определённом слое не зависит от глубины слоя и в каждом слое считается одинаковым. Это упрощение было принято для облегчения обработки полученных в результате эксперимента, данных и более или менее удовлетворяет необходимой на практике точности расчётов. Однако математический аппарат точечного исчисления [2, 3] позволяет полностью описать представленный процесс без всяких упрощений, что увеличивает точность расчётов и адекватность математической модели представленного процесса.

В соответствии с диаграммами [5] можно предположить, что содержание тяжёлых металлов в почве в зависимости от глубины залегания (заложения) изменяется равномерно. Тогда процесс распределения тяжёлых металлов можно представить в виде линейчатой поверхности с параболлами второго порядка (проходящими через заданные точки M_1, M_2, M_3) в качестве опорных дуг этой поверхности (рис. 2).

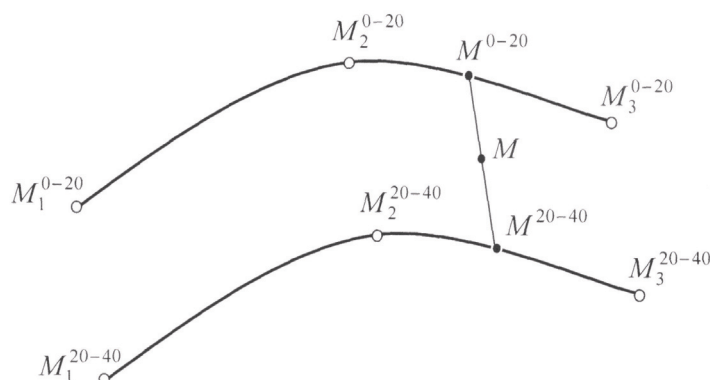


Рисунок 2 – Линейчатая поверхность с параболлами второго порядка в качестве опорных контуров

Точечное уравнение прямой можно записать в таком виде:

$$M = M^{0-20}u + M^{20-40}\bar{u}; \quad \bar{u} = 1 - u; \quad 0 \leq u \leq 1. \quad (7)$$

Заменим в уравнении (1) параметр на параметр v , тогда уравнения опорных парабол, проходящих через заданные точки, примут следующий вид:

$$\begin{aligned} M^{0-20} &= (M_1^{0-20} - M_2^{0-20})(2v^2 - 3v + 1) + (M_3^{0-20} - M_2^{0-20})(2v^2 - v) + M_2^{0-20}; \\ M^{20-40} &= (M_1^{20-40} - M_2^{20-40})(2v^2 - 3v + 1) + (M_3^{20-40} - M_2^{20-40})(2v^2 - v) + M_2^{20-40}, \quad \text{где } 0 \leq v \leq 1. \end{aligned} \quad (8)$$

Подставив выражения (8) в уравнение (7), получим уравнение линейчатой поверхности, проходящей через точки $M_1^{0-20}, M_2^{0-20}, M_3^{0-20}, M_1^{20-40}, M_2^{20-40}, M_3^{20-40}$.

$$\begin{aligned} M &= (2v^2 - 3v + 1)[(M_1^{0-20} - M_2^{0-20})u + (M_1^{20-40} - M_2^{20-40})\bar{u}] + \\ &+ (2v^2 - v)[(M_3^{0-20} - M_2^{0-20})u + (M_3^{20-40} - M_2^{20-40})\bar{u}] + (M_2^{0-20}u + M_2^{20-40}\bar{u}). \end{aligned} \quad (9)$$

Представим полученный процесс в параметрической форме

$$\begin{aligned} m &= (2v^2 - 3v + 1)[(m_1^{0-20} - m_2^{0-20})u + (m_1^{20-40} - m_2^{20-40})\bar{u}] + \\ &+ (2v^2 - v)[(m_3^{0-20} - m_2^{0-20})u + (m_3^{20-40} - m_2^{20-40})\bar{u}] + (m_2^{0-20}u + m_2^{20-40}\bar{u}) \\ \tau &= (2v^2 - 3v + 1)[(\tau_1^{0-20} - \tau_2^{0-20})u + (\tau_1^{20-40} - \tau_2^{20-40})\bar{u}] + \\ &+ (2v^2 - v)[(\tau_3^{0-20} - \tau_2^{0-20})u + (\tau_3^{20-40} - \tau_2^{20-40})\bar{u}] + (\tau_2^{0-20}u + \tau_2^{20-40}\bar{u}). \end{aligned} \quad (10)$$

В данном случае регулируя параметр v в пределах от 0 до 1, получим изменение содержания тяжёлых металлов в зависимости от времени. Значению параметра $v = 0$ соответствует количество тяжёлых металлов в 2001 г., $v = 0,5$ – содержание тяжёлых металлов в 2002 г. и $v = 1$ – содержание тяжёлых металлов в 2003 г.

Параметр u характеризует содержание вещества (в нашем случае тяжёлых металлов) в зависимости от глубины слоя. Для слоя 0–20 при средней глубине равной 10 мм – $u = 1$, а для слоя 20–40 при средней глубине 30 мм – $u = 0$. Учитывая, что глубина слоя не зависит от количества тяжёлых металлов, получим:

$$h_1^{0-20} = h_2^{0-20} = h_3^{0-20} = 10 \text{ мм}, \quad h_1^{20-40} = h_2^{20-40} = h_3^{20-40} = 30 \text{ мм}. \quad (11)$$

Аналогичным образом рассмотрим изменение времени τ . За начало отсчёта возьмём 2001 г., тогда $\tau_1^{0-20} = \tau_1^{20-40} = 0$. Поскольку в году 365 дней (исключая високосный год), то $\tau_2^{0-20} = \tau_2^{20-40} = 365$ дней, а $\tau_3^{0-20} = \tau_3^{20-40} = 730$ дней. Отсюда разница между промежутками времени остается постоянной и равной 365 дней.

$$\tau_2^{0-20} - \tau_1^{0-20} = \tau_2^{20-40} - \tau_1^{20-40} = \tau_3^{0-20} - \tau_2^{0-20} = \tau_3^{20-40} - \tau_2^{20-40} = 365 \text{ дней}. \quad (12)$$

Учитывая все эти изменения, уравнение (10) можно значительно упростить и представить в следующем виде:

$$m = (2v^2 - 3v + 1) \left[(m_1^{0-20} - m_2^{0-20})u + (m_1^{20-40} - m_2^{20-40})\bar{u} \right] + \\ + (2v^2 - v) \left[(m_3^{0-20} - m_2^{0-20})u + (m_3^{20-40} - m_2^{20-40})\bar{u} \right] + (m_2^{0-20}u + m_2^{20-40}\bar{u}) \quad (13)$$

$$\tau = 730v.$$

$$h = 10u + 30\bar{u}.$$

Воспользуемся программой *Maple* для расчёта и графической визуализации полученной модели процесса. Результаты сведены в таблицу 3.

ВЫВОДЫ

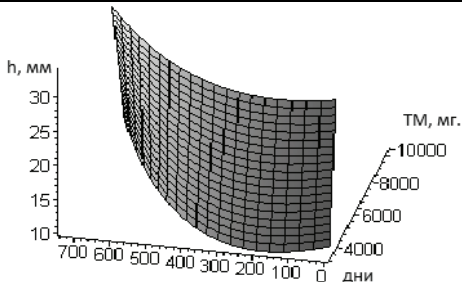
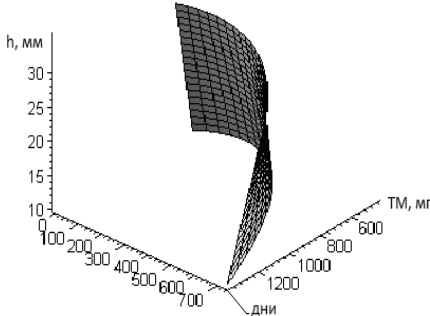
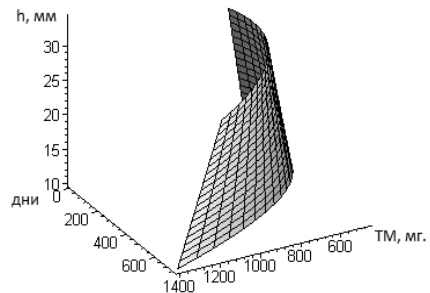
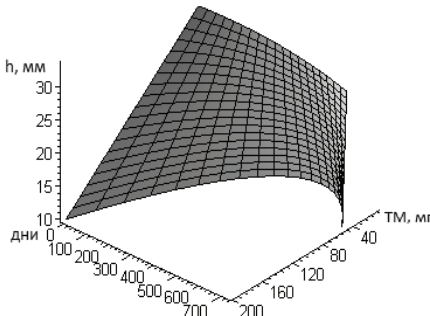
Получена математическая модель распределения тяжелых металлов в почве в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания. Составлена программа для расчета содержания тяжелых металлов в почве в зависимости от длительности эксперимента и глубины залегания. Результаты представлены на примере картофеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конопацький, Є. В. Конструювання однопараметричної множини ліній в n-вимірному просторі [Текст] / Є. В. Конопацький, А. І. Бумага // Прикладна геометрія та інженерна графіка / Праці Таврійської державної агротехнічної академії : наук. фах. вид. / М-во аграр. політики України; редкол.: В. М. Кюрчев (голов. ред.) [та ін.]. – Мелітополь : ТДАТА, 2007. – Т. 36, Вип. 4 : Прикладна геометрія та інженерна графіка. – С. 106–111.
2. Точечное исчисление – математический аппарат параллельных вычислений для решения задач математического и компьютерного моделирования геометрических форм [Текст] / И. Г. Балюба, В. И. Полищук, Б. Ф. Горягин, Т. П. Малютин // Материалы междунар. научн. конф. «Моделирование – 2008», 14–16 мая 2008 г., г. Киев. Том 2. – Киев, 2008. – С. 286–290.
3. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении [Текст] : диссертация на соискание научной степени доктора технических наук / И. Г. Балюба. – Макеевка, 1995. – 227 с.
4. Уокер, Р. Алгебраические кривые [Текст] / Уокер Р.; Перевод с английского А. И. Узкова. – М.: Издательство иностранной литературы, 1952. – 236 с.
5. Нездойминов, В. И. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения [Текст] / В. И. Нездойминов, О. А. Чернышева // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010–2(82) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 150–157.
6. Технологічні та агроекологічні нормативи використання осадів стічних вод міських очисних споруд у сільському господарстві [Текст] : КНД 33–3.3–02–99. – К.: Аграрна наука, 2000. – 38 с.
7. Сало, Т. Л. Агроекологічні та технологічні аспекти застосування в сільському господарстві осадів стічних вод міських очисних споруд [Текст] / Т. Л. Сало, В. Є. Дишлюк, А. В. Чернокозинський // Агроекологічний журнал. – 2001. – № 2. – С. 38–43.
8. Утилизация осадка сточных вод методом экологической биотехнологии [Текст] / Г. Н. Ганин, К. В. Домнин, Е. Е. Архипова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 6 (часть 2). – С. 66–70.
9. Разработка, проектирование и реализация систем обработки осадков сточных вод [Текст] / И. А. Богатеев, А. С. Керин, А. П. Сахно, К. А. Керин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 1. – С. 32–40.

Получено 01.09.2011

Таблицы 3 – Моделирование процесса распределения тяжёлых металлов

Культура	Тяжелый металл	Графическая интерпретация процесса распределения тяжелых металлов
Картофель	Zn	 <p>h – глубина слоя, мм; 0–700 – продолжительность, дни; 0–10000 – содержание тяжелых металлов, г/м²</p>
	Pb	 <p>h – глубина слоя, мм; 0–700 – продолжительность, дни; 0–1200 – содержание тяжелых металлов, г/м²</p>
	Cu	 <p>h – глубина слоя, мм; 0–600 – продолжительность, дни; 0–1400 – содержание тяжелых металлов, г/м²</p>
	Cd	 <p>h – глубина слоя, мм; 0–600 – продолжительность, дни; 0–200 – содержание тяжелых металлов, г/м²</p>

В. І. НЕЗДОЙМІНОВ, О. О. ЧЕРНИШОВА
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У
ГРУНТІ ДЛЯ РІЗНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Представлено математичну модель процесу розподілу важких металів у ґрунті для різних сільсько-господарських культур залежно від довготривалості експерименту та глибини залягання. Складено програму для розрахунку вмісту важких металів у ґрунті залежно від довготривалості експерименту та глибини залягання.

ОМСВ-опадів міських стічних вод, ВМ-важкі метали, екстраполяція, інтерполяція

VIKTOR NEZDOIMINOV, OKSANA CHERNIHEVA
MATHEMATICAL MODEL OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN SOIL FOR
VARIOUS CROPS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The mathematical model of distribution of heavy metals in the soil for various crops depending on time of experiment and the depth of occurrence has been offered. The computation programme of heavy metals content in the soil depending on time of experiment and the depth of occurrence has been drawn up.

municipal wastewater sediments (MWS), heavy metals (HM), extrapolation, interpolation

Нездойминов Віктор Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, каналізації, раціонального використання та охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: біологічна очистка промислових та побутових стічних вод.

Чернишова Оксана Олександрівна – магістр технічних наук, асистент кафедри містобудування та інженерної графіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: рішення проблем утилізації опадів міських стічних вод.

Нездойминов Виктор Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, канализации, рационального использования и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: биологическая очистка промышленных и бытовых сточных вод.

Чернышева Оксана Александровна – магистр технических наук, ассистент кафедры градостроительства и инженерной графики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: решение проблем утилизации осадков городских сточных вод.

Viktor Nezdoiminov – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Water Supply, Sewage and Storm Water Disposal and Water Conservation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: biological sewage and industrial wastewater treatment.

Oksana Cherniheva – MPhil, a teaching fellow of the Urban Development and Engineering Graphics Department of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: solution of the sewage sediments problems.

УДК 621.64+622.692

В. А. АНАСТАСОВ^а, З. В. УДОВИЧЕНКО^б, О. Г. НІКІТЮК^а

^а ВАТ «Макіївкагаз», ^б Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОДАТКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВІД ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА ПОЛІЕТИЛЕНОВИЙ ГАЗОПРОВІД

Проаналізовано існуючу методику розрахунку напружено-деформованого стану поліетиленових газопроводів з урахуванням додаткових навантажень, які з'являються в складних інженерно-геологічних умовах. Вивчено питання взаємозв'язку між деформаціями земної поверхні і деформаціями газопроводу.

поліетиленовий трубопровід, системи газопостачання, підроблювана територія

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Важливою властивістю поліетиленових труб, які застосовуються на підроблюваних територіях, є їх стійкість до динамічних навантажень, підтверджена практичним досвідом країн з високою сейсмічною активністю та складними інженерно-геологічними умовами експлуатації поліетиленових трубопроводів, де підземна міська інфраструктура з поліетилену мала значно меншу аварійність, ніж інженерні мережі із сталі, чавуну або ПВХ. Трубопроводи з поліетиленових труб зберігають роботоздатність навіть у разі виникнення тріщин і провалів ґрунту [1].

Але переваги поліетиленових труб перед сталевими ще більше значення мають для Донбасу – через специфічні регіональні причини. Масове закриття шахт останніми роками привело до появи ряду нових чинників, які негативно впливають на стан сталевих газових мереж і споруд на них. Найнеприємніший чинник – це зсув ґрунту над гірничими підробками з утворенням уступів, які приводять до деформацій і поривів сталевих газопроводів і руйнування будівель інфраструктури газопостачання [2].

Крім того, і традиційні руйнівні чинники сталевих газопроводів в Донбасі мають підвищену, в порівнянні з іншими регіонами, небезпеку. До них відносяться:

- більш інтенсивна електрохімічна корозія, пов'язана з перенасиченістю регіону електротранспортом, і відповідно, значною щільністю блукаючих струмів в місцях пролягання підземних сталевих газопроводів;
- агресивні викиди підприємств хімічної, металургійної і вугільної промисловості, які приводять до підвищеної хімічної корозії надземних сталевих газопроводів, необхідності їх капітального ремонту до закінчення встановленого терміну експлуатації.

Забезпечення нормальної діяльності газотранспортних мереж, підвищення їхньої надійності і технологічності на підроблювальних територіях Донбасу будуть сприяти ефективній роботі всієї системи газопостачання.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Досвід інших держав, які побудували газопроводи в районах зі складними інженерно-геологічними умовами, їх успіх та дуже і дуже малий процент аварійності на поліетиленових газопроводах, все більше примушував вітчизняних вчених та інженерів замислитися над перспективами будівництва

газопроводів з поліетилену на території України, в тому числі підроблювальних територіях Донбасу.

В результаті, в 2003 році було отримано дозволи Держбуду України (№ 5/7–701 від 08.10.2003 р.) і Держнаглядохоронпраці України (№ 07–01–06/5191 від 17.10.2003) на проектування і будівництво експериментального газопроводу середнього тиску з поліетиленових труб діаметром 110 мм на підроблюваній території, в одному з районів міста Макіївка загальною протяжністю 4,54 км. Після закінчення будівництва за його технічним станом протягом декількох років вів безперервні інструментальні спостереження Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи Національної академії наук України (УкрНІМІ НАНУ). На сьогодні на цьому газопроводі не відмічено жодного випадку пориву. Тоді як за цей же період місцеві газівники вимушені були щорічно встановлювати або міняти на сталевих газопроводах десятки гумовотканинних компенсаторів [3, 4].

Серйозну небезпеку для трубопроводу представляють зсуви ґрунту, обумовлені розломами. Зсув ґрунту по розлому описується зрушенням (паралельним розлому), стисканням (перпендикулярним розлому), а також вертикальною складовою зсуву [5].

Розрахунок за граничними деформаціями для оцінки здатності трубопроводу під тиском витримувати зсуви на розломах допускає пластичні деформації, що не ведуть до порушення цілісності трубопроводу.

Середня деформація трубопроводу при перетині розлому може бути обчислена як

$$\varepsilon = 2 \left[\frac{\delta_{fn}}{2L_o} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\delta_{fr}}{2L_o} \right)^2 \right] \cdot 100, \% \quad (1)$$

де L_o – довжина від точки закріплення трубопроводу до розлому (ефективна незакріплена довжина, м, яка може бути узята, як менше з наступних значень:

а) за відсутності біля зони розлому точок фіксації трубопроводу (поворотів, відгалужень і тому подібне) ефективна довжина ненадійно закріпленого трубопроводу може бути розрахована як [6].

$$L_o = \frac{E \cdot \varepsilon_y \cdot \pi \cdot D \cdot t}{t_u}, \text{ м}, \quad (2)$$

де t_u – максимальна сила, що діє на поліетиленовий трубопровід в осьовому напрямі;
 ε_y – пластична деформація матеріалу трубопроводу, %; E – модуль пружності матеріалу трубопроводу, МПа; D – зовнішній діаметр трубопроводу, м; t – товщина стінки трубопроводу, м;

б) за наявності біля зони розлому точки фіксації трубопроводу (повороту, відгалуження і тому подібне) ефективна незакріплена довжина дорівнює довжині трубопроводу від цієї точки до лінії розлому. Деформацію, отриману за формулою (1), необхідно вважати деформацією трубопроводу у разі сейсмічної небезпеки і використовувати для підтвердження допустимих критеріїв деформації.

Згідно з діючим ДБН В.2.5–41:2009 [7], траса газопроводу передбачається переважно поза проїзною частиною території з урахуванням можливого розкриття траншей у період інтенсивних деформацій земної поверхні в результаті гірничих робіт. Міцність і стійкість газопроводів, проєктованих для прокладання на підроблювальних територіях, забезпечується за рахунок:

- збільшення рухливості газопроводу в ґрунті;
- зниження впливу ґрунту, що деформується, на газопровід.

Існує також ряд рекомендацій для проектування газопроводів на підроблюваних територіях, які допомагають оптимально розрахувати необхідні навантаження на газопровід і способи прокладки для подальшої безпечної експлуатації його в таких умовах.

Збільшення рухливості підземних газопроводів в ґрунті і зниження дії ґрунту, що деформується, на газопровід досягаються шляхом застосування малостискальних матеріалів для засипання траншей після укладання труб, а також установленням компенсаторів, що сприймають подовжню напругу, яка виникає в газопроводі. Зняття або зниження подовжньої напруги в процесі експлуатації допускається проводити за рахунок розвантаження газопроводу в період інтенсивних деформацій.

Отже, на сьогоднішній день існує достатньо теоретичного матеріалу стосовно проектування, монтажу газопровідних систем з поліетилену. Але мало досвіду практичної експлуатації, особливо це

стосується газопроводів, які прокладено на підроблювальних територіях, оскільки в таких умовах на труби діє не тільки, так би мовити, звичайні навантаження, але і вірогідність руху ґрунту. Тому надалі мова піде про вплив руху ґрунту на газопровід та навпаки в умовах експлуатації на території шахти.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Деформації газопроводу, як і будь-якого іншого предмета чи споруди, можна розрахувати за допомогою будівельної механіки. Для початку з'ясуємо кількість та природу чинників впливу на напружено-деформаційний стан поліетиленового газопроводу в ґрунті (таблиця 1).

Таблиця 1 – Чинники впливу ґрунту на газопровід

№ з.п	Чинник впливу ґрунту на газопровід	Розрахункова формула, в якій він (чинник) з'являється	Висновки	Примітки
1	Товщина стінки труби s , мм	$P_{кр} = \frac{24E \cdot s^3}{D_{cp}^3} \quad (3)$ $f = 0,01875 \cdot \frac{F \cdot D_{cp}^3}{E \cdot s^3} \quad (4)$	З (3) і (4) видно, чим більше s , тим більше зовнішній тиск $P_{кр}$, але менше абсолютний прогин труби; діаметр труби – навпаки. Отже, важливо співвідношення цих двох показників	$P_{кр}$ – зовнішній тиск, що викликає колапс форми труби, МПа; f – абсолютний прогин газової труби
2	Діаметр труби по середній лінії D_{cp} , мм	(3), (4)		
3	Модуль пружності матеріалу труби E , МПа	(3), (4)	Чим більше модуль пружності матеріалу, тим менше абсолютний прогин труби	
4	Січний модуль ґрунту E_s	$f / D_{cp} = \frac{0,11q}{8,055 \cdot S_R + 0,06 \cdot E_s} \quad (5)$		Січний модуль ґрунту E_s залежить від типу ґрунту і ступеня його ущільнення
5	Глибина засипання трубопроводу H , м	$q_z = 0,8 \cdot \gamma \cdot H \quad (6)$		q_z – вертикальний тиск ґрунту від ваги ґрунту, Н/м ²
6	Щільність ґрунту γ , кН/м ³	(6)		
7	Навантаження від транспортного засобу T , Н	$q_m = \frac{0,478 \cdot T}{H^2} \quad (7)$		q_r – вертикальний тиск ґрунту від транспорту, Н/м ²

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

- найбільш важливими чинниками при визначенні навантаження на газопровід є геометричні параметри (діаметр, товщина стінки труби), якість матеріалу труби та характеристики ґрунту;
- просліджується взаємозв'язок між навантаженнями на ґрунт та газопровід.

Послідовність безпосередньо розрахунку напружено-деформаційного стану газопроводу наступна:

1. У випадку коли труба навантажена двома діаметрально протилежними силами F (Н/м), розподіленими по довжині трубопроводу, зменшення діаметра труби (прогин труби) в площині додатку сил знаходиться за формулою (5).

Оскільки $S_R = \frac{E \cdot l}{D_{cp}^3}$, то (5) запишеться так

$$f = 0,01875 \cdot \frac{F}{S_R}. \quad (8)$$

2. Ґрунт, в якому знаходиться трубопровід, є не тільки навантаженням і основою, але і середовищем, що чинить опір або відсіч переміщенням стінок трубопроводу і що підвищує несучу здатність останнього. Вплив упору позначається тим значніше, чим щільніше ґрунт і чим гнучкіші стінки трубопроводу. Збільшення несучої здатності трубопроводу можна описати, додавши в знаменник рівняння (8) додаток, що описує збільшення його кільцевої жорсткості. Оскільки далі підуть чисто емпіричні міркування і висновки, перепишемо «ідеальне» рівняння (8), замінивши абсолютний прогин – відносним (f/D_{cp}), а зосереджену силу – інтенсивністю ґрунтового навантаження (тиском) q

$$f/D_{cp} = \frac{C_1 \cdot q}{C_2 \cdot S_R + C_3 \cdot S_S}, \quad (9)$$

де q – інтенсивність вертикального навантаження ґрунту;
 S_R – кільцева жорсткість труби, МПа;
 S_S – чинник жорсткості ґрунту, що базується на січному модулі ґрунту E'_S , МПа.

$$f/D_{cp} = \frac{0,11q}{8,055 \cdot S_R + 0,06 \cdot E'_S}. \quad (10)$$

Загальне навантаження на газопровід визначається як сума навантажень

$$q_{заг} = 0,8 \cdot \gamma \cdot H + \frac{0,478T}{H^2} + \frac{f \cdot (8,055 \cdot S_R + 0,06 \cdot E'_S)}{0,11 \cdot D_{cp}}, \text{ Н/м}^2. \quad (11)$$

Слід зазначити, що не всі існуючі сили враховані при виведенні цього рівняння, тому навантаження на газопровід можливо більше, ніж розраховане за формулою (11).

При визначенні навантажень на газопровід необхідно також враховувати деформації земної поверхні.

Згідно з [7] перевірка міцності поліетиленових газопроводів при спільній дії всіх силових та деформаційних навантажень полягає у дотриманні умов

$$\begin{aligned} \sigma_{npNS} &\leq 0,5MRS, \\ \sigma_{npS} &\leq 0,9MRS \end{aligned}, \quad (12)$$

де σ_{npNS} – поздовжнє осьове напруження від спільного впливу силового й деформаційного навантажень, МПа;
 σ_{npS} – поздовжні фіброві напруження відповідно від силового, спільного силового та деформаційного навантажень, МПа, які визначаються за формулою

$$\sigma_{npS} = \left[\frac{2 \cdot \mu \cdot P_p}{\left[1 - \frac{2}{SDR}\right]^{-2}} - \alpha \cdot E(t_e) \cdot \Delta t \right] + \sigma_{dy} + \frac{E(t_e) \cdot d_e}{2\rho} + \sigma_c, \quad (13)$$

де σ_{dy} – додаткові напруження в газопроводі, обумовлені прокладанням в особливих умовах, МПа.

Якщо визначити додаткові навантаження як загальні навантаження, визначені за формулою (11), то формула (13) буде виглядати так

$$\begin{aligned} \sigma_{npS} = & \left[\frac{2 \cdot \mu \cdot P_p}{\left[1 - \frac{2s}{d_e}\right]^{-2}} - \alpha \cdot E(t_e) \cdot \Delta t \right] + 0,8 \cdot \gamma \cdot H + \frac{0,478 \cdot T}{H^2} + \\ & + \frac{f \cdot (8,055 \cdot S_R + 0,06 \cdot E'_S)}{0,11 \cdot D_{cp}} + \frac{E(t_e) \cdot d_e}{2\rho} \leq 0,9MRS \end{aligned}, \text{ МПа.} \quad (14)$$

Зробивши припущення, що абсолютний прогин труби можна прирівняти з максимальним осіданням ґрунту, який визначається за формулою

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \quad (15)$$

де q_0 – відносне максимальне осідання;
 m і α – відповідно потужність, що виймається, і кут падіння пласта, що розробляється;
 N_1 і N_2 – коефіцієнти підроблюваності земної поверхні в головних перетинах муляди зрушення.

$$\sigma_{npS} = \left[\frac{2 \cdot \mu \cdot P_p}{\left[1 - \frac{2s}{d_e} \right]^2 - 1} - \alpha \cdot E(t_e) \cdot \Delta t \right] + 0,8 \cdot \gamma \cdot H + \frac{0,478 \cdot T}{H^2} +$$

маємо

$$+ \frac{q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot (8,055 \cdot S_R + 0,06 \cdot E'_s)}{0,11 \cdot D_{cp}} + \frac{E(t_e) \cdot d_e}{2\rho} \leq 0,9MRS, \text{ МПа.} \quad (16)$$

ВИСНОВКИ

Отже, визначення складника σ_{dy} в рівнянні (13) є складним завданням, оскільки вплив на його значення мають не тільки газові характеристики, характеристики матеріалу труби, ґрунту, в якому він прокладений, але й можливих деформацій земної поверхні над та під газопроводом.

Все це зумовлює необхідність подальшої спільної роботи вчених з газопостачання та маркшейдерської справи і, звісно, уточнення розрахунків напружено-деформованого стану газопроводів на підроблюваних територіях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключа, А. Применение полиэтиленовых труб в строительстве газораспределительных сетей Польши [Текст] / Александр Ключа // Полимергаз : научн.-техн. журнал. – 2003. – № 2(26). – С. 27–29.
2. Масс, Н. Затянувшийся эксперимент [Текст] / Николай Масс // Инженерные сети из полимерных материалов. – 2007. – № 3(27). – С. 28–30.
3. Масс, Н. Преодоление (история строительства экспериментального полиэтиленового газопровода высокого давления [Электронный ресурс] / Николай Масс // Полимерные трубы : специализированный информационно-аналитич. журнал. – Режим доступа к журналу : <http://polypipe.info/application-polymers/363-preodolenieustoriya>
4. Результаты инструментальных наблюдений деформаций и перемещений газопровода среднего давления из полиэтиленовых труб к котельной производственной базы ЗАО «Ханженковский завод древесных плит» в условиях влияния горных выработок [Текст] / УкрНИМИ ; рук. Шнеер В. Р. – Донецк, 2005. – 29 с.
5. Хрустов, Ю. Поведение полиэтиленового трубопровода при землетрясении: Методы расчета [Текст] / Юрий Хрустов, Евгений Бутринов, Владислав Коврига // Полимерные трубы. – 2008. – № 3(21). – С. 56–61.
6. Flores-Berrones, R. Seismic vulnerability of buried pipelines [Текст] / Flores-Berrones R., Liu X. // Geofisica International. – 2002. – Vol. 42. – P. 237–246.
7. Газопроводи з поліетиленових труб. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Текст] : ДБН В.2.5–41:2009. – [Чинний від 2010–08–01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 145 с. – (Національний стандарт України).

Отримано 21.09.2011

В. А. АНАСТАСОВ ^a, З. В. УДОВИЧЕНКО ^b, О. Г. НИКИТЮК ^a
ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК ОТ ДЕФОРМАЦИЙ
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЙ ГАЗОПРОВОД

^a ОАО «Макеевгаз», ^bДонбасская национальная академия строительства и архитектуры

Проанализировано существующую методику расчета напряженно-деформированного состояния полиэтиленовых газопроводов с учетом дополнительных нагрузок в сложных инженерно-геологических условиях. Изучен вопрос взаимосвязи между деформациями земной поверхности и деформациями газопровода.

полиэтиленовый трубопровод, системы газоснабжения, подрабатываемая территория

VLADIMIR ANASTASOV^a, ZLATA UDOVICHENKO^b, OLGA NIKITYUK^a
STUDY OF SUPPLEMENTARY LOADS FROM GROUND SURFACE STRAINS TO
POLYETHYLENE GAS CONDUIT

^aOpen-End Company «Makeyevkagaz», ^bDonbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The extant design technique of the stressed and strained state of the polyethelene gas conduits with regards of supplementary loads in complicated engineering and geologic conditions has been analyzed. The problem of correlation between the ground surface strains and gas conduit deformations has been studied.

polyethylene pipeline, gas supply system, underworked area

Анастасов Володимир Анатолійович – магістр будівництва, головний інженер ПрАТ «Макіївкагаз». Наукові інтереси: підвищення ефективності експлуатації систем газопостачання.

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

Нікітюк Ольга Геннадіївна – магістр будівництва, майстер служби експлуатації внутрішньодомового газового обладнання ПрАТ «Макіївкагаз». Наукові інтереси: підвищення ефективності експлуатації систем газопостачання.

Анастасов Владимир Анатольевич – магистр строительства, главный инженер ЧАО «Макеевкагаз». Научные интересы: повышение эффективности эксплуатации систем газоснабжения.

Удовиченко Злата Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосберегающие технологии в системах ТГВ, повышение эффективности эксплуатации систем газоснабжения.

Никитюк Ольга Геннадиевна – магистр строительства, мастер службы эксплуатации внутридомового газового оборудования ЧАО «Макеевкагаз». Научные интересы: повышение эффективности эксплуатации систем газоснабжения.

Vladimir Anastasov – M.E.Civil, the chief engineer of the Private Joint-Stock Company Makeevkagaz. Research interests: upgrading of operational effectiveness of gas supply systems.

Zlata Udovichenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: Energy conservation techniques in heat, gas supply and ventilation systems, upgrading of operational effectiveness of gas supply systems.

Olga Nikityuk – M.E.Civil, an expert of operational service of intrabuilding gas equipment of the Private Joint-Stock Company Makeevkagaz. Research interests: upgrading of operational effectiveness of gas supply systems.

УДК 669.162;252.468

В. А. КРАВЕЦ, А. А. ЛОЦМАН, Ю. В. НАСАНОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СВОЙСТВА ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ В АТМОСФЕРУ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧУГУНА

При выпуске чугуна из доменной печи, разливке по ковшам, переливах в миксерном отделении и заливке в конвертер образуются выбросы, содержащие значительные концентрации взвешенных частиц, которые принадлежат к трём основным типам: мелкодисперсный бурый дым, крупнодисперсные пластинки графитной спели и застывшие брызги металла. Эти частицы имеют разные механизмы образования и обладают разными свойствами. Исследование этих свойств имеет большое практическое значение для выбора аппаратов газоочистки и утилизации уловленной пыли.

переливы чугуна, пылеподавление азотом, бурый дым, графитсодержащая пыль

ПРОБЛЕМА

Переливы чугуна сопровождаются значительными выбросами в атмосферу, основной вредной составляющей которых являются взвешенные частицы. По данным [1–7] удельные выбросы зависят от технологической операции и производительности. Данные по удельным выбросам, при отсутствии пылеподавления азотом или продуктами горения или газоочистки, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Удельные выбросы взвешенных частиц при переливах чугуна

Технологическая операция	Удельный выброс взвешенных частиц, г/т чугуна
Выпуск чугуна из доменной печи	400–700
Заливка чугуна в миксер	90–150
Слив чугуна из миксера	90–300
Заливка чугуна в конвертер	100–900

Для снижения выбросов применяют электрофильтры или рукавные фильтры, что очень дорого, а уловленная пыль практически не утилизируется.

Между тем выделяющиеся взвешенные частицы имеют различный механизм образования и разные свойства. Имеет смысл применять различные методы снижения выбросов для разных типов частиц и отдельно их улавливать, что позволит утилизировать уловленную пыль [7].

Поэтому исследование взвешенных частиц, выделяющихся в атмосферу при переливах чугуна, имеет большое практическое значение.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Установлено экспериментально [6–8], что взвешенные частицы, выделяющиеся при переливах чугуна, принадлежат к трём основным типам:

- мелкодисперсные сферические частицы оксидов железа (бурый дым);
- крупнодисперсные плоские частицы графита (спель);
- крупнодисперсные сферические частицы застывших брызг чугуна.

Однако свойства этих типов частиц изучены недостаточно, не установлены достоверно механизмы образования этих частиц и не разработаны методы их раздельного улавливания и последующей утилизации. Решению этих проблем и посвящена данная статья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения свойств частиц разного типа применялся метод отбора проб с разделением частиц на мелкодисперсную (бурый дым) и крупнодисперсную (графит и брызги) фракции. Для этого применялась двухступенчатая схема отбора, включающая циклон ЦН-15 диаметром 30 мм и специально сшитый рукав из фильтровальной ткани ТФ-200 ч. Отвод запыленного газа производился из воздуховода аспирационных систем при помощи пылесоса с соблюдением принципа изокINETичности. Уловленная циклоном крупнодисперсная фракция в дальнейшем разделялась при помощи магнита на графит и металлические брызги, и свойства этих компонентов исследовались отдельно.

СВОЙСТВА ЧАСТИЦ БУРОГО ДЫМА

Доля этого компонента в общей массе взвешенных частиц колеблется в широких пределах в зависимости от типа технологической операции, высоты падения струи металла, химического состава и температуры чугуна. В среднем содержание бурого дыма составляет около 70 %. При применении пылеподавления азотом или горючим газом удаётся подавить процесс образования бурого дыма и его количество снижается на 85–95 % [7, 9, 10], но свойства частиц при этом существенно не меняются.

Химический анализ производился по ГОСТ 23581.22–81. Результаты анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав частиц бурого дыма, % по массе

Технология	Fe _{общ.}	Fe _{мет.}	FeO	Fe ₂ O ₃	C	Остальные компоненты
Без пылеподавления	66,71	0,13	5,5	89,2	1,07	4,1
С подачей азота	65,4	Нет	5,57	87,39	2,15	4,89

Как видно из табл. 2, пыль, выбрасываемая в атмосферу после циклонов ЦН-15, примерно на 95 % состоит из оксидов железа, т. е. это бурый дым. Плотность частиц составила 5200 кг/м³.

Исследование под микроскопом показало, что частицы имеют сферическую форму и гранулометрический состав, приведенный в табл. 3.

Таблица 3 – Гранулометрический состав бурого дыма

Фракция, мкм	Менее 1	1–3	Более 3
% по количеству частиц	90	9,1	0,9

В микроскоп было видно, что сферические частицы бурого дыма способны образовывать цепочечные агрегаты, преимущественно из 3–4 частиц. В пыли присутствовало также в виде механической примеси незначительное количество пластинок графита размером до 10 мкм, попавших в выбросы в результате проскока через циклоны ЦН-15. Поскольку отделить эти частицы из смеси не удалось, то данные химического анализа содержат также и состав этих частиц. Этим объясняется наличие незначительного количества примесей (около 5 %), тогда как сами частички бурого дыма состоят, вероятно, практически полностью из окисленного железа.

Химический состав, форма и размеры частиц свидетельствуют об испарительно-конденсационном происхождении частиц бурого дыма.

СВОЙСТВА БРЫЗГ ЧУГУНА

Доля брызг металла составляет 60–75 % от массы крупнодисперсной фракции, улавливаемой циклонами.

Брызги чугуна исследовались под микроскопом. Для этого использовался растровый электронный микроскоп JSM-T300. Объекты исследовались в отражённом поляризованном свете.

На рис. 1 представлена фотография брызг металла. Установлено, что значительная часть исследованных брызг носила явные следы взрыва пузырька газа: в брызгах имелись полости, рваные отверстия, многие частицы представляли собой осколки более крупных полых сфер. Установлено также, что доля взорвавшихся брызг возрастала с ростом размера капли.

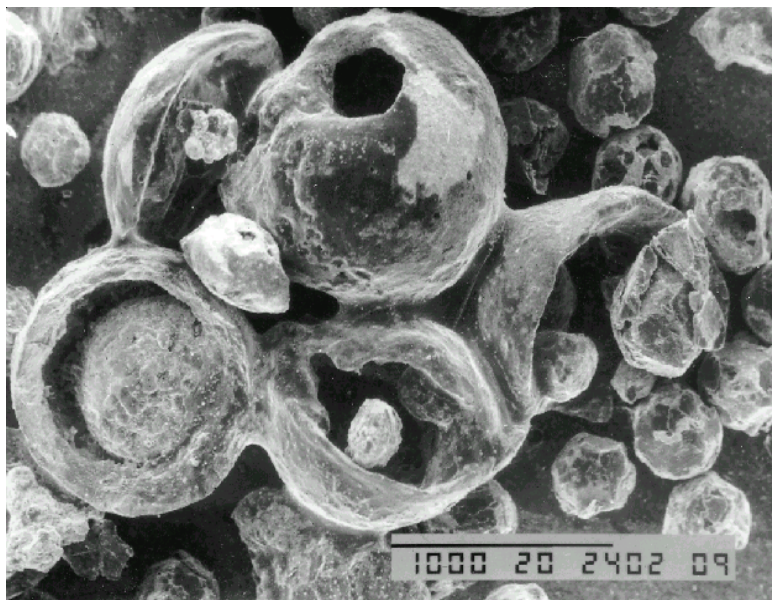


Рисунок 1 – Вид под микроскопом брызг чугуна.

В табл. 4 представлено распределение брызг чугуна по гранулометрическому составу по результатам ситового анализа.

Таблица 4 – Гранулометрический состав брызг чугуна

Фракция, мм	> 1	1,0–0,4	0,40–0,31	0,31–0,18	0,180–0,125	0,125–0,100	0,100–0,071	0,071–0,063	0,063–0,050	< 0,05
% по массе	0,35	28,64	22,04	30,41	10,4	3,7	2,2	0,35	0,59	1,32

Как видно из табл. 4, распределение брызг металла по гранулометрическому составу подчинено нормально-логарифмическому закону распределения. Среднемедианный размер уловленных брызг составил 430 мкм. Плотность частиц составила 6500 кг/м³. В табл. 5 представлен химический анализ брызг металла.

Из табл. 5 видно, что основную массу брызг составляет окисленное и металлическое железо, а содержание углерода снижено по сравнению с чугуном в результате процессов обезуглероживания и выделения СО. Высокая доля окисленного железа свидетельствует об интенсивности окислительных процессов в каплях. Об этом же свидетельствует пониженное, по сравнению с расплавом чугуна, содержание углерода в брызгах.

Таблица 5 – Химический состав брызг чугуна

Компонент	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	C	Остальные компоненты
% по массе	6,02	26,2	62,6	2,6	2,51	0,07

В табл. 6 представлены результаты изучения по фотографиям частиц различных фракций. Видно, что брызги диаметром более 250 мкм взрываются со 100 % вероятностью. Чем меньше размер капли металла, тем меньше вероятность взрыва. Изучение брызг размером менее 32 мкм показало, что большинство частиц этой фракции не имеют следов взрыва, а небольшая часть взорвавшихся капель явно представляют собой осколки более крупных брызг. Таким образом, можно считать размер 32 мкм нижней границей процесса взрыва.

Таблица 6 – Доля взорвавшихся частиц чугуна

Фракция, мкм	Средний размер частиц во фракции, мкм	Количество частиц в данной фракции	Количество взорвавшихся частиц	Вероятность взрыва, %
1–2	1,5	16	0	0
2–4	3	216	0	0
4–8	6	620	0	0
8–16	12	725	7	0,97
16–32	24	683	32	4,7
32–63	48	366	61	16,7
63–125	94	116	44	37,9
125–250	188	7	4	57,1
250–500	375	6	6	100
500–1000	750	6	6	100
1000–2000	1500	2	2	100
Более 2000	–	0	0	–

Таким образом, изучение брызг металла, образующихся при переливах чугуна, показало, что в результате взаимодействия брызг с кислородом воздуха часть капель взрывается. Существуют критические размеры капель, определяющих вероятность взрыва. Так, капли размером менее 32 мкм не взрываются. Капли размером 250–1000 мкм взрываются со 100 % вероятностью. Капли промежуточных размеров, от 32 до 250 мкм, взрываются с тем большей вероятностью, чем больше размер капли. Под вероятностью, в данном случае, понимается отношение количества взорванных частиц к общему числу частиц в данной фракции.

Экспериментальные данные были обработаны с целью получения регрессионной зависимости с помощью программы MathCAD. Результаты эксперимента хорошо описываются зависимостью:

$$P = 1 - \exp\left(-0,16625 \frac{D}{D_0}\right), \quad (1)$$

где P – вероятность взрыва, выраженная в долях от единицы;

D – диаметр капли металла, мкм;

D_0 – минимальный диаметр капли, при которых начинаются взрывные процессы, мкм. В данном случае было принято, что $D_0 = 30$ мкм.

Процесс взрыва крупных капель металла во время перелива чугуна был подтверждён также путём исследования фотографий и киноплёнок, выполненных при переливах чугуна на литейных дворах доменных печей и в миксерных отделениях различных металлургических заводов Украины. На фотографиях отчётливо видно, что брызги металла при полёте в воздухе взрываются с образованием большого количества мелких брызг.

Таким образом, экспериментально в промышленных условиях подтверждён факт взрыва брызг чугуна при взаимодействии с окислительной атмосферой при переливах металла.

СВОЙСТВА ЧАСТИЦ ГРАФИТА

Графитная спель выделяется из свободного графита, образующегося в объёме металла из растворённого углерода при охлаждении чугуна, вследствие снижения растворимости углерода в расплаве. Частички графита имеют плоскую форму и состоят из сросшихся гексагональных пластин.

Доля графита составляет обычно около 30 % от массы крупнодисперсной фракции, улавливаемой циклонами. Графит является ценным компонентом, который широко применяется в промышленности. В настоящее время графит либо добывают из графитовой руды, либо получают при пиролизе каменного угля. Оба метода экономически дороги и экологически вредны.

Между тем ресурсы графитового сырья в чёрной металлургии Украины таковы, что при сборе и утилизации всех графитсодержащих отходов можно полностью обеспечить потребности как Украины, так и России. В странах СНГ в настоящее время накоплено более 4,0 млн. т графитсодержащих металлургических отходов, на 80 % состоящих из отходов миксерных отделений и отделений десульфурации [11, 12]. В связи с этим практический интерес представляет вопрос о свойствах графитсодержащей пыли, методах её обогащения и утилизации, а также о влиянии подачи азота на количество и химический состав.

Гранулометрический состав и химический состав графитной пыли сильно зависят от конкретных условий технологического процесса. Ситовый состав графитной спели из бункеров циклонов миксерного отделения конвертерного цеха комбината «Азовсталь» после отделения брызг металла приведен в табл. 7.

Таблица 7 – Ситовый состав графитной пыли

Фракция, мм	Менее 0,05	0,050–0,063	0,063–0,071	0,071–0,100	0,100–0,125	0,125–0,180
% по массе	Нет	Нет	0,28	7,82	10,54	24,49
Фракция, мм	0,180–0,315	0,315–0,400	0,4–1,0	1,0–1,6	1,6–2,5	Более 2,5
% по массе	30,27	12,4	13,27	1,02	0,27	Нет

Из табл. 7 видно, что пластины графитной спели сосредоточены в крупных фракциях и полностью отсутствуют во фракциях менее 63 мкм.

В табл. 8 приведен химический состав пыли из бункеров циклонов миксерного отделения ККЦ меткомбината «Азовсталь». Подача в ковш газообразного азота и отделение брызг магнитом приводит к изменению химического состава графитсодержащей пыли.

Таблица 8 – Химический состав графитсодержащей пыли (ГСП), уловленной циклонами ЦН-15, при сливе чугуна из миксера в ковш в миксерном отделении ККЦ меткомбината «Азовсталь»

Содержание компонентов, % по массе	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	C	Другие компоненты
При сливах без пылеподавления	3,3	8,4	73	1,7	2,2	11	0,4
При подаче азота	5,0	10,2	53,1	2,0	2,1	27,5	0,1
При подаче азота и отделении брызг металла магнитом	8,58	0,8	4,51	Анализ не делался	15,5	57,7	12,91

Как видно из таблицы, применение пылеподавления азотом приводит к значительному повышению содержания углерода в ГСП за счёт снижения доли оксидов железа. Дополнительно можно повысить содержание углерода путём применения магнитной сепарации.

Графитовые заводы охотно принимают на переработку ГСП с содержанием углерода в пыли не ниже 20 %. Таким образом, улавливаемая циклонами графитсодержащая пыль при подаче азота становится товарным продуктом, пригодным для утилизации.

Аналогичные результаты были получены на Западно-Сибирском металлургическом комбинате (ЗСМК). Спектральный анализ пыли, отобранной из бункеров циклонов в миксерном отделении ККЦ-1, показал, что при работе без азота содержание углерода составляло в среднем 20 %, а при применении пылеподавления возросло до 40–50 %. В отделении перелива чугуна ККЦ-2 ЗСМК при постоянном применении пылеподавления содержание углерода возросло с 13 % примерно до 45 % [7].

На рис. 2 показана фотография частички графитной спели. Из фотографии видно, что графитная спель состоит из наложенных друг на друга кристаллов графита характерной гексагональной формы. На пластинах графита видны светлые вкрапления. Съемка в характеристическом излучении Fe- $k\alpha$ показала, что эти вкрапления содержат железо.

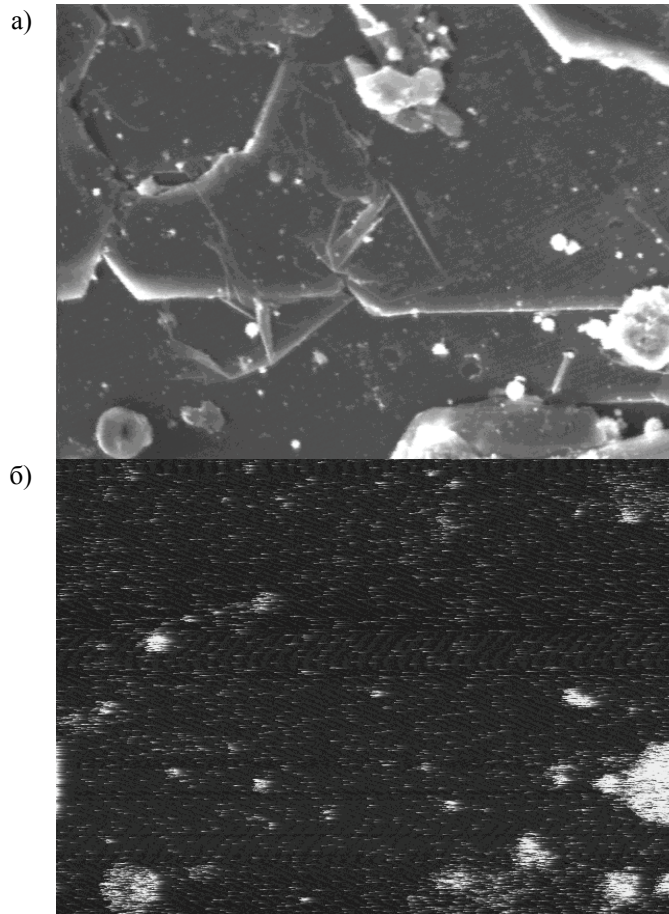


Рисунок 2 – Частица графита с конструкций литейного двора ДП-4 МК им. Ильича. Фракция 140–315 мкм. РЭМ. Контраст во вторичных электронах (а), и в характеристическом излучении Fe- $k\alpha$ (б). Увеличение: $\times 1500$. Горизонтальный размер снимка соответствует размеру 90 мкм. Видно, что вкрапления железа сосредоточены в неровностях рельефа.

На рис. 3 показана частица спели, снятая с ребра. Видно, что частица состоит из нескольких слоёв кристаллического графита, между которыми имеются вкрапления металла. Толщина отдельных слоёв графита составляет 0,6–0,8 мкм, общая толщина пластины, состоящей из нескольких слоёв, составила 14,8 мкм, край пластины расщеплён. Оценка плотности распределения вкраплений показала, что они гуще расположены в местах неровностей рельефа на поверхности пластин (поры, щели, выступы на стыке кристаллов и т. д.).

Включения в структуру графита исследовались с помощью электронного микроскопа. На рис. 4 и рис. 5 показаны фотографии включений на поверхности графитовой пластины. Прямоугольниками на фотографии выделены участки, на которых был выполнен спектральный анализ включений. В табл. 9 и 10 приведены результаты спектрального анализа.

Как видно из фотографий, включения на поверхности графита принадлежат к двум основным типам:

- большинство включений имеют сферическую форму, сравнительно гладкую поверхность и состоят из железа (более 55 %), кислорода и углерода, на фотографиях эти частицы имеют белый цвет;
- меньшая часть включений имеют сферическую форму с поверхностью, покрытой извилинами, и имеют в своём составе значительное количество кремния и марганца, на фотографиях они имеют более тёмный цвет.

Спектральный анализ участков, не имеющих видимых включений, показал, что они состоят из углерода (52–82 %) с примесью железа и кислорода.

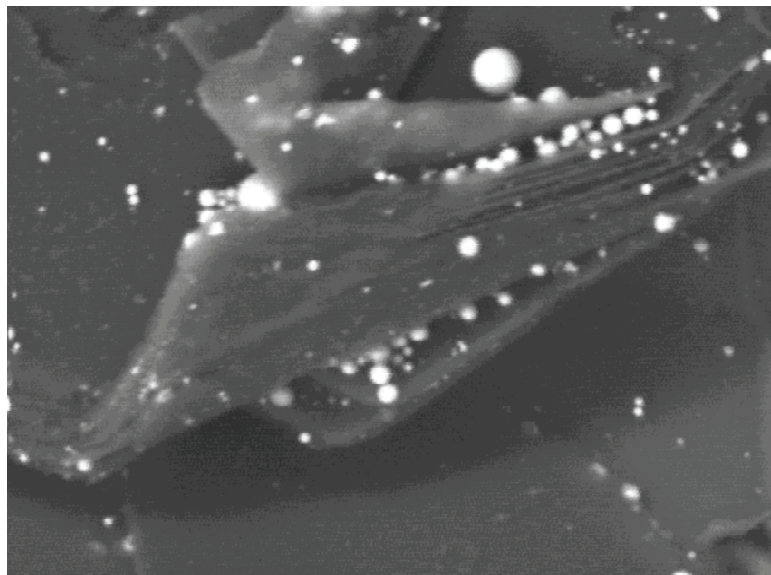


Рисунок 3 – Вид с ребра частички графитной спели. РЭМ. Контраст в отражённых электронах. Фракция 140–345 мкм. Увеличение: $\times 1500$ раз. Горизонтальный размер снимка соответствует размеру 90 мкм.

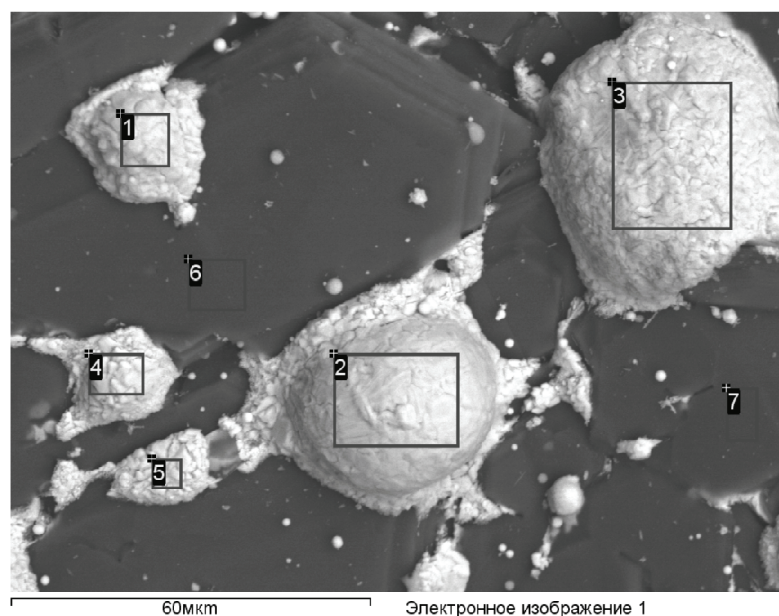


Рисунок 4 – Вид включений на поверхности частицы графита.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что белые сферические включения образуются в результате конденсации на поверхности графита в местах неровностей рельефа паров оксидов железа, которые вступают в реакцию с углеродом графитовой основы по поверхности контакта.

Более тёмные частицы, покрытые извилинами, вероятно, образуются в результате взаимодействия с пластинками графита капель расплавленного шлака.

ВЫВОДЫ

На основании изучения свойств взвешенных частиц, поступающих в атмосферу при переливах чугуна, можно сделать следующие выводы.

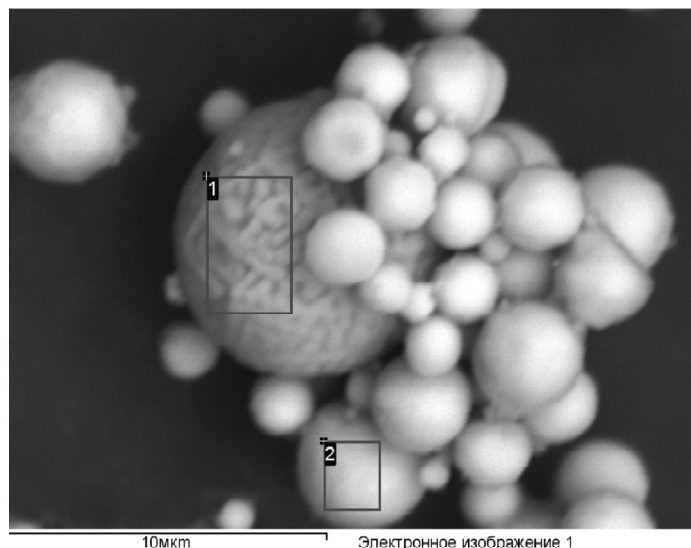


Рисунок 5 – Включения на поверхности графита.

Таблица 9 – Содержание элементов, % по массе (к рис. 4)

Номер участка	С	О	Fe	Остальные компоненты
1	19,53	20,65	59,60	0,22
2	13,12	26,85	59,84	0,19
3	12,19	28,02	59,37	0,42
4	22,63	10,43	66,09	0,85
5	62,47	9,22	27,19	1,12
6	81,79	15,25	2,96	0
7	52,13	27,96	19,22	0,69

Таблица 10 – Содержание элементов во включениях, % по массе (к рис. 5)

Номер участка	С	О	Fe	Al	Si	Mn
1	11,49	40,62	37,22	0,02	6,05	4,60
2	23,21	20,86	55,21	0,12	0,07	0,54

1. Взвешенные частицы, выделяющиеся при переливах чугуна, состоят, главным образом, из трёх компонентов: мелкодисперсного бурого дыма и крупнодисперсной фракции, включающей графитную спель и брызги металла.

2. Эти три типа частиц имеют разные свойства, но, в то же время, связаны общностью происхождения и имеют различные, но взаимосвязанные механизмы образования.

3. Мелкодисперсные частицы бурого дыма образуются в результате сгорания в воздухе мелких (менее 30 мкм) брызг чугуна. При этом вследствие высоких температур горения, в атмосферу первоначально поступают пары железа и FeO, которые затем конденсируются и доокисляются до Fe₂O₃.

4. Крупнодисперсные брызги чугуна образуются при переливах в результате механического диспергирования металла. В полёте они вступают во взаимодействие с кислородом газовой фазы. В результате окислительных процессов в объёме капли, на поверхности пластин графита, выделяется пузырёк СО. После этого капля в полёте взрывается, образуются мельчайшие брызги, которые затем сгорают с образованием бурого дыма.

5. При взрыве капли пузырёк СО выбрасывает в атмосферу пластинку графита. На поверхности графита конденсируются пары железа и его оксиды, а также капли шлака, образуя включения.

6. Для улавливания взвешенных частиц при переливах чугуна применяются электрофилтры или рукавные фильтры. Но эти аппараты имеют большие габариты, требуют значительных капитальных и эксплуатационных затрат и не позволяют отдельно улавливать разные компоненты пыли,

что затрудняет её утилизацию. Поэтому целесообразнее для снижения выбросов бурого дыма применить пылеподавление азотом, а крупнодисперсную фракцию улавливать в циклонах.

7. Уловленная циклонами пыль при применении азота содержит около 30 % углерода, что превращает её в товарный продукт. Дополнительно можно повысить содержание углерода до 50–60 % путём магнитной сепарации или отделением мелкой фракции на вибросите. Это позволит увеличить цену графитной пыли для продажи графитовым заводам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том 1 [Текст] / М-во охорони природи України. – Донецьк : УкрНТЭК, 2004. – 184 с.
2. CORINAIR. Совместная Программа наблюдений и оценки переноса на большие расстояния загрязняющих воздух веществ в Европе. Инвентаризация атмосферных выбросов в Европе [Текст] / European Environment Agency. – [Б. м.] : [б. и.], 2002. – 506 с. – (Нормативный документ Европейского Союза).
3. Очистка технологических и неорганизованных выбросов от пыли в чёрной металлургии [Текст] / А. И. Толочко, О. В. Филиппев, В. И. Славин, В. С. Гурьев. – М. : Металлургия, 1986. – 208 с.
4. Андоньев, С. М. Пылегазовые выбросы предприятий чёрной металлургии [Текст] / С. М. Андоньев, Ю. С. Зайцев, О. В. Филиппев. – Енакиев : ЕМЗ, 1998. – 248 с.
5. Старк, С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве [Текст] / С. Б. Старк. – М. : Металлургия, 1990. – 400 с.
6. Доценко, А. М. Пылегазовые выбросы миксеров металлургических заводов [Текст] / А. М. Доценко, Я. М. Левитасов, С. Б. Старк // Промышленная энергетика. – 1981. – № 10. – С. 41–43.
7. Кравец, В. А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна : Монография [Текст] / В. А. Кравец. – Донецк : Издательство «УкрНТЭК», 2002. – 186 с.
8. Исследование графитсодержащей пыли литейного двора доменной печи № 4 металлургического комбината им. Ильича и разработка методов её обогащения [Текст] / В. А. Кравец, И. Ю. Мотрошилов, А. Г. Горохов [и др.] // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2007. – Вип. 2007–2(64) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 42–47.
9. Подавление пылевых выбросов при сливе чугуна из доменной печи в ковш [Текст] / Э. Я. Лившиц, Е. С. Макаренко, А. В. Стогний, О. Г. Литвинова // Сталь. – 1992. – № 4. – С. 90–91.
10. BAT. IPPC. Best Available Techniques. Reference Document on the Production of Iron and Steel [Текст] / European Environment Agency. – [Б. м.] : [б. и.], 2005. – 567 с. – (Нормативный документ Европейского Союза).
11. Ляшенко, Ф. И. Продукция Завальевского комбината [Текст] / Ф. И. Ляшенко, В. С. Кулик. – К. : Наукова думка, 1998. – 32 с.
12. Трофимова, Л. А. Разработка технологии высокотемпературной переработки дисперсных железуграфитовых отходов металлургического производства [Текст] : автореферат дисс. на соискание степени к. т. н. : 05.16.02. «Металлургия чёрных металлов» / Трофимова Л. А. – Мариуполь : ПГТУ, 2007. – 22 с.

Получено 06.10.2011

В. А. КРАВЕЦЬ, Г. О. ЛОЦМАН, Ю. В. НАСАНОВА
ВЛАСТИВОСТІ СУСПЕНДОВАНИХ ЧАСТОК, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ В АТМОСФЕРУ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧАВУНУ
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

При випуску чавуну з доменної печі, розливці по ковшах, переливах у міксерному відділенні та заливці у конвертер утворюються викиди, що містять значні концентрації суспендованих часток, які належать до трьох основних типів: дрібнодисперсний бурий дим, великодисперсні пластини графітної піни та бризки металу. Ці частки мають різні механізми утворення і різні властивості. Дослідження цих властивостей має велике практичне значення для вибору апаратів очистки газу та утилізації вловленого пилу.

переливи чавуну, пилоподавлення азотом, бурий дим, графітовмісний пил

VASILY KRAVETS, ANNA LOTSMAN, YULIYA NASANOVA
PROPERTIES OF SUSPENDED PARTICLES RELEASING INTO ATMOSPHERE
AT CAST IRON RELADLE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

At cast iron tapping from a blast furnace, casting and timming, recasting in a mixer section and pouring into a converter furnace there are emissions containing pronounced concentration of suspended particles belonging to three key types: fine-dispersed red fume, large-dispersed kish plates and solidified metal splashes. The particles have various production mechanisms and have different properties. The study of the properties is of great practical consequence for the choice of gas purification and collected dust utilization device.
cast iron reladle, dust suppression by nitrogen, red fume, graphite containing dust

Кравець Василь Анатолійович – доктор технічних наук, професор кафедри прикладної екології і хімії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: теорія димоутворення, практика димопридушення.

Лоцман Ганна Олександрівна – асистент кафедри прикладної екології і хімії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: охорона навколишнього середовища, утилізація відходів.

Насанова Юлія Володимирівна – студентка кафедри прикладної екології і хімії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: охорона навколишнього середовища, утилізація відходів.

Кравец Василий Анатоліевич – доктор технических наук, профессор кафедры прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: теория дымообразования, практика дымоподавления.

Лоцман Анна Александровна – ассистент кафедры прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: охрана окружающей среды, утилизация отходов.

Насанова Юлия Владимировна – студентка кафедры прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: охрана окружающей среды, утилизация отходов.

Vasily Kravets – DSc (Engineering), a Professor of the Applied Ecology and Chemistry Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: theory of smoke production, fume suppression practice.

Anna Lotsman – a teaching fellow of the Applied Ecology and Chemistry Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental protection, reclamation.

Yuliya Nasanova – an undergraduate of the Department of Nature Protection of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental protection, reclamation.

УДК 697.34

А. А. ОЛЕКСЮК, Н. В. ДОЛГОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**САМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ ИТП С ПОДОГРЕВАТЕЛЬНО-
АККУМУЛЯТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ НЕЗАВИСИМЫХ СИСТЕМ
ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ ГОРОДОВ
УКРАИНЫ**

Рассмотрены вопросы решения актуальной проблемы энергоресурсосбережения в системах центрального теплоснабжения, связанное с переходом от четырехтрубной системы теплоснабжения на двухтрубную за счет устройства индивидуальных тепловых пунктов с трехконтурными теплообменниками, обеспечивающими гидравлическую устойчивость в системах отопления и горячего водоснабжения зданий различной этажности, которые являются еще и саморегулируемыми.

система теплоснабжения, ИТП, ПАУ, система отопления, ГВ, энергосберегающая, независимая

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Рассматриваемые вопросы, связанные с переходом систем централизованного теплоснабжения на децентрализованное, всегда вызывали большой интерес у специалистов, занимающихся их проектированием и эксплуатацией. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны обеих систем. Ориентация украинской энергетики на теплофикацию и централизованное теплоснабжение как основной способ удовлетворения тепловых потребностей городов и промышленных центров технически и экономически себя оправдали. Однако в работе систем централизованного теплоснабжения и теплофикации имеется много недостатков, а также неудачных технических решений и неиспользованных резервов, которые снижают экономичность и надежность функционирования таких систем [1].

Производственный характер структуры систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) с ТЭЦ и котельными, необоснованность масштабов подключения потребителей и практическая неуправляемость режимами работы СЦТ (источники – тепловые сети – потребители) во многом обесценили преимущества централизованного теплоснабжения. Если источники тепловой энергии еще сопоставимы с мировым уровнем, то анализ СЦТ в целом показывает, что практически отсутствует регулирование отпуска теплоты на отопление зданий в переходные периоды, когда особенно большое влияние на тепловой режим отапливаемых помещений оказывают ветер, солнечная радиация, бытовые тепловыделения. Также имеет место перерасход топлива и перетоп зданий в теплые периоды отопительного сезона [4, 5].

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Работа является продолжением серий публикаций автора по исследованию проблем энергоресурсосбережения в системах теплоснабжения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью настоящей работы является внедрение разработанной саморегулирующей энергосберегающей системы теплоснабжения от ИТП с подогревательно-аккумуляторной установкой и трехконтурным теплообменником для независимой системы отопления и горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При проектировании энергоэффективных систем отопления, согласно требованиям общеукраинских норм, следует предусматривать комплексное автоматическое регулирование параметров и адекватную этим задачам конструкцию систем отопления, которое включает в себя несколько базовых принципов. Одним из них является индивидуальное автоматическое регулирование на каждом отопительном приборе при помощи термостата, обеспечивающего поддержание заданной температуры жильцом помещения. Другой важный принцип энергосбережения – применение устройств автоматического регулирования параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, параметров теплоносителя в тепловой сети и изменяющихся в процессе работы теплогидравлических характеристик системы отопления. Такими устройствами являются индивидуальные тепловые пункты (ИТП), используемые при непосредственном подключении здания к тепловой сети, или их разновидность – автоматизированные узлы управления (АУУ), применяемые при подключении здания к ЦТП [3].

А – при присоединении систем отопления к сетям с перегретой водой 120–70 °С или 150–70 °С;

Б – то же, к сетям с расчётной температурой теплоносителя, равной температуре воды в системе отопления;

Это представлено на рис. 1.

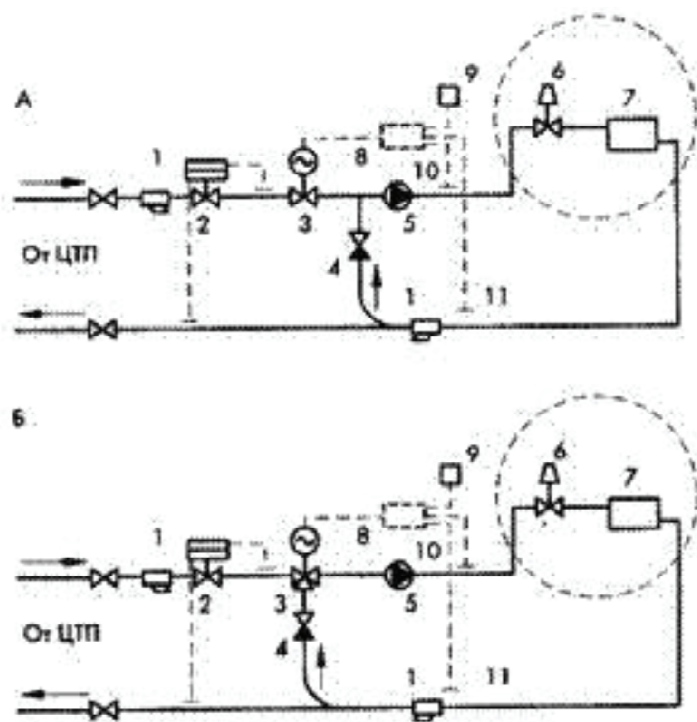


Рисунок 1 – Схема централизованного теплоснабжения здания с автоматизированным узлом управления:

1 – фильтры; 2 – регулятор перепада давления; 3 – регулятор расхода; 4 – обратный клапан; 5 – насос;
6 – термостат; 7 – отопительный прибор; 8 – электронный погодный регулятор (контролер); 9...11 – датчики температуры наружного воздуха, подающей воды и обратной, соответственно.

- постоянная циркуляция воды обеспечивает возможность быстрого потребления горячей воды;
- исключается насыщение теплоносителя кислородом в закрытой системе дома, тем самым уменьшается коррозия труб;
- приборы автоматики работают эффективнее, что связано с большей чувствительностью теплообменников;
- ввиду того, что вода не циркулирует в трубопроводе здания, котельные реагируют гораздо быстрее на внешнюю температуру, разница давлений в теплосетях увеличивается – это возможность более широкого потребления тепла;
- давление в отопительной системе здания не более 6 бар, что позволяет использовать более дешёвые и малого диаметра трубы, фитинги, радиаторы и т. п.

Система открытого подсоединения (рис. 1) характеризуется следующими качествами:

- стоимость тепловых узлов меньше, но требуется ЦТП на группу зданий;
- вода из тепловой сети непосредственно поступает в систему отопления здания;
- давление в сети влияет на давление в системе, что требует выбора неэффективных нагревательных приборов;
- процесс температурного регулирования имеет значительную инерцию.

Блочный индивидуальный тепловой пункт (ИТП) для обеспечения отопления и ГВС рассчитан на максимальную температуру воды первичного контура 150 °С и рабочее давление до 1,6 МПа, состоит из трех контуров модулей – для первичного теплоносителя, отопления и горячей водоснабжения (рис. 2).

Теплоноситель через фильтр и счётчик подаётся в трехконтурный теплообменник. Теплоноситель после теплообменника отопления направляется в первую ступень теплообменника ГВС, откуда, вместе с теплоносителем из второй ступени возвращается в тепловую сеть. Регулирующий клапан отопления поддерживает заданную температуру в системе отопления в зависимости от температуры наружного воздуха. Регулирующий клапан поддерживает заданную температуру горячей воды на постоянном уровне.

ВЫВОД

Рассмотрены проблемы центрального теплоснабжения и предложено их решение с помощью индивидуальных тепловых пунктов с подогревательно-аккумуляторными установками, термостатами. Приведена схема, которая может дать существенный энергетический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олексюк, А. А. Особенности режимов работы систем горячего водоснабжения с подогревательно-аккумуляторными установками [Текст] / А. А. Олексюк, Е. А. Гущина. – М. : ВНИИИС по строительству и архитектуре, 1986. – 8 с.
2. Пат. 58630 Україна, МПК F 24D 11/02. Саморегулююча система опалення та гарячого водопостачання [Текст] / А. О. Олексюк, М. В. Долгов ; заявник та володар Донбаська національна академія будівництва та архітектури. – № u 201007424 ; заявл. 14.06.2010 ; опбл. 26.04.2011, Бюл. № 8. – 4 с.
3. Олексюк, А. А. Применение щелевого теплообменника в системах горячего водоснабжения [Текст] / А. А. Олексюк, В. И. Кулик, И. Н. Засядько // Наука и техника в городском хозяйстве : Респ. межв. сб. – К. : Будівельник, 1977. – Вып. XXXIV. – С. 99–101.
4. Grassmann, P. Engineering-thermodynamics and thermodynamics of life, the energy [Текст] / Grassmann P. // Naturwissenschaften. – 1984. – 71, N 7. – P. 335–341.
5. Korobitsyn, M. A. New and advanced energy conversion technologies [Текст] / M. A. Korobitsyn // Amsterdam : Febodruk BV, 1998. – 255 p. – ISBN 90–365–1107–0.

Получено 12.10.2011

А. О. ОЛЕКСЮК, М. В. ДОЛГОВ

САМОРЕГУЛЮВАЛЬНІ ЕНЕРГООЩАДНІ СИСТЕМИ
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВІД ІТП З ПІДІГРІВАЛЬНО-АКУМУЛЯТОРНИМИ
УСТАНОВКАМИ ДЛЯ НЕЗАЛЕЖНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ГАРЯЧОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ ЖКГ МІСТ УКРАЇНИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто питання вирішення актуальної проблеми енергоресурсоощадження у системах центрального теплопостачання, пов'язаної з переходом від чотиритрубною системи теплопостачання на двотрубну за рахунок обладнання індивідуальних теплових пунктів з триконтурними теплообмінниками, які забезпечують гідравлічну стійкість у системах опалення і гарячого водопостачання будівель різної поверховості і які є ще саморегулювальними.

система теплопостачання, ІТП, ПАУ, система опалення, ГВ, енергоощадна, незалежна

ANATOLIY OLEKSUYK, NYKOLAY DOLGOV

SELF-CONTROL ENERGY CONSERVATION HEAT SUPPLY SYSTEMS FROM
SPECIFIC HEAT SUPPLY CENTERS (SHSC) WITH HEATING AND STORAGE
UNITS FOR INDEPENDENT SYSTEMS OF HEATING AND HOT WATER-
SUPPLY SYSTEMS OF MUNICIPAL HOUSING AND COMMUNAL FACILITIES
OF UKRAINE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The points of vital problem solution of energy conservation in central heating systems connected with transition from the four-pipe heating system to two-pipe one by means of arrangement of specific heat supply centers equipped by three-outline heat exchangers providing hydraulic stability in systems of heating and hot water-supply systems of various height buildings being also self-control.

heat supply system, SHSC, STEP, heating system, GV, energy conservating, independent

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

Долгов Микола Вікторович – викладач-стажер кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання.

Олексюк Анатолий 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.

Долгов Николай Викторович – преподаватель-стажер кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения.

Anatoliy Oleksuyk – DSc (Engineering), a Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply, and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation in heat supply systems by means of specific heat supply centers, electric heating devices with high temperature electrodes and heating air terminal units.

Nykolay Dolgov – a teaching fellow-probationer of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation in heat supply systems.

УДК 695.97

Н. А. МАКСИМОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ОХЛАЖДАЮЩИХ ПОТОЛКОВ И ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Выполнен сравнительный анализ работы систем охлаждающих потолков и центрального кондиционирования. Проанализированы возможности систем охлаждающих потолков, приведены преимущества этих систем и особенности их расчета.

энергосбережение, охлаждение, чиллер, охлаждающие потолки, кондиционирование

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях непрерывного увеличения потребления и роста стоимости энергоресурсов обозначилась неуклонная тенденция экономии энергоносителей. Успешное и эффективное развитие народного хозяйства Украины во многом зависит от эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. Одним из наиболее крупных потребителей энергии являются системы тепло- и холодоснабжения, относящиеся к так называемой «малой» энергетике. Исторически сложившиеся особенности топливно-энергетического комплекса Украины обусловили наличие огромного энергосберегающего потенциала в его малой энергетике. Задача реализации этого потенциала в последний период приобрела особую актуальность ввиду глубокого энергетического кризиса, в котором пребывает Украина.

В последнее время с учетом технического развития очень сильно вперед шагнула отрасль холодоснабжения. Современные офисы и высотные дома оборудуются центральным кондиционированием, которое отвечает современным стандартам. Это позволяет в первую очередь создавать наиболее комфортные условия в помещении, а также позволяет не нарушать архитектуры сооружения, а именно не подвергать серьезным изменениям фасад. Одним из таких видов систем кондиционирования является система «Чиллер – Охлаждающие потолки».

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Чиллер представляет собой законченную холодильную машину, предназначенную для охлаждения жидкости. Охлаждающие потолки представляют из себя холодные змеевики, панели, встроенные в потолок.

Преимущества использования «охлаждающих» потолков состоят в их полной бесшумности, отсутствии неприятных сквозняков, а также в чрезвычайно низких расходах на техническое обслуживание. «Охлаждающие» потолки могут нести приличную нагрузку, при этом не занимают полезное пространство и в силу того, что они понижают среднюю лучистую температуру в помещении, их применение делает возможным повышение температуры воздуха сверх пределов, допустимых при иной организации охлаждения помещения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является сравнительный анализ применяемых систем охлаждающих потолков и систем центрального кондиционирования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Климатизация имеет своей задачей обеспечивать температуру в помещении в соответствии с постоянно меняющимися требованиями в отношении температурного режима и эксплуатации зданий, например, требованиям к охлаждению или теплу.

Климат в помещении влияет на работоспособность и самочувствие. Хорошая и современная климатизация обеспечивает приятную и здоровую атмосферу дома и на рабочем месте. В связи с ужесточением требований к эксплуатации зданий вопрос климатизации приобретает все большее значение. Это означает повышение уровня требований к комфортному климату в помещении, который должен обеспечиваться за счет охлаждения и подогрева воздуха в нем.

До недавнего времени одним из главных способов охлаждения больших зданий, застроек являлась система «чиллер – фанкойл». Чиллер является холодильной установкой, используемой в крупных системах кондиционирования. Чиллер – моноблочный агрегат, служащий для охлаждения промежуточного теплоносителя (воды или водно-гликолевой смеси). Для непосредственного кондиционирования помещений используется именно промежуточный теплоноситель (ПТ), а не фреон. Охлажденный ПТ подается от чиллера по системе трубопроводов прямой и обратной подачи к системе фанкойлов или других теплообменников (воздухоохладителей). Система, в которой ПТ передается к фанкойлам, называется чиллер-фанкойловой системой или просто чиллер-фанкойлом. В других случаях ПТ чиллера может служить для снабжения воздухоохладителей крупных приточных систем вентиляции или теплообменников прецизионных кондиционеров.

Благодаря специальным современным охлаждающим и нагревающим элементам, может быть гарантирован комфорт обслуживаемого помещения. Одним из таких примеров является система охлаждающих (холодных) потолков.

Важнейшим фактором комфорта является не только температура в помещении как таковая, но и ее распределение равномерное внутри помещения [1, 4]. Распределение температуры может быть получено путем ее измерения на определенных вертикальных и горизонтальных уровнях в помещении. Характер изменения температуры зависит от типа системы кондиционирования, ее положения, размеров охлаждающей поверхности и ее мощности, температуры внешней среды. При использовании обычных систем кондиционирования (сплит-систем, мультizonальных систем) равномерное распределение холода, отсутствие сквозняков вряд ли возможно. В связи с этим предпринимались попытки достичь ее равномерного распределения за счет увеличения охлаждаемой поверхности. При этом одним из оптимальных вариантов оказывается кондиционирование всей поверхностью или некоторой частью потолка помещения. Приемлема эта система еще и потому, что из всех ограждающих конструкций потолок занимает особое положение, поскольку именно в верхней части помещения как раз и должно в большей степени сосредотачиваться охлаждающая составляющая.

На рис. 2 показан примерный температурный профиль при охлаждающем потолке в сравнении со схемой при идеальном распределении температуры (рис. 1). Видно, что при охлаждающем потолке температурный профиль наиболее близок к принципу «ноги в тепле, голова в холоде», в то время как при работе мультizonальных систем кондиционирования такого принципа очень сложно достичь. Охлаждающие потолки являются системой охлаждения помещений, в которых преобладающее количество холода отдается путем излучения.

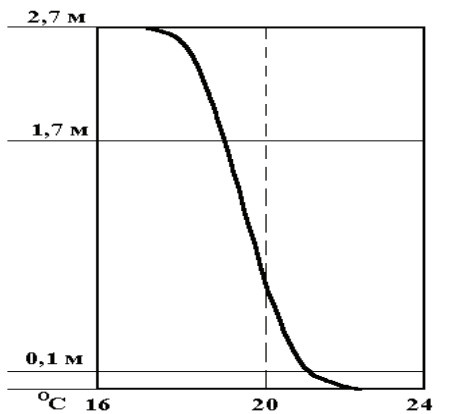


Рисунок 1 – Идеальное распределение температуры.

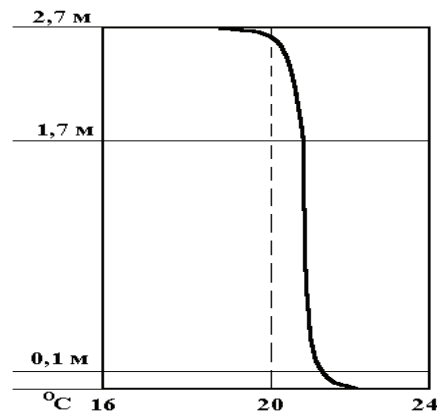


Рисунок 2 – Распределение температуры при охлаждающем потолке.

Гигиенические показатели охлаждающих поверхностей представляют крайне интересные характеристики. Поскольку потолок представляет собой охлаждающую поверхность, становится крайне простой и естественной его чистка. В данной системе отсутствие внутренних блоков традиционной системы кондиционирования полностью исключает образование гнезд пыли и соответственно неудобную чистку и регенерацию фильтра. Кроме этого, небольшая разница температуры между поверхностью потолка и воздухом в помещении не приводит к возникновению конвективных потоков и значительно снижает перемещение пыли, а с ней также бактерий, которые могут вызвать аллергию. Также охлаждающие потолки отнимают у бактерий их жизненную среду, т. е. влажность.

Охлаждающие потолки с точки зрения конструкции бывают двух разных типов: так называемые охлаждающие потолки эмиссионного типа (закрытая конструкция) и охлаждающие потолки конвекционного типа (открытая конструкция).

Охлаждающие потолки конвекционного типа (каковым является потолок парусного типа) на практике применяются преимущественно для охлаждения определенных зон (рабочих мест).

В случае с охлаждающими потолками конвекционного типа преобладает конвективная доля переноса тепла. Это характерно для открытых конструкций потолка парусного типа.

Потому что охлаждающий потолок парусного типа имеет свободное сечение и обеспечивает свободную циркуляцию воздуха до самого верха потолка.

Возможный за счет этого обдув холодных трубопроводов с обратной стороны, происходит в основном за счет свободной конвекции, которая может обеспечиваться и принудительным потоком (принудительной вентиляции).

Помимо свободы дизайна, между этими потолками существует и еще одно принципиальное различие – степень эффективности охлаждения единицы площади. Причина заключается в том, что у обычных охлаждающих потолков перенос тепла происходит в основном только путем излучения (эмиссии), что в большинстве случаев применения является вполне достаточным.

При охлаждающих потолках парусного типа, напротив, открытые стороны обеспечивают такой поток, при котором воздух охлаждается еще и с внешней стороны охлаждающего паруса и затем опускается вниз в помещение.

Современные системы, помимо функции охлаждения, позволяют также интегрировать вентиляционную и осветительную технику.

В отличие от конвекторных охлаждающих потолков (охлаждающие конвекторные потолки парусного типа), эмиссионные охлаждающие потолки имеют закрытую поверхность. Перенос тепла происходит путем излучения (тепловая эмиссия).

Поскольку в данной системе движение воздуха практически отсутствует, такое охлаждение называют «тихим охлаждением».

Охлаждающие потолки эмиссионного типа либо интегрируются в подвесной потолок, либо устанавливаются непосредственно в потолок с его последующей отделкой.

Доля эмиссии составляет порядка 60 %, остальные 40 % – результат свободной конвекции за счет поднимающегося теплого воздуха от источников тепла (люди, климат, техника и здание).

Нагретый воздух поднимается вверх за потолок, где охлаждается и затем равномерно опускается вниз, смешиваясь с воздухом в помещении. Поступающий обратно воздух распределяется очень равномерно по вертикали, что способствует улучшению самочувствия и работоспособности у людей. Удельная тепловая нагрузка, поглощаемая охлаждаемыми панелями при работе в режиме охлаждения может достигать 77–84 Вт/м².

Охлаждающие потолки также приносят значительную экономию энергозатрат, и при этом не за счет отказа от комфортной температуры. Охлаждающие потолки позволяют экономно, гигиенично и эффективно выводить тепловую нагрузку из здания.

Симметричное распределение излучаемой прохлады вызывает ощущение комфорта, а связанное с этим бесшумное и незаметное отведение тепла приводят к повышению производительности труда и снижению количества недовольных сотрудников.

Особенности при расчете и определении мощности охлаждающих потолков:

- при расчете мощности охлаждающих эмитирующих потолков необходимо учитывать влияние выбранных потолочных панелей на мощность охлаждения,
- КПД охлаждающего потолка зависит от степени эмиссии поверхности потолочной панели,
- кроме этого, необходимо учитывать отличную теплопередающую способность водопроводных труб и контактных профилей,

– также необходимо принять в расчет акустический вкладыш, который рекомендуется для обеспечения звуко- и шумоизоляции.

Аргументы в пользу климатизации с помощью охлаждающих потолков

- Нагретый воздух в помещении ведет к значительному снижению умственной работоспособности и рабочего ритма.
- Благодаря конвекции, в помещении создается здоровый, гигиеничный климат без сквозняков.
- Снижение количества несчастных случаев, причиной которых нередко являются экстремальные климатические условия.
- Оптимизированный климат в помещении положительно влияет на срок службы электронной и электрической техники.
- Достижение большей компактности систем, инженерных коммуникаций, а также уменьшение эксплуатационных и закупочных расходов по сравнению с другими системами климатизации (напр., вентиляции). Возможно снижение высотности зданий за счет снижения потребности в площади для технических систем (напр., вентиляционных каналов).
- Отсутствие раздражающих шумов (например, вентилятор сплит-кондиционеров) от работы охлаждающей потолочной системы.
- Равномерно излучаемая, приятная прохлада.
- Легкий демонтаж и монтаж при последующих переездах.
- Универсальность применения и возможность дооборудования.
- Простота обслуживания без специальных технических знаний.
- Экономия энергозатрат может составлять до 37 % по сравнению с обычными охлаждающими системами.
- Монтаж осуществляется быстро, просто и без грязи.
- Состоит на 100 % из материалов, поддающихся вторичной переработке, а значит экологически безопасен.
- Очень долгий срок службы и эксплуатационная безопасность.

Все эти достоинства обуславливают популярность систем «холодный потолок» для регулирования микроклимата в помещениях любого размера и предназначения – торговые центры, склады, административные здания и производственные помещения с небольшой высотой потолков.

ВЫВОДЫ

Использование системы охлаждающих потолков позволяет равномерно распределить тепловые потоки по объему помещений и обеспечить наиболее комфортные условия для человека. За счет использования систем охлаждающих потолков экономия энергозатрат может составлять до 37 % по сравнению с обычными охлаждающими системами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фузиотерм. Трубопроводная система для систем водоснабжения и отопления [Текст] : каталог / ООО «Сов ТехЭнерго». – Минск : Aquatherm GmbH, 2005. – 39 с.
2. Кокорин, О. Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / О. Я. Кокорин. – М. : Проспект, 1999. – 287 с.
3. Еремкин, А. И. Тепловой режим зданий [Текст] / А. И. Еремкин, Т. И. Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
4. Кокорин, О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха [Текст] / О. Я. Кокорин. – М. : Физматлит, 2003. – 304 с.
5. Баркалов Б. В. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях [Текст] / Б. В. Баркалов, Е. Е. Карпис. – М. : Стройиздат, 1982. – 312 с.

Получено 22.11.2011

Н. А. МАКСИМОВА

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ
СТЕЛЬ І ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦІЮВАННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Виконано порівняльний аналіз роботи систем охолоджувальних стель і центрального кондиціювання. Проаналізовано можливості систем охолоджувальних стель, наведені переваги цих систем та особливості їх розрахунку.

енергоощадження, охолодження, чиллер, охолоджувальні стелі, кондиціювання

NATALYA MAKSIMOVA

COMPARATIVE ANALYSIS OF BEHAVIOUR OF COOLING CEILING
SYSTEMS AND CENTRAL AIR-CONDITIONING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The comparative analysis of cooling ceilings systems and central air conditioning has been carried out. The cooling ceilings systems opportunities have been analyzed. The advantages of the systems and their design details have been entered.

energy conservation, cooling, chiller, cooling ceilings, air- conditioning

Максимова Наталя Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка термотрансформаторів та теплових насосів, енергоресурсоощадження.

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.

Natalya Maksimova – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: thermotransformers and thermocompressors development, energy conservation.

УДК 621.577

Д. В. ВИБОРНОВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ШАХТНИЙ ВОДОВІДЛИВ – ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Проаналізовано можливість та доцільність утилізації теплоти шахтних скидних вод за допомогою використання енергоощадних теплонасосних технологій. Зроблено детальний огляд ринку теплових насосів та оцінка теплового потенціалу шахтного водовідливу з метою його використання. Запропоновано альтернативний спосіб теплозабезпечення підприємств підземного видобутку вугілля шляхом використання низькопотенційної теплоти шахтних вод за допомогою теплонасосного устаткування. Розроблено принципову теплову схему тепlopостачання гірничовидобувного підприємства з тепловим насосом.

тепловий насос, утилізація, шахтна вода, виробнича потужність, видобуток, теплове навантаження

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

З 2005 р. споживання економічно розвинутих та великими густионаселеними державами енергоресурсів все більше випереджає їх світове видобування. Вичерпуються природні запаси нафти та газу, зростає їх ціна, на думку спеціалістів-енергоменеджерів, за таких умов світове суспільство чекає наступна енергетична криза. Одним із напрямків розумної політики є впровадження теплонасосних установок, що використовують природні відновлювані джерела теплової енергії або утилізують низькопотенційну скидну теплову енергію промислових та комунально-побутових підприємств для отримання теплоти більш високого потенціалу, яка успішно може бути використана, наприклад, в житлово-комунальному секторі економіки, який споживає велику кількість дефіцитного органічного палива.

ЦІЛЬ СТАТТІ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота присвячена дослідженню якості та теплового потенціалу шахтних вод, ринку геотермальних теплових насосів, аналізу досвіду використання води із затоплених та діючих шахт як гріючого теплоносія. Досліджується доцільність та оцінюється економічна ефективність впровадження теплонасосних (ТН) установок на шахтній воді.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Буде зайвим наводити докази необхідності реорганізації економіки паливно-енергетичного сектора. Через невинне подорожчання природних неповновлених паливно-енергетичних ресурсів з кожним днем стає все гостріше питання про те, звідки брати енергію для вироблення теплоти та електроенергії. Одним з перспективних і найбільш вигідних рішень могла б стати популяризація використання атомної енергетики, однак після аварії в Японії слід очікувати необґрунтованої критики на адресу «мирного атома» і жорсткості вимог до побудови та конструкції реакторів для потреб тепло- та електрогенерації. Це суттєво призупинить поширення атомної енергетики, незважаючи на всю обґрунтованість і вигідність такого шляху розвитку.

Однак існує ще ряд способів, що дозволяють генерувати теплову енергію та в той же час скоротити споживання традиційних природних паливних ресурсів. Одним з таких рішень є застосування ТН установок.

© Д. В. Виборнов, 2011

Теплонасосні технології набули широкого визнання та поширення. Чітке лідерство у виробництві ТН лишається за Японією, а останнім часом ще й за Китаєм. У Європі найбільший виробник – «IVT Industrial AB» (Швеція), що випускає 20 тис. установок за рік. Наступним європейським лідером у виробництві ТН прагне стати компанія «Danfoss», яка за останні три роки скупилася кілька європейських виробників: Eco Heat Pumps (Англія), Avenir Energie (Франція), Thermia (Швеція), Steinmann (Швейцарія). Одними з перших компаній, які розробили ТН, що працює на основі природного холодоагенту O_2 , були Denso, DAIKIN та Sanyo. В Україні також є спеціалізоване підприємство для випуску ТН – завод «РЕФМА» (Мелітополь), але серійне виробництво не налагоджене, підприємство виконує окремі замовлення. Ніжинський завод «Прогрес» налагодив виробництво ТН потужністю до 35 кВт. Крім того, на ринку України працює кілька дилерських фірм: Аграф-Пром, ТМК Аквадом, Акваспецбуд, Апогей ГМБХ, В.Д. Е – Україна, Віссман, Еквивес сервіс, Синтек, Техномаш, Хала-Україна. Ці фірми пропонують ТН наступних європейських виробників: CIAT (Франція), NIBE, IVT (Швеція), Viessmann (Німеччина), Nukleon (Чехія), Clivet (Італія) а також ряд азіатських брендів [1].

Теплові насоси класифікують за наступними ознаками: за принципом дії; за використовуваними джерелами низькопотенційної теплоти; за поєднанням використовуваної низькопотенціальної теплоти із середовищем, що нагрівається в теплових насосах; за видами затрачуваної енергії.

На сьогодні є безліч прикладів успішної реалізації проектів використання теплової енергії шахтних вод з метою генерації тепла за допомогою ТН. У світі існує багато невеликих за своїм масштабом проектів, у яких тепло води із затоплених шахт використовується для обігріву одного-двох будинків (зокрема, у Німеччині, Франції, Англії) [2].

Наприклад, у Нідерландах, є шахтарське містечко Херлен, у якому вода із шахти, що простояла затопленою близько тридцяти років, зараз обігріває близько 350 будинків, з яких більш 200 – житлові будинки. У п'ятьох різних місцях району, розташованого над мережею штолень, було пробурено п'ять свердловин глибиною до 700 м. Вода, що наповнює стару шахту на такій глибині, має постійну температуру 32°C й за допомогою насосів викачується наверх. Далі, охолонувши до 28 °C у трубопроводах, вона потрапляє до ТН як первинний теплоносіє.

Застосування ТН в Україні можна охарактеризувати як недостатньо поширене. Наприклад, теплонасос потужністю 40 кВт обігріває вокзал залізничної станції Південне Залютино в Харківській області та спорткомплекс у м. Охтирка. У м. Судак будується система опалення частини міста, яка використовує геотермальну теплову енергію. Від ТН працює опалення готелю «Ялта» і кемпінгу «Поляна сказок» в АРК. На сьогодні реалізовано до 10 проектів з використанням ТН, в основному, в приватних котеджах. Більш п'яти років за допомогою ТН здійснюється теплопостачання 23-го корпусу Київського політехнічного інституту.

Широкому поширенню ТН установок в Україні перешкоджає відсутність державної підтримки в галузі енергоощадження, великі капітальні витрати й відсутність достовірних знань у потенційних споживачів низькотемпературного теплоносія.

З іншого боку, на Донбасі має місце проблема утилізації шахтних вод, яка обумовлена впливом води, що скидається, на забруднення як водоймищ, так і екосистеми регіону в цілому. Ця проблема також обумовлена масовим закриттям нерентабельних шахт. У середньому вуглевидобувними підприємствами Донецької і Луганської областей скидається в гідрологічну мережу близько 700–780 млн. м³/рік шахтних вод (у середньому 10 м³ на тонну вугілля, що видобувається).

Якщо звернутися до накопиченого вітчизняного досвіду, то в СРСР технологія утилізації тепла шахтної води із застосуванням теплових насосів уперше була розроблена й успішно впроваджена МНДІЕКО ПЕК ще в 1988 р. на шахті «Ключевська» ПО «Кизелвугілля» (Пермська обл., РФ). Московським заводом «Компресор» на базі пересувної холодильної установки ПХУ-50 було виготовлено два агрегати, призначені для роботи в режимі ТН. Уже в 1990р. ці агрегати були змонтовані в будинку компресорної станції шахти «Ключевська» для охолодження стисненого повітря й утилізації тепла оборотної води.

Практичні випробування і успішна експлуатація установок підтвердили економічний ефект від утилізації теплоти шахтних вод, що раніше скидалися, і поліпшення екологічної обстановки за рахунок зниження навантаження на котельні в прилеглих районах. При цьому значно покращилися умови охолодження компресорів і температурні режими їх експлуатації, було повністю відключено градирню. Результати вимірів показали, що на 1 кВт-годину витраченої електроенергії на привод теплового насоса було отримано 3,5 кВт-години еквівалентної теплової енергії.

Незважаючи на серйозний економічний і екологічний ефект, сьогодні, на жаль, аналогічних проєктів в українській вугільній промисловості не існує. Однак потенційна можливість використання дешевого тепла шахтних вод, необхідність проведення досліджень у цьому напрямку і розробки сучасних технологій уже розглядаються на державному рівні. Так, проєктом державної програми «Українське вугілля» на 2010–2015 рр. одним із способів підвищення економічної ефективності роботи підприємств вугільної промисловості передбачене впровадження на шахтах теплових насосів з використанням геотермальної енергії шахтних вод (розділ «Підвищення ефективності використання енергоресурсів»).

Дотепер в Україні розробкою теплонасосних станцій для опалення й гарячого водопостачання за рахунок утилізації тепла шахтних вод займалася інжинірингова компанія ТОВ «Клімат Комфорт». Організація з 2005 р. вела розробку проєкту використання тепла скидних вод для забезпечення побутових потреб шахтарів на одній із шахт Донецької області. За словами директора компанії, проєкт повністю готовий, пройшов усі експертизи, однак через відсутність подальшого фінансування так і залишився тільки на папері.

Розв'язанням проблеми фінансування таких проєктів може стати впровадження технологій з можливістю поетапного фінансування і поступового нарощування теплопродуктивності всієї станції утилізації. Так, наприклад, зробили це в 2001 р. на шахті «Осинниковська» ВАТ «Кузнецквугілля» (Кемеровська обл., РФ), де було введено в експлуатацію дослідно-промислову установку з утилізації низькопотенційної теплової енергії шахтних вод.

На початковому етапі в технологічну схему включили один тепловий насос теплопродуктивністю від 110 до 130 кВт (потужність ТН залежить від температури шахтної води). У липні 2001 р. було проведено пусконаладжувальні роботи і почато випробування.

Робота технологічної схеми утилізації тепла шахтної води дозволяє одержати близько 60 м³ на добу гарячої води з температурою 45 ° і повністю покривати потреби гарячого водопостачання адміністративного будинку шахти. Експериментальна експлуатація показала високі техніко-економічні та екологічні показники: зниження собівартості вироблюваної теплової енергії в 2,5 рази в порівнянні з теплом, одержуваним від вугільної шахтної котельні, ліквідація шкідливих викидів в атмосферу, що утворюються при спалюванні вугілля, і відсутність штрафів за ці викиди. Строк окупності склав 2 роки.

Другим етапом стало збільшення теплопродуктивності технологічної схеми за рахунок установки додаткових теплових насосів для повного відключення шахтної котельні в міжопалювальний період. Крім істотного економічного ефекту, дана схема дає також великий екологічний ефект, а у літню пору промисловий майданчик шахти не забруднюється шкідливими викидами котельні.

У цілому впровадження проєктів теплопостачання за рахунок використання теплоти шахтних вод допомагає досягти: підвищення безаварійності в зимових умовах за рахунок одержання додаткового тепла; запобігання зупинки вентилятора головного провітрювання, простоїв шахти та зниження обсягів видобутку вугілля; зниження витрат на реконструкцію котельні; одержання екологічно чистої теплової енергії; зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище; значного зниження вартості теплової енергії; економії паливно-енергетичних ресурсів; можливості повністю зупинити шахтну котельню в літню пору з вивільненням обслуговуючого персоналу [3].

Однак варто відмітити, що впровадження таких проєктів доцільно тільки при невеликій відстані від шахтного водовідливу або затопленої шахти до споживача тепла, оскільки при збільшенні довжини теплотраси будуть збільшуватися тепловтрати й без того низькопотенційного джерела теплової енергії. В Україні існує безліч невеликих шахтарських містечок з придатними параметрами. У більшості з них після закриття шахт питання забезпечення паливом встає особливо гостро на тлі постійно зростаючих цін на бензин і дизпаливо, які входять у вартість вугілля, що транспортується. При цьому ситуація буде тільки загострюватися, адже відповідно розроблений «Інвестиційний проєкт розвитку галузі в 2011–2015 рр.», додатково планується до закриття ще чимало шахт (за даними Мінвуглепрому). Відомості представлено в таблиці 1.

Слід підкреслити, що в шахтній воді має місце наявність розчинених у ній мінералів і сполук, що робить її агресивною стосовно експлуатованого обладнання.

Класифікацію шахтних вод за основними параметрами, що впливають на ступінь очищення й вибір устаткування, зручно представити у вигляді таблиці 2.

Шахтні води першої групи в основному відкачуються на шахтах східної та північно-східної частин Донецької області. Якісні показники цих вод дозволяють їх розглядати не тільки як джерело теплової енергії, але і як сировину для одержання питної води, отже стане можливим налагодити повне

водо- і тепlopостачання в таких містах як Шахтарськ, Торез, Сніжне, Харцизьк, Кіровське, Красний Луч, Антрацит, Свердловськ, Ровеньки тощо.

Таблиця 1 – Плановані до закриття шахти відповідно до «Інвестиційної програми розвитку галузі в 2011–2015 рр.»

Регіони, ГП, шахти	Виробнича потужність на 1.01.2010 р., тис т.
Донецька обл.	2100
ДП «ДУЕК»	немає відомостей
№ 4-21	45
ш. «Лідіївка»	100
ш. «Моспінська»	70
ДП «Красноармійськвугілля»	немає відомостей
ш. «Родинська»	250
ш. «Центральна»	350
ДП «Дзержинськвугілля»	немає відомостей
ш. «Південна»	100
ДП «Шахтарськантрацит»	немає відомостей
ш. ім. С.П. Ткачука	300
ш. ім. XVII партз'їзду	315
ДП «Снежноєантрацит»	немає відомостей
ш. «Ударник»	190
Луганська обл.	220
ДП «Антрацит»	немає відомостей
ш. «Крепенська»	220
Волинська обл.	380
ДП «Волиньвугілля»	немає відомостей
ш. № 1 «Нововолинська»	100
ш. № 5 «Нововолинська»	120
ш. № 9 «Нововолинська»	160

Таблиця 2 – Основні параметри шахтних вод

Тип води	Загальна концентрація солі, кг/м ³	Жорсткість, г-екв/м ³
1	1,5–1,8	10–12
2	3,0–3,5	10–12
3	більш 3,5	більш 12

Шахтні води другої групи після очищення можуть також використовуватися як теплоносії в ТН, а також для технічного водопостачання промислових і комунальних підприємств. Близько 80 % шахтних вод цієї групи можуть бути використані для технічного водопостачання й потреб самих вугледобувних підприємств.

Шахтні води третьої групи, а також води другої групи, які не підлягають обробці, необхідно піддавати комплексній переробці, що включає опріснення-концентрування з наступною утилізацією концентрованого продукту [4].

Для очистки підземних вод необхідно знати механізм їх утворення, характерні, у тому числі і специфічні, для цих вод фізико-хімічні та інші властивості та на їх основі дослідити, розробити та запропонувати до використання раціональні способи й технологічні схеми очищення цих вод. Механізм утворення, наприклад, підземних ліквідованих шахт, можна описати у такий спосіб: вода з поверхні землі, просочуючись через тріщини, мікропори, пори і вільні простори завалених гірських масивів, рухаючись вільними гірськими виробітками, піддатна різноманітним фізичним, хімічним,

фізико-хімічним, бактеріологічним та іншим процесам, в результаті яких, в тому числі вилуговування, з утворених раніше, під час експлуатації шахт, нерозчинних кисневих з'єднань металів, здебільшого заліза, утворюються розчинні форми з його різною валентністю. Катіони заліза можуть бути одночасно окиснювачами і відновлювачами, проявляючи як кислотні, так і лужні властивості. Якщо під час експлуатації шахт концентрація заліза в шахтних водах коливалася, залежно від шахти, від 0,5 до 2,5 мг/л і не перевищувала 50 мг/л, то в підземних водах цих ліквідованих шахт мінімальна концентрація становила більше 12 мг/л, середньозважена – більше 160 мг/л, а максимальна – більше 1 200 мг/л. Також встановлено, що середньозважена концентрація заліза залежить від глибини відводу підземних вод [5]. В комплексі з очищенням шахтної води повинен здійснюватися й відбір теплової енергії. Це не тільки істотно знизить теплову потужність експлуатованого теплогенераційного обладнання, а й буде слугувати на користь покращення екологічного становища в шахтарських регіонах.

Щоб мати більш чітке уявлення щодо ефективності встановлення ТН, можна розглянути теплову схему теплопостачання шахтного комплексу з теплонасосним обладнанням.

Питома витрата тепла для теплопостачання шахт коливається від 4,7 до 8,6 МВт на один мільйон тонн річної виробничої потужності підприємства, а сумарне теплове навантаження шахт на період освоєння становить 10–27 МВт, а надалі збільшується в міру розробки родовища і збільшення виробничої потужності. Таким чином, процес забезпечення теплом гірничого підприємства безупинно розвивається в процесі освоєння пласту. Розподіл теплоносія по видах теплового навантаження здійснюється приблизно в наступних межах: на опалення $9 \div 35$ %; на вентиляцію $33 \div 84$ %; на гаряче водопостачання (ГВП) $7 \div 32$ %.

У зв'язку із цими даними розроблена схема включення теплового насоса за допомогою бака-аккумулятора в систему шахтного водовідливу (рисунк 1) з метою відводу теплоти від шахтних скидних вод.

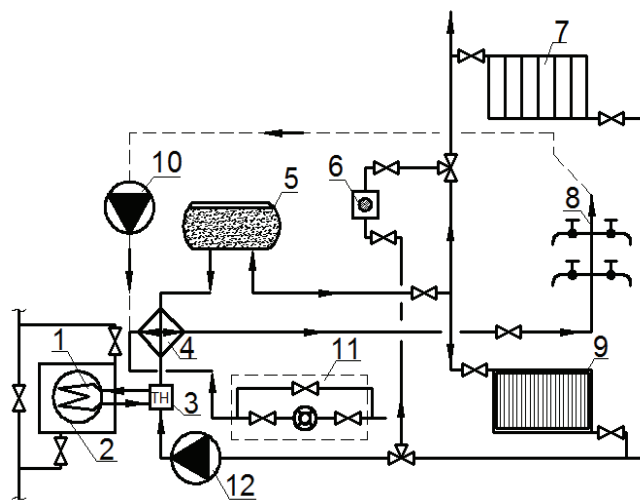


Рисунок 1 – Схема теплопостачання гірничодобувного підприємства із ТН: 1 – прийомний випарник ТН; 2 – бак-аккумулятор шахтної води; 3 – ТН; 4 – пластинчастий теплообмінник; 5 – бак-аккумулятор гарячої води; 6 – піковий теплогенератор; 7 – система опалення; 8 – система ГВП; 9 – калориферні установки й теплові завіси; 10 – циркуляційний насос системи ГВП; 11 – вузол вводу госпспитного водопроводу.

Шахтна вода, що відкачується на поверхню, надходить до підключеного у байпасний спосіб бака-аккумулятора шахтної води, де встановлений прийомний теплообмінний контур ТН із первинним теплоносієм, що кипить при температурі шахтної води. Із ТН підігрітий вторинний теплоносієм надходить до пластинчастого теплообмінника, де підігріває холодну воду на потреби ГВП. Оскільки теплове навантаження змінюється залежно від температури зовнішнього повітря, а витрата води із шахти залишається практично постійною, установлений бак запасу гарячої води, дозволяє акумулювати теплоносієм, що надходить на потреби ГВП і вентиляції (у тому числі калориферних установок). Як резервне джерело теплоти може використовуватися котельне устаткування, що залишається після модернізації.

За відомою методикою, основою на спільному розв'язанні рівнянь теплового балансу установки і рівняння теплопередачі, проведені розрахунково-аналітичні дослідження теплового потенціалу шахтної води і аналіз можливого заміщення теплового навантаження шахтної котельної установки. При цьому прийнято, що в ТН використовується теплота шахтної води при її охолодженні від 12 до 7 °С і витраті 65,3 кг/с (за найбільш несприятливих умов). За результатами досліджень, наведених в таблиці 3, стає можливим спрогнозувати економічну доцільність впровадження ТН.

Таблиця 3 – Аналіз теплового потенціалу шахтної води

Вид теплового навантаження	Частка в загальному навантаженні	Видобуток шахти, млн. т/рік	Теплове навантаження, МВт	Можлива теплова потужність ТН, МВт	Відсоток заміщення основного навантаження
Опалення	0,25	1,5	2,5	-	0
Вентиляція	0,65		6,5	0,4	6
ГВП	0,1		1,0	1,0	100
Усього	1		10,0	1,4	14

Економічна ефективність установки ТН буде оцінюватися економією коштів за рахунок неспалювання природних ресурсів і зменшення плати за викиди. Економія палива за умови використання вугілля з нижчою теплою згорання $Q_n = 20,89$ МДж/кг складе

$$E_m = \frac{3,6 \cdot Q \cdot n}{Q_n \cdot \eta_{ка}} \cdot C;$$

де Q – загальна теплова потужність встановленого ТН, МВт;

n – число годин роботи ТН на рік; при навантаженні на ГВП і потреби калориферних установок, з урахуванням робіт по профілактиці обладнання ця величина складе 8 400 годин;

$\eta_{ка}$ – ККД котлоагрегату, для встановленого устаткування становить приблизно 70 %;

C – вартість 1 тонни розрахункового вугілля за даними ООО «Тера – 1», становить 500 грн;

$$E_m = \frac{3,6 \cdot 1,4 \cdot 8400}{20,89 \cdot 0,7} \cdot 500 = 1447582 \text{ грн.}$$

Слід зазначити, що при встановлюванні ТН насосів фірми «Екотепло» для забезпечення теплової потужності 1,4 МВт вартість устаткування (K) складе 265 300 грн., отже окупність установки без урахування відвертаного викиду буде

$$E = \frac{K}{E_m + E_e} = \frac{265300}{1447582} = 0,2 \text{ року.}$$

Максимально використовувати теплову енергію скидних вод і мінімізувати застосування інших видів палива дозволяє система автоматичного регулювання, яка координує роботу всіх підключених елементів: як ТН, так і традиційного опалення.

Перевага ТН, що використовує теплоту шахтної води, у порівнянні з іншими аналогічними установками очевидна: витрата і температура теплоносія, що гріє, не залежить від пори року, а залежить тільки від виробничої потужності гірничовидобувного підприємства. Для забезпечення безперебійного теплопостачання від ТН встановлені баки-акумулятори, здатні зберігати вироблене тепло і віддавати його споживачеві в міру необхідності. Первісні витрати на побудову такої системи теплопостачання високі, оскільки вимагають придбання спеціального устаткування, проте споживачі, враховуючи прогнозоване підвищення вартості енергоносіїв і опалювального обладнання, встановлюють ТН уже сьогодні. Той факт, що ТН – екологічно безпечні системи, надає їм додаткові переваги.

ВИСНОВКИ

1. Впровадження ТН на шахтній воді вирішить проблему якісного теплопостачання гірничовидобувних підприємств, можливе кондиціонування громадських приміщень в літній період. Відбувається стабілізація виробничого процесу за рахунок рівномірної подачі теплоти на виробничі потреби.

2. В результаті впровадження ТН знижуються викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сліпець, І. В. Ринок теплових насосів в Україні та світі [Текст] / І. В. Сліпець // Світогляд. – 2008. – № 4. – С. 50–51.
2. Галимова, Л. В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы [Текст] : учебн. пособие / Л. В. Галимова. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 1997. – 226 с. – Библиогр.: с. 125.
3. Фомина, О. Шахтные воды могут стать недорогим источником тепловой энергии [Электронный ресурс] / О. Фомина. – Режим доступа : <http://www.uaenergy.com.ua/>.
4. Использование шахтных вод для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения [Электронный ресурс] / В. В. Кульченко, Ю. Н. Резников, В. И. Полтавец, О. А. Улицкий // Охорона довкілля та екологічна безпека : Збірка доповідей науково-практичної конференції. Т. 1. – Донецьк, 2001. – Режим доступа : <http://masters.donntu.edu.ua/2003/fgtu/voznensenskaya/library/dok4.htm>.
5. Россінський, Р. М. Підземні води ліквідованих вугільних шахт. Властивості й вплив на навколишнє середовище, перспективи очистки підземних вод [Текст] / Р. М. Россінський, В. М. Россінський // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2005. – Вип. 2005–2(50) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 46–49.
6. Мацевитый, Ю. М. Внедрение теплонасосных технологий [Текст] / Ю. М. Мацевитый, Н. Б. Чиркин // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 3. – С. 4–10.

Отримано 02.09.2011

Д. В. ВЫБОРНОВ

ШАХТНЫЙ ВОДООТЛИВ – ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Проанализирована возможность и целесообразность утилизации теплоты шахтного водоотлива с помощью использования энергосберегающих теплонасосных технологий. Сделан детальный обзор рынка тепловых насосов и оценка теплового потенциала шахтного водоотлива с целью его использования. Предложен альтернативный способ теплоснабжения горнодобывающих предприятий путем использования низкопотенциальной тепловой энергии с помощью теплонасосного оборудования. Разработана принципиальная тепловая схема теплоснабжения горнодобывающего предприятия с использованием теплового насоса.

тепловой насос, утилизация, шахтная вода, производственная мощность, добыча, тепловая нагрузка

DMITRY VYBORNOV

WATER DRAINAGE AS HEAT ENERGY SOURCE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Opportunity and expediency of water drainage heat utilization by means of application of energy conservating heat pumping techniques have been analyzed in the paper. The comprehensive survey of the heat pumps market and estimation of thermal potential of water drainage to use it has been made. The alternative way of heat supply of the mining factories has been proposed by the way of usage of low-potential of heat thermal energy with the help of heat pump equipment. The principle thermal scheme of heat supply of the mining factory with the help of usage of heat pump has been developed.

heat pump, utilization, mine water, productive capacity, mining, heat loading

Виборнов Дмитро Володимирович – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання та гарячого водопостачання з використанням теплонасосних технологій.

Выборнов Дмитрий Владимирович – аспирант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения с использованием теплонасосных технологий.

Dmitry Vybornov – a postgraduate of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation in systems of heat supply and hot water supply systems with application of heat pumping techniques.

УДК 621.1:621.31:621.43

Е. І. ДМИТРОЧЕНКОВА, С. І. МОНАХ

Донбаська національна академія будівництва й архітектури

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ Й ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛО- І ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Запропоновано конструктивну схему когенераційної установки для децентралізованого тепло- і електропостачання на базі двигуна внутрішнього згоряння й теплогенератора на твердому паливі. Описано принцип її роботи. Проаналізовано можливі варіанти двигунів, видів палива, систем охолодження двигуна, теплоутилізаційного устаткування, які можуть бути використані в розглянутій схемі. Визначені як позитивні, так і негативні сторони кожного з можливих варіантів.

когенераційна установка, децентралізоване теплопостачання, двигун внутрішнього згоряння, теплоутилізаційне устаткування

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день в Україні гостро стоїть питання економії енергетичних ресурсів, тому що основним видом палива, яке використовується в комунальній теплоенергетиці, є імпортований природний газ. У зв'язку із цим Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України розроблена й затверджена «Галузева програма енергоефективності й енергоощадження в житлово-комунальному господарстві на 2010–2014 гг.» [1]. Вона спрямована на вирішення проблеми підвищення ефективності використання й зменшення споживання енергоресурсів житлово-комунальним комплексом, збільшення обсягів і сфери застосування нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, використання інноваційних технічних, технологічних, організаційних рішень у сфері житлово-комунального господарства (ЖКГ). Тому сьогодні як ніколи актуальним є розробка схемних рішень теплопостачальних установок, які б дозволили замість імпортованого палива (природного газу) використовувати місцеві види палив, нетрадиційні й поновлювані джерела енергії, а також за рахунок установа теплоутилізаційного устаткування знижувати витрати на отримання основної продукції – теплової енергії.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі [2] наведені різні варіанти схем когенераційних установок на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), у тому числі й у комплексі з водогрійним котлоагрегатом. Однак у них не передбачена утилізація теплоти продуктів згоряння теплогенератора, а також використання вторинних енергетичних ресурсів.

МЕТА СТАТТІ Й ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дана робота присвячена розробці схеми когенераційної установки, призначеної для децентралізованого тепло- і електропостачання, а також аналізу варіантів устаткування, яке може бути використане в конструкції установки.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

На кафедрі теплогазопостачання й вентиляції Донбаської національної академії будівництва й архітектури розроблена когенераційна установка (КГУ) для децентралізованого тепло- і електропостачання. Особливо доцільним буде впровадження цієї установки у важкодоступних, не-

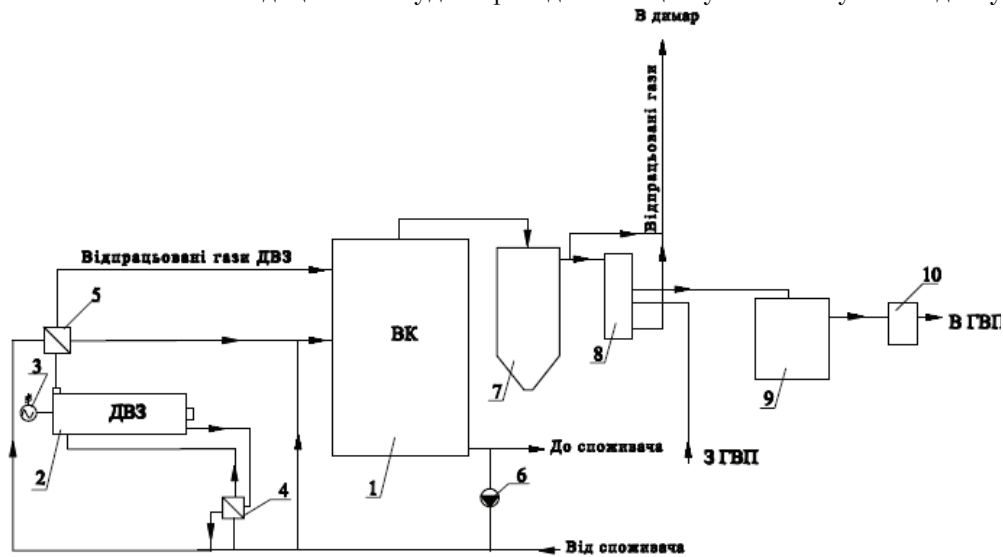


Рисунок 1 – Когенераційна установка на базі двигуна внутрішнього згоряння й котлоагрегату на твердому паливі із трьома утилізаторами теплоти, один із яких зблокований з геотермальною теплонасосною установкою (ТНУ) і подачею продуктів згоряння ДВЗ у топкову камеру котла.

Конструкція установки містить у собі: водогрійний котлоагрегат 1, двигун внутрішнього згоряння 2, генератор електричного струму 3, теплообмінний апарат (ТА) системи охолодження двигуна типу «вода–вода» 4, теплообмінний апарат утилізації теплоти продуктів згоряння ДВЗ типу «газ–вода» 5, рециркуляційний насос 6, золоуловлювач 7, теплообмінний апарат конденсаційного типу (КТ) 8, зблокований з геотермальною ТНУ 9, електричний накопичувальний бак 10.

Двигун 2 охолоджується водою, що циркулює по замкнутому контурі. Теплота, відрібрана від ДВЗ у теплообмінному апараті 4, передається теплоносієві зі зворотної системи тепlopостачання. Остаточний підігрів цієї води здійснюється відпрацьованими газами в теплообмінному апараті 5. Підігріта в такий спосіб вода змішується з мережною водою, тим самим підвищуючи її температуру. Після чого розрахункова витрата теплоносія подається в котельний агрегат 1 для наступного підігріву до необхідних параметрів. Для забезпечення стабільного температурного режиму роботи блока ДВЗ передбачена лінія рециркуляції із установленим на ній рециркуляційним насосом 6. Продукти згоряння твердого палива очищаються в золоуловлювачі – циклоні 7, а потім надходять у КТ 8, де відбувається їхнє охолодження до температури нижче від точки роси. У даному теплообмінному апараті як теплоносіє, що нагрівається, використовується вода зі зворотної системи гарячого водопостачання. При цьому кількість продуктів згоряння, що проходять через теплоутилізатор, залежить від необхідної теплової потужності. Якщо немає необхідності використовувати всі димові гази, то необхідна їхня кількість надходить в утилізатор, охолоджується там, а потім, змішуючись із кількістю, що залишилася, за допомогою димососа направляється в димар. А вода, попередньо підігрівшись у КТ, направляється в ТНУ 9 для наступного підігріву. Підігріта вода надходить в електричний накопичувальний бак 10. Джерелом електроенергії для двигунів і насосів є електрогенератор 3.

Серед основних заходів, викладених в [1], можна виділити ті, які допоможе вирішити запропонована когенераційна установка, а саме: впровадження комбінованого виробництва теплової й електричної енергії (когенерації); удосконалення схем тепlopостачання населених пунктів; заміна існуючих котлоагрегатів на нові з більш високим ККД; утилізація теплоти димових газів; використання місцевих видів палива (вугілля, торфу, деревини й т. п.); залучення нетрадиційних видів палива, вторинних теплових енергоресурсів.

На основі проведених досліджень [3] установлено, що створювати когенераційну установку для потреб децентралізованого тепло- та електропостачання найбільш доцільно на базі поршневого двигуна, що працює на рідкому або газоподібному паливі.

газифікованих районах, там де є дефіцит електричної енергії, а також у регіонах, де є запаси твердого палива й вторинних енергетичних ресурсів. Схема розробленої установки представлена на рисунку 1.

Ефективність застосування газу в поршневих двигунах у порівнянні з рідким паливом обумовлена наступними перевагами: в 1,5–2,0 рази зменшується зношування основних деталей циліндропоршневої групи; значно знижується токсичність відпрацьованих газів.

Газові двигуни звичайно створюють на базі двигунів, що випускаються серійно і працюють на рідкому паливі. При конвертуванні на газоподібне паливо серійного двигуна його основні вузли й деталі залишаються незмінними. У газовій модифікації дизеля, призначеної для роботи на газоподібному паливі, замість дизельної паливної системи використовується система підведення газу до двигуна й у циліндри та система електричного запалювання. Відповідно до якості використовуваного газу, якщо буде потреба, можна зменшувати ступінь стиску для забезпечення бездетонаційного згоряння газоподібного палива. При зниженні ступеня стиску потужність газової модифікації зменшується в порівнянні з базовим двигуном [4]. Умови сумішоутворення газового двигуна забезпечують відсутність сажі й значно меншу кількість оксиду вуглецю в продуктах згоряння, ніж у двигунів, що працюють на рідкому паливі. При цьому моторне масло менше забруднюється продуктами згоряння. При спалюванні від електричної іскри надійне запалення забезпечується при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,7\text{--}1,8$. Подальше збільшення α зменшує ефективність згоряння. У цьому випадку двигун працює хитко.

Частка теплової енергії, перетвореної в індикаторну роботу, в дизелів вище, ніж у карбюраторних двигунів внаслідок більш високого ступеня стиску. Найкраще значення індикаторного ККД у сучасних карбюраторних двигунів 0,38, а в дизелів – 0,53. Частка теплової енергії, перетвореної в ефективну роботу, також вище в дизелів. З погляду роботи розробленої КГУ більше значення ефективної роботи дизеля означає, що можливе одержання більшої кількості електричної енергії.

Частка теплової енергії, що відноситься відпрацьованими газами, у карбюраторних двигунів трохи вище, ніж у дизелів внаслідок гіршого використання в них теплової енергії палива [5]. Це виражається в більш високих температурах відпрацьованих газів у карбюраторних двигунів.

Отже, у карбюраторному двигуні, при однакових потужностях з дизелем, можливе одержання більшої кількості тепла, але меншої кількості електричної енергії.

Віддати перевагу використанню того або іншого типу двигуна однозначно не можна. Явні переваги або недоліки різних типів двигунів у різних ситуаціях при роботі КГУ можуть бути як позитивними, так і негативними. При виборі двигуна необхідно враховувати наступні фактори:

- наявність місцевих видів палива. Наявність таких джерел, як біогаз або вторинні газові ресурси, істотно знизять витрати на когенераційну установку. Якщо таких джерел немає або неможливо їх використовувати, то потрібно вибирати варіант із меншими транспортними витратами на доставку палива. Якщо це не газифіковані райони, то вибір тут очевидний – рідке паливо;

- важливим фактором є вибір основного продукту роботи КГУ – тепла або електрична енергія;

- необхідно враховувати й характер навантаження. Очевидно, що для об'єктів ЖКГ спостерігається нерівномірність добового споживання електричної й теплової енергії. Проведені експерименти підтверджують, що максимальний ККД спостерігається при роботі когенераційної установки в номінальному режимі. А це значить, що відношення $N_{\text{теп}}/N_{\text{ел}}$ повинне бути постійним. Питання нерівномірності відбору потужності споживачем може бути вирішене установленням додаткових пристроїв (наприклад, акумуляторів), що дозволяють накопичувати енергію й віддавати її в потрібний час.

Істотне значення при розробці технологічної схеми когенераційної установки має система охолодження ДВЗ, що значною мірою визначає конструкцію й експлуатаційні якості не тільки двигуна, але й всієї установки в цілому. За видом робочого тіла, що охолоджує голівки (кришки) циліндрів і самі циліндри, системи охолодження ділять на рідинні й повітряні.

Двигуни з водяним охолодженням більш поширені, краще освоєно їхнє виробництво, тому їхня вартість менша, ніж двигунів з повітряним охолодженням. Двигуни з повітряним охолодженням середньої й великої потужності мають гірші масові й габаритні показники. Однак у цілому в силових установках з такими двигунами ці показники, як правило, кращі, ніж в установках із двигунами з рідинним охолодженням [4]. Пуск двигунів з повітряним охолодженням менш ускладнений при низьких температурах. Витрата палива менша, але витрата масла більша. Швидше відбувається прогрів, більша надійність, а обслуговування набагато простіше.

До істотних недоліків рідинного охолодження відноситься неможливість тривалої роботи двигу-

на навіть при частковій втраті охолодженої рідини. Якщо як охолоджуюча рідина використовується вода, то ще одним істотним недоліком є небезпека її замерзання, що істотно ускладнює експлуатацію двигуна. Через менш інтенсивне охолодження газів у циліндрі двигуна з повітряним охолодженням, кількість теплової енергії, що йде з відпрацьованими газами, у них більше, ніж у двигунів з водяним охолодженням.

При виборі системи охолодження також необхідно враховувати схему роботи установки, тип теплоутилізаційного устаткування, потребу в теплоносієві.

Якщо здійснювати утилізацію теплової енергії від повітряної системи охолодження, то варто звернути увагу на той факт, що ККД газоподводячих теплообмінних апаратів нижче, ніж у водоподводячих.

Для правильного вибору типу двигуна й схеми утилізації теплоти, які будуть найбільш ефективними в когенераційній установці, необхідний аналіз термодинамічних характеристик енергетичних потоків установки у кожному конкретному випадку.

Для виробництва теплоносія для системи опалення в розробленій КГУ, запропоновано використовувати сучасний водогрійний котлоагрегат необхідної (для даної децентралізованої системи теплопостачання) теплової потужності.

При цьому як теплогенеруючу установку (ТГУ) пропонується використовувати для умов України котел на твердому паливі, тому що в цьому випадку немає необхідності в імпортованому природному газі. У цей час на ринку паливних котлів України широко представлені сучасні ефективні теплогенератори, що працюють на вугільному, деревному паливі й на паливі, виготовленому з побутових відходів. Вибір конкретного теплогенератора буде визначатися необхідною тепловою потужністю й місцевими паливними умовами.

Відповідно до розробленої конструктивної схеми, наведеної на рисунку 1, відпрацьовані гази після ДВЗ 2 і ТА «газ–вода» 4, направляються в топкову камеру котлоагрегату для утилізації їхньої теплоти й надлишку повітря.

Важливим питанням при розробці конструктивної схеми й підборі технологічного устаткування КГУ є вибір теплообмінного устаткування.

Процес утилізації теплоти в установках на базі поршневого двигуна і теплогенератора можна розділити на три етапи. На першому етапі утилізується теплота рідини або повітря, що охолоджує (залежно від типу системи охолодження), на другому – теплота відпрацьованих газів двигуна, а на третьому – теплота газів, що відходять з котла. На кількість теплоти, яку можна одержати в кожному з контурів і на вибір конкретного типу ТА впливають такі параметри, як температура газів і температура охолоджуючої рідини.

Умови роботи теплообмінних апаратів істотно відрізняються: ТА 4 експлуатується при порівняно низьких температурах теплоносіїв, а утилізатор 5 – не тільки при їх більш високій температурі, але й за умови можливого забруднення поверхні теплообміну частками сажі.

Для утилізації теплоти в системі охолодження двигуна в розробленій конструктивній схемі КГУ пропонується використання теплообмінних апаратів пластинчастого типу, які мають досить високий ККД (90–95 %). Найбільшими європейськими виробниками такого теплообмінного устаткування є фірми Alfa Laval і Danfoss.

Для підбору теплообмінного апарату з метою його встановлення в газовідвідній частині двигуна варто враховувати, що вихлопні гази ДВЗ містять дрібні частки сажі й/або незгорілого мастила. Вони утворюють на стінках труб пористі низькотеплопровідні відкладення, що істотно знижують теплову потужність утилізатора й збільшують аеродинамічний опір його газового тракту. Після механічного очищення поверхонь нагрівання ТА повністю відновлюються його вихідні показники. Необхідність періодичного очищення визначається за показниками термодатчиків, встановлених на рідинних і газових патрубках.

При виборі теплообмінного апарату конденсаційного типу слід зазначити, що найважливішою умовою їхнього використання є висока корозійна стійкість, тому що конденсат, що виділяється із продуктів згорання, має кисле середовище [6].

Авторами статті розроблена методика розрахунку й підбору основного технологічного устаткування для розглянутої когенераційної установки з метою децентралізованого тепло- і електропостачання.

ВИСНОВОК

У розробленій когенераційній установці разом з тепловою енергією виробляється й електрична, яка використовується для роботи двигунів, вентиляторів, димососів та насосного парку установки.

Такі заходи, як поступовий підігрів мережної води в утилізаційному встаткуванні блоку ДВЗ та подача димових газів двигуна в топкову камеру теплогенератора, сприяють як зниженню витрати палива, так і певному екологічному ефекту. Установка конденсаційного теплообмінного апарата, зблокованого з геотермальною ТНУ, дозволяє одержати ще один продукт при роботі установки – теплову енергію для системи гарячого водопостачання. А запропоновані варіанти устаткування, яке може бути використаним в конструкції розробленої КГУ, надають можливість вибору залежно від умов експлуатації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010–2014 рр. [Текст] / Міністерство з питань житлово-комунального господарства. – К., 2009. – 26 с.
2. Дмитроченкова, Э. И. Аналитические исследования структурных схем когенерационных установок для систем теплоснабжения [Текст] / Э. И. Дмитроченкова, С. И. Монах, С. М. Орлов // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2009. – Т. 5, № 3. – С. 107–112.
3. Клименко, В. Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями [Текст] : справочное пособие. В 3-х частях. Часть 1: Общие вопросы когенерационных технологий / В. Н. Клименко, А. И. Мазур, П. П. Сабашук. – К. : ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.
4. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] / А. С. Орлин. – М. : Машиностроение, 1985. – 456 с.
5. Поспелов, Д. Р. Двигатели внутреннего сгорания с воздушным охлаждением [Текст] / Д. Р. Поспелов. – М. : Машиностроение, 1971. – 536 с.
6. Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках [Текст] / А. А. Кудинов. – Ульяновск : УлГТУ, 2000. – 139 с.

Отримано 26.09.2011

Э. И. ДМИТРОЧЕНКОВА, С. И. МОНаХ
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Предложена конструктивная схема когенерационной установки для децентрализованного тепло- и электроснабжения на базе двигателя внутреннего сгорания и твердотопливного теплогенератора. Описан принцип ее работы. Проанализированы возможные варианты двигателей, видов топлива, систем охлаждения двигателя, теплоутилизационного оборудования, которые могут быть использованы в рассматриваемой схеме. Определены как положительные, так и отрицательные стороны каждого из возможных вариантов.

когенерационная установка, децентрализованное теплоснабжение, двигатель внутреннего сгорания, теплоутилизационное оборудование

ELLA DMITROCHENKOVA, SVETLANA MONAH
DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SCHEMATIC DRAWING AND PRODUCTION EQUIPMENT SELECTION FOR COHERENT PLANT FOR DECENTRALISED HEAT AND POWER SUPPLY
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The structural schematic drawing of coherent plant for decentralised heat and power supply on the base of the internal combustion engine and solid fuel heat generator has been proposed. The principle of its operation has been outlined. The possible variants of engines, types of fuel, engine cooling systems, heat utilization equipment, which can be used in the considered drawing, have been analyzed. Both positive and negative aspects of each of the possible variants have been considered.

coherent plant, decentralised heat supply, internal combustion engine, heat utilization equipment

Дмитроченкова Елла Ігорівна – асистент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: використання когенераційних технологій в системі тепlopостачання.

Монах Світлана Ігорівна – к. т. н., доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання.

Дмитроченкова Элла Игоревна – ассистент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: применение когенерационных технологий в системах теплоснабжения.

Монах Светлана Игоревна – к. т. н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения.

Ella Dmitrochenkova – a teaching fellow of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply, and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: application of coherent techniques in heat supply systems.

Svetlana Monah – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Heat and Gas Supply, and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation in heat supply systems.

УДК 632.15

А. С. ТОЛСТЫХ, А. О. ВАСИЛЬЕВ, К. А. ЖЕЛЕЗНЯК
Донецкий национальный университет экономики и торговли

ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОРБЦИИ NO_x ЩЕЛОЧНЫМИ РАСТВОРАМИ В ГАЗЛИФТНЫХ АБСОРБЕРАХ

В статье показаны результаты экспериментов по абсорбции оксидов азота в газлифтах новых конструкций. Исследована работа газлифтов в качестве абсорберов NO_x . Получены положительные результаты по очистке газов от оксидов азота. Расчеты на основании проведенных экспериментов показали, что коэффициент абсорбции в газлифтах значительно выше, чем в традиционных абсорберах.

газлифт, оксиды азота, коэффициент абсорбции, абсорбер, абсорбент, режим абсорбции

Широко известен вред, наносимый оксидами азота окружающей среде, задача обезвреживания которых является серьезной проблемой в современной инженерной экологии. В настоящее время достаточно детально изучены и проработаны несколько направлений и ряд способов внутри них по очистке отходящих газов различных производств от NO_x . Одними из самых распространенных методов являются сорбционные, осуществляемые в различных контактных аппаратах. На эффективность этих газоочисток, в числе прочих важных факторов, влияет конструктивное оформление контактных аппаратов. Традиционно, в целях хемосорбции, используют полые или насадочные скрубберы всевозможных конструкций. Однако такие абсорберы представляют собой достаточно громоздкие аппараты, имеющие к тому же достаточно невысокую степень очистки. В этом свете очень интересным и перспективным представляется применение газлифтов в качестве контактных аппаратов для щелочного поглощения оксидов азота. В мировой практике газоочистки эти аппараты не получили распространения, несмотря на их высокую потенциальную состоятельность.

Нами были проведены исследования процесса поглощения оксидов азота в газлифтных аппаратах из низкоконтрационной газовой смеси. Разработанные газлифтные абсорберы позволяют менять в широких пределах расходы газа и жидкости независимо друг от друга и работать с высокими линейными скоростями газа.

Соотношение NO и NO_2 в газовой смеси было порядка 1:1 и было практически постоянным во всех экспериментах. В качестве абсорбента использовались содовые растворы концентрацией до 100 г/л, циркулировавшие через газлифты по замкнутому циклу. Опыты проводились при комнатной температуре 18–20 °С. Коэффициент абсорбции рассчитывался по уравнению:

$$K = \frac{Q}{qf} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{Q}{B} \ln \frac{C_0}{C},$$

где Q_0 – объемная скорость газовой смеси, м³/с;
 q – поверхность насадки, м²/м³;
 f – свободный объем насадки, м²/м²;
 C_0 – начальная концентрация оксидов азота, %;
 C – конечная концентрация оксидов азота, %.

При интенсивных режимах работы аппарата жидкость в нем находится, в основном, в виде тонкого слоя на стенках. Поэтому произведение $(q \cdot f)$ принято равным внутренней поверхности трубы В.

© А. С. Толстых, А. О. Васильев, К. А. Железняк, 2011

Результаты экспериментов представлены в виде рисунков. На рис. 1 приведена зависимость степени поглощения оксидов азота содовыми растворами в газлифтном аппарате № 2 от расхода газа. Из рисунка видно, что с увеличением расхода газа степень поглощения уменьшается практически линейно.

На рисунке 2 показаны коэффициенты абсорбции для тех же опытов. Из графика видно, что коэффициенты абсорбции имеют экстремальное значение и достигают максимума при 200 л/мин.

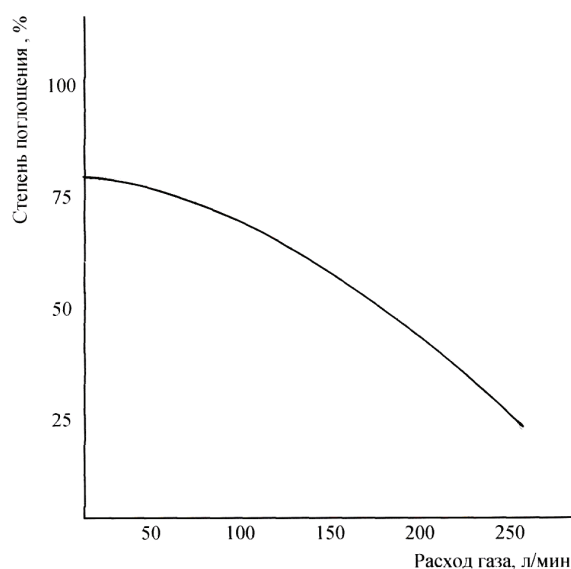


Рисунок 1 – Зависимость степени поглощения оксидов азота содовыми растворами от расхода газа для газлифта № 2 (степень поглощения $\text{NO} = 0,6$, расход жидкости 150–190 л/мин).

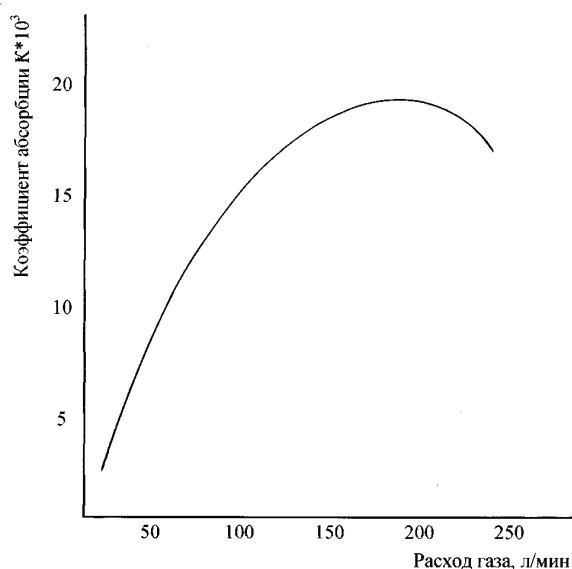


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента абсорбции K оксидов азота содовыми растворами от расхода газа в газлифтном аппарате № 2.

На рисунке 3 приведена зависимость степени поглощения оксидов азота от расхода жидкости в том же газлифтном аппарате при постоянном расходе газа и не изменяющейся концентрации оксидов азота ($1,0 \pm 1,3 \%$). Степень абсорбции практически не зависит от расхода жидкости (по крайней мере, в исследованных пределах от 50 мл/мин до 800 мл/мин.)

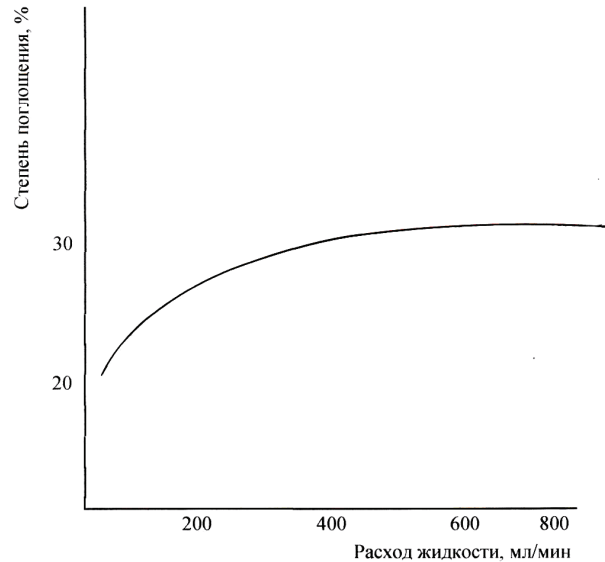


Рисунок 3 – Зависимость степени поглощения оксидов азота от расхода жидкости в газлифте № 2 (концентрация оксидов азота $1,0\text{--}1,3 \%$; расход газа $140\text{--}150$ л/мин).

При расходе газа менее 50 л/мин независимо от концентрации оксидов азота в газе коэффициент абсорбции резко падает, что связано с изменившимся режимом взаимодействия газовой и жидкой фаз. Отношение расходов газа и жидкости (Г:Ж) в этих опытах достигало ($4\ 000:13\ 000$).

Аналогичные результаты получены с газлифтными аппаратами других конструкций.

На рисунке 4 показана зависимость коэффициента абсорбции оксидов азота от их концентрации в различных типах газлифтных аппаратов.

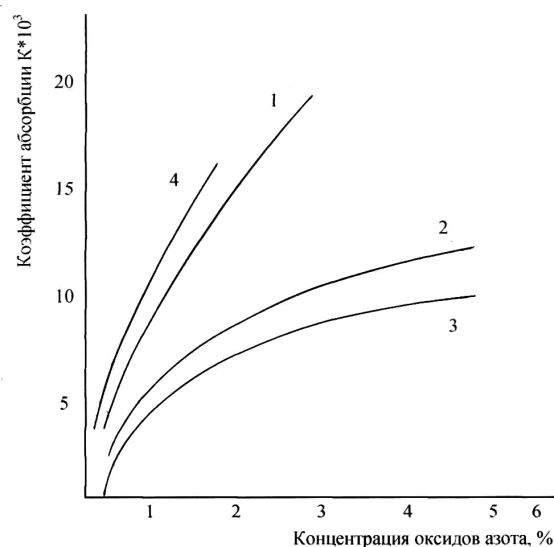


Рисунок 4 – Сопоставление коэффициента абсорбции NO_x содовыми растворами для различных газлифтных аппаратов как функции концентрации оксидов азота в газе.

Кривая 1 соответствует газлифту № 2 (диаметр – 20 мм, высота – 1,8 м). Расход газа был 140–160 л/мин; жидкости – 19–820 мл/мин. Кривая 2 соответствует газлифту № 3 (диаметр – 20 мм, высота – 3,40 м). Расход газа был 180–190 л/мин; жидкости – 180–760 мл/мин. Кривая 3 соответствует газлифту № 4 (диаметр – 20 мм, высота – 6,20 м, аппарат имеет два рабочих хода в лифтовой трубе). Расход газа был 140–180 л/мин; жидкости – 30–250 мл/мин. Кривая 4 соответствует газлифту № 5 (эквивалентный диаметр прямоугольного сечения лифтовой трубы ≈ 10 мм, высота – 4,9 м, число рабочих ходов лифта 7).

Расход газа был 140–180 л/мин; жидкости – 30–260 мл/мин.

В экспериментах все газлифты работали в области минимума их гидравлического сопротивления. Из графиков следует, что общий характер зависимости K от концентрации оксидов азота для всех типов газлифтов одинаков. Увеличение концентрации оксидов азота повышает коэффициент абсорбции, причем наибольший рост наблюдается при низких концентрациях оксидов азота. Более высокие значения K наблюдаются в аппаратах № 2 и № 5, которые имеют малую высоту рабочего хода лифтовой трубы. Для аппаратов № 3 и № 4 коэффициент абсорбции при высоких значениях концентрации оксидов азота намного выше, чем для двух других аппаратов. Это явление может быть связано с влиянием входного эффекта или нарушением нормальной работы газлифта при очень высоких лифтовых трубах. Более высокое значение коэффициента абсорбции в аппарате № 5 может вызываться тем, что в этом аппарате применено прямоугольное сечение трубы, позволяющее снизить эквивалентный диаметр при сравнительно высокой производительности аппарата, а также повышенной скоростью газа.

Расчеты показывают, что в предлагаемых конструкциях газлифтов коэффициент абсорбции значительно выше и превосходит таковые для насадочных башен в сотни раз.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Предложенные конструкции газлифтных аппаратов обладают большей интенсивностью и меньшим гидравлическим сопротивлением, чем обычные газлифты, описанные в литературе.
2. Полученные экспериментальные данные по абсорбции оксидов азота представляют практический интерес для очистки отходящих азотнокислых и сернокислых газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстых, А. С. Очистка технологических газов от NO_x [Текст] / А. С. Толстых, В. А. Кравец, Н. А. Максимова // Вісник Донбаської держ. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка, 2001. – Вип. 2001–6(31) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 7–9. – ISSN 1814–3296.
2. Кондратьев, Д. В. Использование газлифта в пивоварении [Текст] / Д. В. Кондратьев, А. С. Карапетян, В. Б. Тишин // Вестник Междун. акад. холода. – 2007. – № 1. – С. 41–43.
3. Averin, L. K. Tests of different types of gas-lift [Текст] / L. K. Averin // Mountain equipment. – 1998. – V. 12, № 3. – P. 17–19.
4. Averin, L. K. Methods of calculation of gas-lift [Текст] / L. K. Averin // Mountain equipment. – 2000. – V. 9, № 2. – P. 5–8.
5. McLean, A. R. Absorption of oxides of nitrogen is in attachment vehicles [Текст] / A. R. McLean, M. Allen // Chem. Symp. Ser. – 2001. – V. 15, № 22. – P. 10–12.

Получено 21.09.2011

А. С. ТОЛСТИХ, О. О. ВАСИЛЬЄВ, К. О. ЖЕЛЕЗНЯК
ДОСЛІДЖЕННЯ АБСОРБЦІЇ NO_x ЛУЖНИМИ РОЗЧИНАМИ В ГАЗЛІФТ-
НИХ АБСОРБЕРАХ

Донецький національний університет економіки й торгівлі

У статті показані результати експериментів по абсорбції оксидів азоту в газліфтах нових конструкцій. Досліджена робота газліфтів абсорберами NO_x . Отримані позитивні результати по очищенню газів від оксидів азоту. Розрахунки на підставі проведених експериментів показали, що коефіцієнт абсорбції в газліфтах значно вище, ніж в традиційних абсорберах.

газліфт, оксиди азоту, коефіцієнт абсорбції, абсорбер, абсорбент, режим абсорбції

ANDREI TOLSTYKH, ALEKSEJ VASYLYEV, KRISTINA ZHELEZNIAK
STUDY OF NO_x ABSORPTION BY ALKALINE SOLUTIONS IN GAS LIFT
ABSORBERS

Donetsk National University of Economics and Trade

The article reveals the findings of experiments on absorption of nitrogen oxides in gas lift of fresh structures. The gas lift activities have been investigated as NO absorbers. The positive results on gas cleaning from the nitrogen oxides have been obtained. The computations on the basis of performed experiments revealed that the coefficient of absorption in gas lift considerably higher than in conventional absorbers.

gas lift, nitrogen oxides, absorption coefficient, absorber, absorbent, absorption state

Толстых Андрій Станіславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології і фізики Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Наукові інтереси: очищення технологічних газів, які відходять, від пилу і хімічних шкідливостей.

Васильєв Олексій Олегович – асистент кафедри екології і фізики Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Наукові інтереси: очищення технологічних газів, які відходять, від пилу і хімічних шкідливостей.

Железняк Кристина Олександрівна – студентка Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Наукові інтереси: екологічний моніторинг.

Толстых Андрей Станиславович – кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и физики Донецкого национального университета экономики и торговли. Научные интересы: очистка отходящих технологических газов от пыли и химических вредностей.

Васильев Алексей Олегович – ассистент кафедры экологии и физики Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Научные интересы: очистка отходящих технологических газов от пыли и химических вредностей.

Железняк Кристина Александровна – студентка Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Научные интересы: экологический мониторинг.

Andrei Tolstykh – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Ecology and Physics Department of the Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade. Research interests: process off-gas cleaning from dust and dangerous chemicals.

Aleksej Vasilyev – a teaching fellow of the Ecology and Physics Department of the Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade. Research interests: process off-gas cleaning from dust and dangerous chemicals.

Kristina Zhelezniak – an undergraduate of Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade. Research interests: ecological monitoring.

УДК 691

С. И. МОНАХ, Т. В. АШИХМИНА, С. С. БУЛГАКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Были рассмотрены теплоизоляционные материалы, представленные зарубежными и отечественными производителями на рынке теплоизоляционных материалов Украины, которые могут быть использованы для термомодернизации существующих зданий и сооружений. Произведено сравнение их основных теплофизических свойств, а также соответствие требованиям ДБН В.2.6–31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Приведены рекомендации о возможности использованию этих материалов для теплоизоляции наружных ограждающих конструкций.

термомодернизация, теплоизоляционная оболочка, теплоизоляционный материал, теплофизические свойства

Неутепленные и плохо утепленные наружные ограждающие конструкции способствуют не только большому расходу энергии, но и создают также некомфортный микроклимат помещения. Эти проблемы можно решить посредством достаточного утепления наружных ограждающих конструкций. На практике сравнение теплоизоляционных материалов происходит по их цене и теплопроводности, не учитывая таких основных свойств, как коэффициент линейного удлинения, токсичность, долговечность и горючесть. Исходя из всех вышеперечисленных факторов можно определить не только все плюсы и минусы данного материала, но и конструкции, где их применение не допустимо.

Целью проведенных исследований стал анализ рынка теплоизоляционных материалов в Украине и проведение сравнения их основных теплофизических и механических характеристик.

Основными группами теплоизоляционных материалов являются: пенополистирол, минеральная вата, экструдированный полистирол, изделия из вспененного полиэтилена, вермикулитовая теплоизоляция, пенополиуретан, пеностекло, теплоизоляция из натуральной пробки. Показателями для аналитических исследований были выбраны: теплофизические характеристики материалов, прочностные характеристики, в частности их долговечность, стоимость строительно-монтажных работ при проведении термомодернизации. Под долговечностью рассматриваемых теплоизоляционных материалов следует понимать срок службы утеплителя до его полного разрушения; в цену монтажа включена цена самого утеплителя, а также материалов и изделий необходимых для закрепления теплоизоляции на наружной поверхности стены, без финишной отделки. Вышеперечисленные показатели представлены на рисунке 1.

Была произведена оценка теплофизических свойств продукции фирм, производящих вышеперечисленные группы теплоизоляционных материалов и представляющие их на рынке Украины, а именно: минераловатные плиты, пенополистирольные плиты и пеностекло. Для термомодернизации существующих зданий не рекомендуется применять: пенополиуретан, поскольку утепление этим теплоизоляционным материалом целесообразно для конструкций сложной геометрической формы; вспененный полиэтилен, поскольку как самостоятельный теплоизоляционный материал для наружных ограждающих конструкций не применяется. Утепление наружных ограждающих конструкций плитами из пробки не получило распространение, а сами плиты используются для декоративной

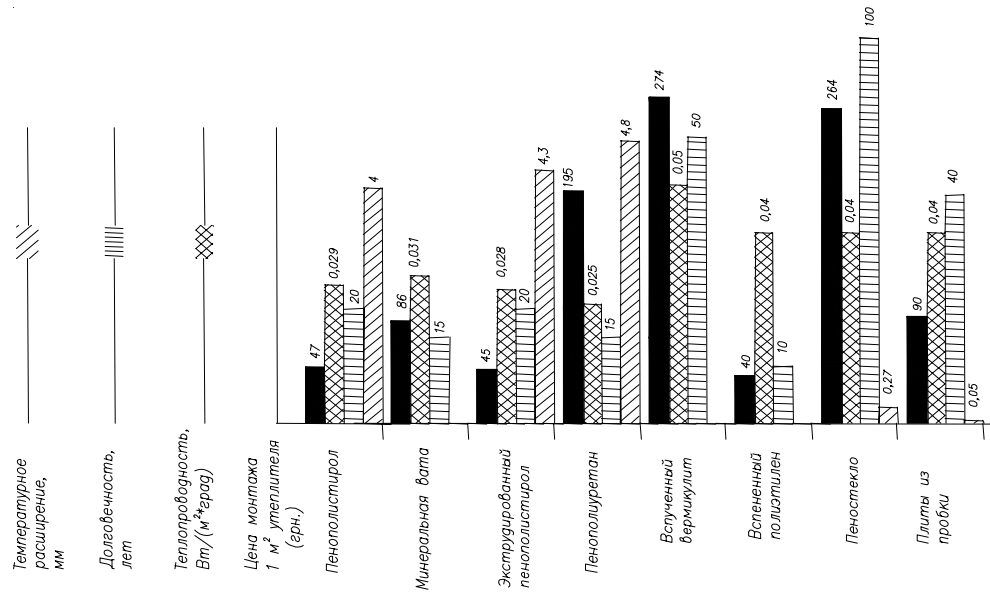


Рисунок 1 – Характеристики групп теплоизоляционных материалов.

отделки помещений. Сравнительный анализ минераловатных плит, плит из пенополистирола и блоков из пеностекла представлен на рисунках 2–4.

Как наиболее оптимальный вариант по всем выше приведенным характеристикам для улучшения теплоизоляционных качеств наружных ограждающих конструкций можно рекомендовать:

1. Для наружных стен:

- пеностекло;
- пенополиуретан, с учётом термического расширения, а также обязательно наличие вентилируемой воздушной прослойки;
- пенополистерол и экструдированный пенополистерол, с учётом термического расширения; обязательно механическое крепление;
- минеральную вату, с обязательным механическим креплением и наличием вентилируемой воздушной прослойки.

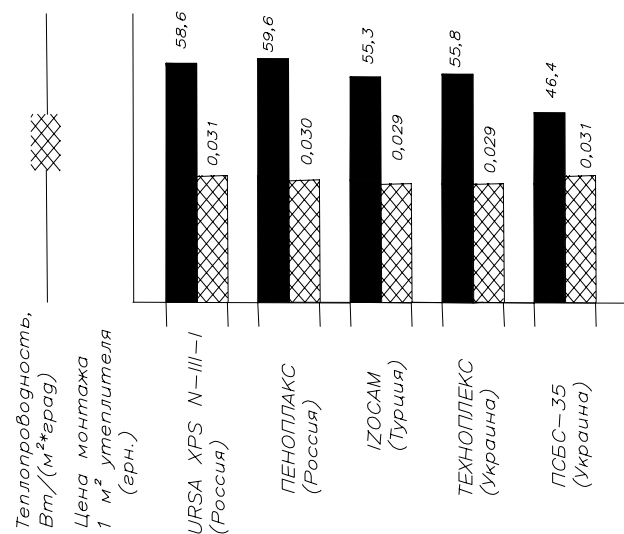


Рисунок 2 – Сравнительный анализ пенополистирольных плит толщиной 30 мм.

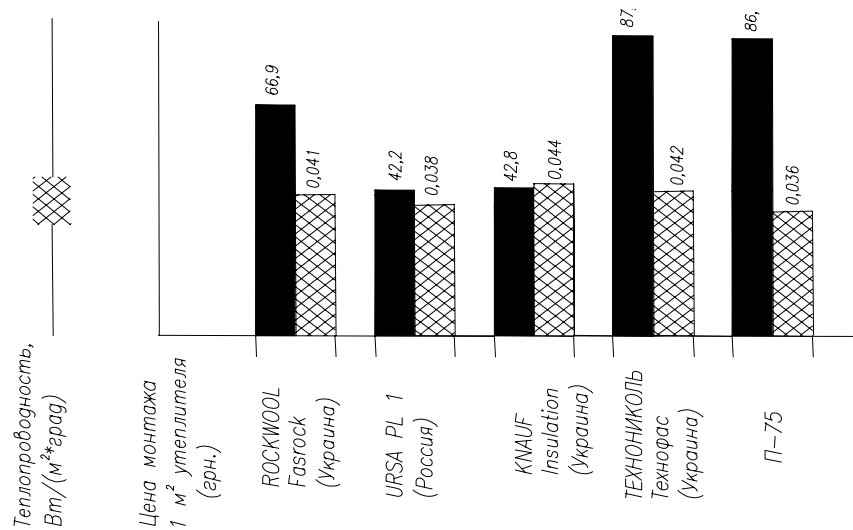


Рисунок 3 – Сравнительный анализ минераловатных плит толщиной 50 мм.

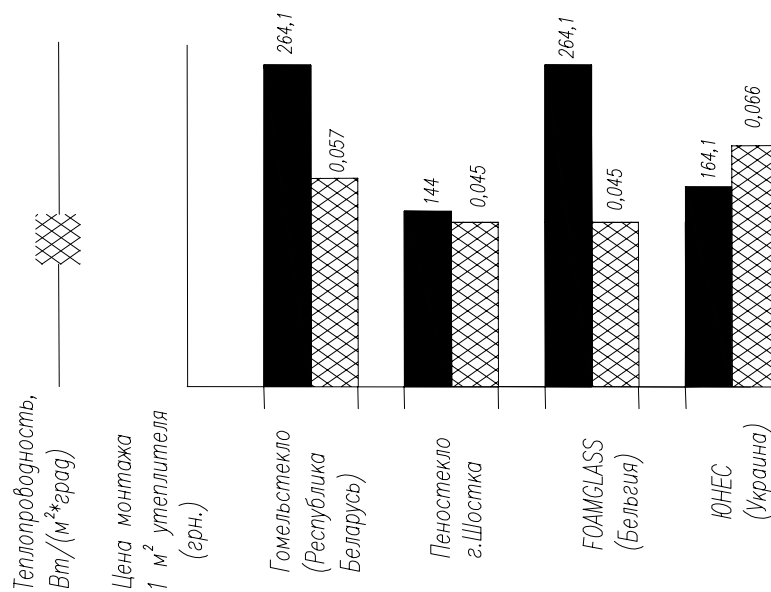


Рисунок 4 – Сравнительный анализ теплоизоляции из пеностекла.

2. Для кровли и покрытий:
 - пеностекло;
 - пенополиуретан, при учёте рабочих температур материала.
3. Для перекрытий:
 - пеностекло;
 - экструдированный полистирол и пенополистирол.
4. Для утепления фундаментов:
 - пеностекло;
 - экструдированный полистирол и пенополистирол;
 - пенополиуретан.

Проведя анализ теплотехнических характеристик различных теплоизоляционных материалов представленных на рынке Украины, можно отметить, что все они удовлетворяют требованиям ДБН В.2.6–31:2006 «Теплова ізоляція будівель», однако также следует уточнить: пенополиуретан, пенополистирол, экструдированный пенополистирол, минеральная вата и изделия из вспененного полиэтилена выделяют токсические вещества, концентрация которых не превышает ПДК, но обладает накопительными свойствами, что ограничивает область применения данных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог технических решений ограждающих конструкций с утеплением минераловатных плит ROCKWOOL [Текст] / Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя Украины, компания ROCKWOOL. – К. : [б. и.], 2001. – 121 с.
2. Тепловая изоляция ограждающих конструкций зданий и сооружений с использованием материалов из пено-стекла [Текст] : Технический кодекс установившейся практики : ТКП 45–3.–02–2006 (02250). – Введен впервые; дата введения 2006. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 78 с.
3. Экструдированный пенополистирол [Электронный ресурс] / ООО «ТК "Еврострой"». – Режим доступа : <http://www.uteplidom.com.ua/fibran.html>.
4. Пеностекло теплоизоляционный и конструктивный материал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.unes.com.ua/production/foamglass/index.htm>.
5. Пеностекло FOAMGLAS – Надежная и экологически чистая теплоизоляция в промышленности и строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.foamglas.ru>.
6. Электронный каталог продукции фирмы URSA «Наружное утепление навесного вентилируемого фасада» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ursa.ua>.

Получено 13.09.2011

С. І. МОНАХ, Т. В. АШИХМІНА, С. С. БУЛГАКОВ
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ТЕПЛО-
ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ІСНУЮЧИХ
БУДІВЕЛЬ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Були розглянуті теплоізоляційні матеріали, представлені зарубіжними і вітчизняними виробниками на ринку теплоізоляційних матеріалів України, які можуть бути використані для термомодернізації існуючих будівель і споруд. Проведено порівняння їх основних теплофізичних властивостей, а також відповідність вимогам ДБН В.2.6–31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Наведені рекомендації про можливість використання цих матеріалів для теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій.
термомодернізація, теплоізоляційна оболонка, теплоізоляційний матеріал, теплофізичні властивості

SVETLANA MONAKH, TAMARA ASHIKHMINA, SERGEY BULGAKOV
COMPARATIVE DETAILS STUDY OF CONTEMPORARY HEAT-INSULATING
MATERIALS FOR THERMAL UPDATING OF EXISTING BUILDINGS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The heat-insulating materials presented by outside and domestic producers on the heat-insulating materials market of Ukraine, which can be used for thermal updating of existing buildings and constructions have been considered in the article. Their basic thermophysical properties and their accordance to the specifications of SBS B.2.6–31:2006 «Heat insulation of buildings» have been compared. The references of opportunity for application of the materials for heat-insulation of exterior enclosing structures have been given.
thermal updating, heat-insulating shell, heat-insulating material, thermophysical properties

Монах Світлана Ігорівна — к. т. н., доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергозбереження в системах тепlopостачання при впровадженні теплонасосних та когенераційних технологій виробництва енергоносіїв.

Ашихміна Тамара Василівна — студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Булгаков Сергій Сергійович — студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсоощадження.

Монах Светлана Игоревна — к. т. н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения при внедрении теплонасосных и когенерационных технологий производства энергоносителей.

Ашихмина Тамара Василиевна — студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Булгаков Сергей Сергеевич — студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Svetlana Monakh — PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation in heat supply systems at adoption of heat pumping and coherent techniques at production of energy carriers.

Tamara Ashikhmina — an undergraduate of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

Sergey Bulgakov — an undergraduate of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

УДК 69.059.7:728

Н. Г. НАСОНКІНА, В. Г. СЄВКА, В. І. ШАТАЛОВ, О. О. НЄШЕВА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

СУЧАСНІ ЖИТЛОВІ ПРОБЛЕМИ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ (НА ПРИКЛАДІ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Проведено аналіз стану житлового фонду на прикладі Донецької області, запропоновано комплексну модель реконструкції забудови.

збудова, реконструкція, будівництво, вартість, житловий фонд, приріст населення

Впродовж багатьох років житлова проблема України залишається однією з першочергових. 90 % житлового фонду країни побудовано ще за часів Радянського Союзу. Житло того часу не відзначається високим рівнем комфортності, зручним плануванням та надійністю. Переважна його частина взагалі була зведена як тимчасове житло, що не передбачає використання житлових площ понад 25–30 років.

З переходом України до ринкових принципів господарювання постає частіше питання будівництва елітного житла класів «преміум» та «де-люкс». Сфера підтримки належної експлуатації вже існуючого житла опинилася у тіні розвитку будівництва елітних житлових комплексів. У таких умовах стає актуальним обґрунтування доцільності вибору реконструкції чи нового будівництва житла.

Мета роботи: виконати детальний аналіз стану житлового фонду та розробити комплексну модель вибору реконструкції житла.

Побудоване у радянські часи житло не призначалося для задоволення естетичних чи моральних потреб людини, а було націлене на надання мінімального рівня фізичного комфорту. Першочерговим завданням того часу було забезпечення населення житлом у стислі терміни та із мінімальними витратами.

Будівництво «хрущовок» частково вирішило поставлені питання, але не усунуло у повній мірі квартирні черги.

Протягом останніх років квартирні черги в Україні зазнали певних змін. За даними Держкомстату [3] обсяги сучасного будівництва у порівнянні з 1990 роком скоротилися вдвічі (рис. 1).

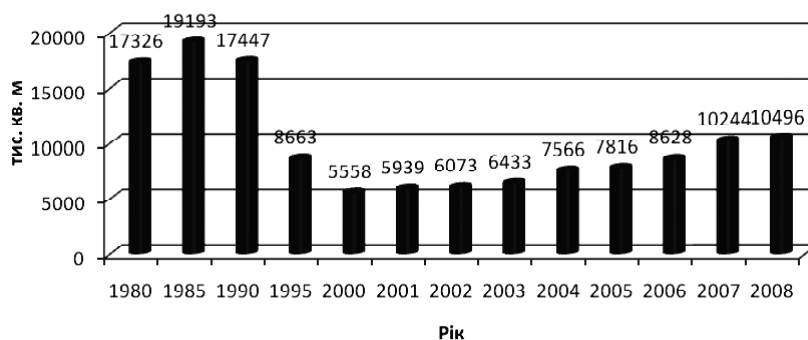


Рисунок 1 – Ведення житла в експлуатацію.

В останні роки кількість сімей та однаків, які перебувають на квартирному обліку, потроху зменшується (рис. 2).

Таке становище пояснюється низьким відсотком нового будівництва та браком коштів у населення на придбання нового житла (рис. 3).

Проаналізуємо існуючий стан житлового фонду на прикладі Донецької області. Основна частка житла у Донецькій області була побудована у 60-і роки XX ст. (рис. 4) і представлена цегляними будинками (рис. 5).

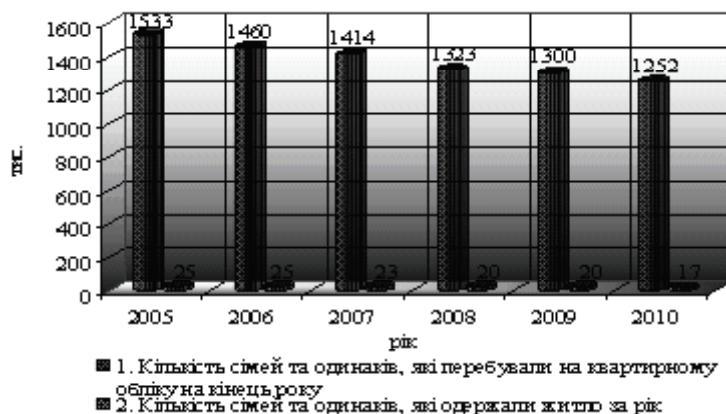


Рисунок 2 – Динаміка співвідношення сімей та однаків, які перебувають на квартирному обліку та сімей та однаків, до тих, що одержали житло.

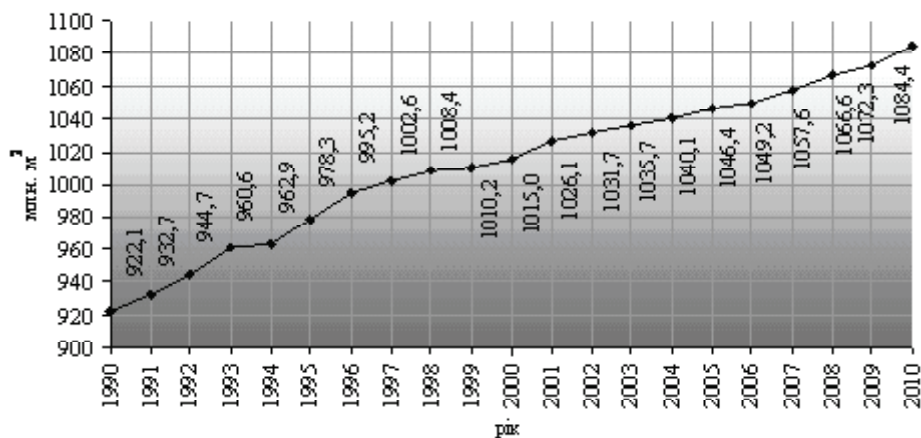


Рисунок 3 – Зміна загальної площі житлового фонду України.

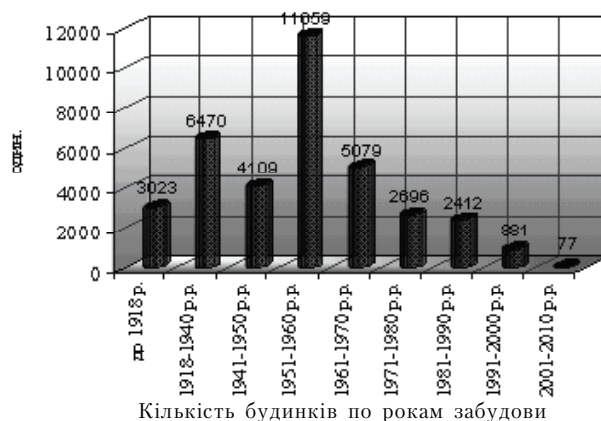


Рисунок 4 – Діаграма залежності житлового фонду Донецької області від року будови.

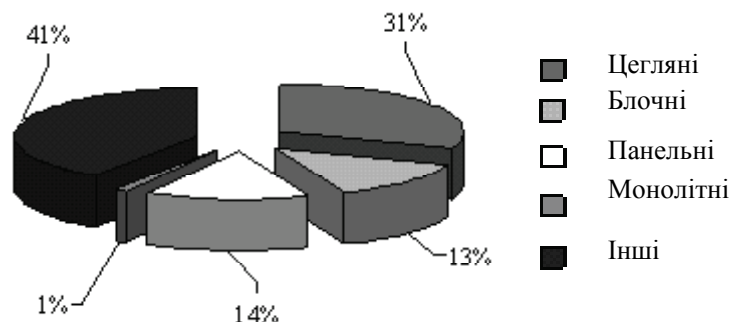


Рисунок 5 – Застосування матеріалу для будівництва житлових будівель.

Впродовж сорокарічного терміну експлуатації житлові будівлі на Донеччині накопили фізичний та моральний знос, що звичайно знижує їх споживацьку привабливість. Проведений аналіз показав (рис. 6), що 10866 будинків мають рівень фізичного зносу від 41 до 60 %, 9 468 будинків – від 61 до 80 %. Із загальної кількості житлових будинків Донецької області 9265 мають рівень зносу більше ніж 80%, тобто потребують негайної реконструкції.

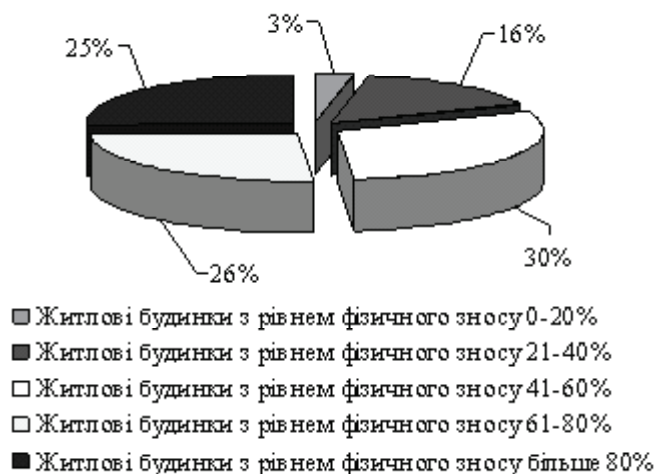


Рисунок 6 – Градація житлових будинків за рівнем фізичного зносу, % до загальної кількості житла.

За даними Головного управління статистики, у Донецькій області останні два роки спостерігається незначний розвиток житлового фонду (близько 1,7 % або 127,9 тис. м²). За станом на 01.02.2010 в Донецьку збудовано 53 багатоповерхових будинки загальною площею 430,34 тис. м². Для порівняння за станом на 01.01.2009 р. будувалося 38 об'єктів загальною площею 165 тис. м².

У будівництві нового житла переважає монолітно-каркасна технологія – 83 %. Цегляні будови складають лише 15 %, а панельні – 2 %. Змінилася у 2010 році у порівнянні з 2009 роком структура пропозиції класів житла у бік збільшення частки «економ» класу з 2 до 12 % і зменшення частки «бізнес» до 83 % та долі «еліт класу» з 11 до 5 % [2].

Середні ціни за 1 м² житла на первинному ринку по Донецьку наведені на рис. 7.

Середня ціна 1 м² житла по місту на вторинному ринку наведена на рис. 8.

Серед тенденцій ринку житлової нерухомості Донецька слід зазначити, що на початку 2010 року купівельні переваги частково почали переміщатися з вторинного ринку на первинні об'єкти житла. Аналогічна ситуація спостерігається у більшості міст країни.

Враховуючи сучасний стан будівництва та попит населення на житло, необхідно розробити комплексну модель вибору реконструкції забудови, яка б об'єднувала усі існуючі підходи, як економічні [4], так і технічні [5] й соціальні [3].

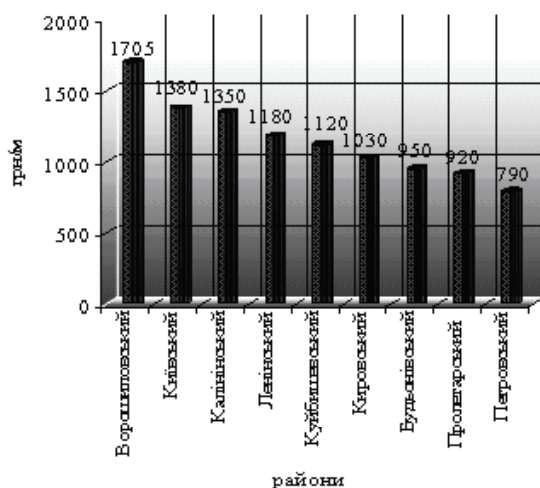


Рисунок 7 – Характеристика середніх цін на первинному ринку житла.

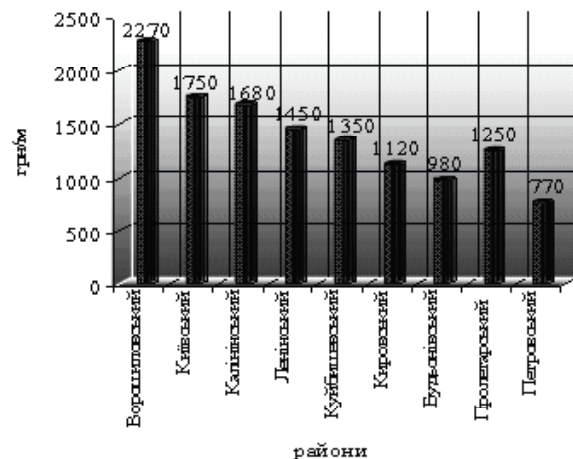


Рисунок 8 – Характеристика середніх цін на вторинному ринку житла.

Проведення заходів з реконструкції житлової будівлі потребує точного визначення економічної доцільності даної реконструкції. Визначення необхідності реконструкції повинно включати у себе збір повної інформації про будівлю та територію її розташування, повноцінний технічний аналіз стану будинку, конструкцій, комунікацій (а також виявлення ступеня придатності і можливість посилення окремих елементів), розрахунок показників економічної доцільності реконструкції та ін. [3].

План загального дослідження житлової забудови наведений на рис. 9.

В сучасних умовах економічного й соціального розвитку українського суспільства реконструкція житлових будівель є одним з головних напрямів збереження існуючого житлового фонду, поліпшення його комфортності і надійності. При цьому також необхідно враховувати усю сукупність споживачьких вимог (рис. 10 [3]) та модель потреби населення у житлі.

Модель квартирних черг необхідно будувати враховуючи, доходи населення та нові ринкові відносини. Використовуючи статистичні дані, можна скласти прогноз забезпечення житлом сімей та однаків, що зареєстровані на квартирному обліку. По-перше, необхідно визначити середньорічну зміну кількості сімей та однаків, які отримали житло (табл. 2).

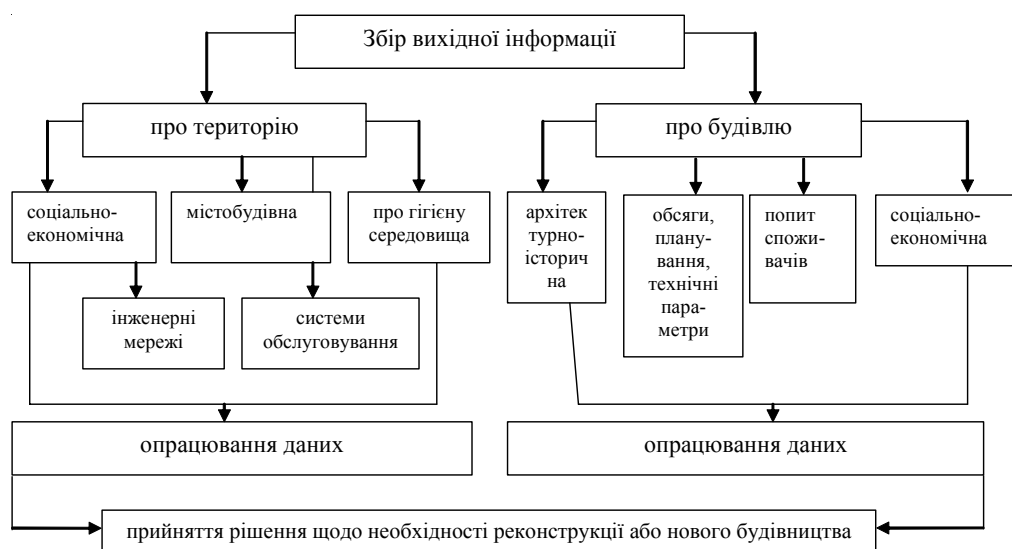


Рисунок 9 – Програма загального дослідження житлового будинку, що реконструюється.



Рисунок 10 – Систематизація споживацьких властивостей житла.

Таблиця 2 – Зведені дані аналітичного згладжування ряду динаміки рівнянням прямої

Рік	Кількість сімей та однаків, які одержали житло, тис., Y	Час, t	t ²	Yt	$\tilde{Y}_t = a_0 + a_1 t$
1993	235	-8	64	-1880	169,0
1994	179	-7	49	-1253	157,0
1995	166	-6	36	-996	145,0
1996	144	-5	25	-720	133,0
1997	104	-4	16	-416	121,0
1998	82	-3	9	-246	109,0
1999	56	-2	4	-112	97,0
2000	47	-1	1	-47	85,0
2001*	37	0	0	0	73,0
2003	32	1	1	32	61,0
2004	29	2	4	58	49,0
2005	25	3	9	75	37,0
2006	25	4	16	100	25,0
2007	23	5	25	115	13,0
2008	20	6	36	120	1,0
2009	20	7	49	140	-11,0
2010	17	8	64	136	-23,0
n = 17	$\Sigma Y = 33848$	$\Sigma t = 0$	$\Sigma t^2 = 408$	$\Sigma Yt = -44283$	$\Sigma \tilde{Y}_t = 1241$

Примітка. * – Розробка звітності за 2002 рік не здійснювалась.

Для знаходження параметрів a_0 і a_1 розв'яжемо систему рівнянь:

$$\Sigma Y = na_0 + a_1 \Sigma t; \quad (1)$$

$$\Sigma Yt = a_0 \Sigma t + a_1 \Sigma t^2. \quad (2)$$

Дану систему нормальних рівнянь можна легко спростити, якщо відлік часу брати з середини ряду таким чином, аби сума часу дорівнювала нулю: $\Sigma t = 0$. У разі відхилення часу від середини ряду, коли $\Sigma t = 0$, система рівнянь для знаходження параметрів a_0 і a_1 має наступний вигляд:

$$\Sigma Y = na_0; \quad (3)$$

$$\Sigma Yt = a_1 \Sigma t^2, \quad (4)$$

Звідки

$$a_0 = \Sigma Y : n, \quad (5)$$

$$a_1 = \Sigma Yt : \Sigma t^2. \quad (6)$$

Використовуючи власні розрахункові дані, визначимо параметри a_0 і a_1 :

$$a_0 = \Sigma Y : n = 1241 : 17 = 73;$$

$$a_1 = \Sigma Yt : \Sigma t^2 = -4894 : 408 = -11,995.$$

Звідси рівняння прямої матиме наступний вигляд:

$$\tilde{Y}_t = 73 - 11,995t. \quad (7)$$

Коефіцієнт регресії у цьому рівнянні $a_1 = -11,995$ характеризує середній приріст (в нашому випадку середнє зменшення) кількості сімей та однаків, що отримали житло за рік.

Підставивши послідовно в рівняння $\tilde{Y}_t = 73 - 11,995t$ значення t (-8, -7, -6, -5 і т. д.), дістанемо згладжений (теоретичний) ряд динаміки кількості сімей та однаків, що отримали житло, який характеризується систематичним зменшенням.

Аналогічно визначимо приріст (зменшення) кількості сімей та однаків, які перебувають на квартирному обліку (табл. 3).

Таблиця 3 – Зведені дані аналітичного згладжування ряду динаміки рівнянням прямої

Рік	Кількість сімей та однаків, які перебували на квартирному обліку, тис., Y	Час, t	t ²	Yt	$\tilde{Y}_t = a_0 + a_1t$
1993	2638	-8	64	-21104	2859,4
1994	2728	-7	49	-19096	2750,8
1995	2696	-6	36	-16176	2642,3
1996	2636	-5	25	-13180	2533,7
1997	2578	-4	16	-10312	2425,2
1998	2411	-3	9	-7233	2316,7
1999	2297	-2	4	-4594	2208,1
2000	2164	-1	1	-2164	2099,6
2001*	2029	0	0	0	1991,1
2003	1765	1	1	1765	1882,5
2004	1624	2	4	3248	1774,0
2005	1533	3	9	4599	1665,4
2006	1460	4	16	5840	1556,9
2007	1414	5	25	7070	1448,4
2008	1323	6	36	7938	1339,8
2009	1300	7	49	9100	1231,3
2010	1252	8	64	10016	1122,8
n = 17	$\Sigma Y = 33848$	$\Sigma t = 0$	$\Sigma t^2 = 408$	$\Sigma Yt = -44283$	$\Sigma \tilde{Y}_t = 33848$

Примітка. * – Розробка звітності за 2002 рік не здійснювалась.

Використовуючи власні розрахункові дані, визначимо параметри a_0 і a_1 :

$$a_0 = \Sigma Y : n = 33848 : 17 = 1991,059;$$

$$a_1 = \Sigma Yt : \Sigma t^2 = -44283 : 408 = -108,537.$$

Звідси рівняння прямої матиме наступний вигляд:

$$\tilde{Y}_t = 1991,059 - 108,537t.$$

Коефіцієнт регресії у цьому рівнянні $a_1 = -108,537$ характеризує середнє зменшення кількості сімей та однаків, які перебували на квартирному обліку, за рік. Таким чином, визначивши середній приріст (зменшення) кількості сімей та однаків, які отримали житло, та тих, які перебувають на квартирному обліку, можемо розробити найімовірніші прогнозні варіанти забезпечення житлом населення, зареєстрованого на квартирному обліку.

Таким чином, враховуючи потребу у житлі, споживацькі вимоги та доцільність нової забудови (чи реконструкції), необхідно обирати шляхи оновлення житлового фонду для кожного конкретного міста, району чи масиву.

ВИСНОВОК

Для вибору системи реконструкції забудови необхідно використовувати комплексну модель із врахуванням усіх параметрів, що впливають на комфортність проживання та забезпеченість населення житлом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Савйовский, В. В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий [Текст] / В. В. Савйовский, О. Н. Болотский. – Х. : Ватерпас, 1999. – 287 с.
2. БудИнформ: Строительный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bud-inform.com.ua/hotnews>.
3. Сучасні техніко-економічні рішення щодо нового будівництва та реконструкції житлового фонду [Текст] / Є. В. Горохов, В. М. Лукашенко, В. Г. Севка, Н. Г. Насонкіна. – Макіївка : ДонНАБА, 2010. – 171 с.
4. Симонов, Ю. Ф. Экономика жилищно-коммунального хозяйства [Текст] / Ю. Ф. Симонов. – М. : ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д : Изд. Центр «МарТ», 2008. – 208 с.
5. Федоров, В. В. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки [Текст] / В. В. Федоров, Н. Н. Федорова, Ю. В. Сухарев. – М. : ИНФА-М, 2010. – 224 с.

Получено 26.09.2011

Н. Г. НАСОНКИНА, В. Г. СЕВКА, В. И. ШАТАЛОВ, Е. О. НЕШЕВА
СОВРЕМЕННЫЕ ЖИЛИЩНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИ-
ЛИЩНОГО ФОНДА (НА ПРИМЕРЕ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ)

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Проведен анализ состояния жилищного фонда на примере Донецкой области, предложена комплексная модель реконструкции застройки.

застройка, реконструкция, строительство, стоимость, жилищный фонд, прирост населения

NADEZHDA NASONKINA, VICTORIA SEVKA, VYACHESLAV SHATALOV,
ELENA NESHEVA
PRESENT-DAY HOUSING PROBLEMS AND AMOUNT OF HOUSING REFUR-
BISHMENT (BY THE EXAMPLE OF DONETSK OBLAST)

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The analysis of the amount of housing state has been carried out by the example of Donetsk Oblast. The complex model of housing development refurbishment has been offered.

housing development, refurbishment, construction, cost, amount of housing, population growth

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

Севка Вікторія Геннадіївна – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки підприємства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: економіка, міське господарство, перспективний розвиток комунального господарства.

Шаталов В'ячеслав Іванович – старший викладач кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток комунального господарства, експлуатація будівель і споруд, розвиток міського господарства.

Нешева Олена Олегівна – магістр кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція житлового фонду, розвиток будівництва.

Насонкина Надежда Геннадиевна – 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.

Севка Виктория Геннадиевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики предприятия Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: экономика, городское хозяйство, перспективное развитие коммунального хозяйства.

Шаталов Вячеслав Иванович – старший преподаватель кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие коммунального хозяйства, эксплуатация зданий и сооружений, развитие городского хозяйства.

Нешева Елена Олеговна – магистр кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция жилого фонда, развитие строительства.

Nadezhda Nasonkina – DSc (Engineering), a Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: water supply, water purification, methods of reliability increase of water supply networks and sewerage.

Victoria Sevka – PhD (Economy), an Assistant Professor of the Enterprise Economy Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: economics, municipal economy, promising development of municipal facilities.

Vyacheslav Shatalov – a senior lecturer of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: municipal services development, operation of buildings and constructions, municipal economy development.

Elena Nesheva – MPhil of the Municipal Economy and Civil Engineering Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: amount of housing reconstruction, building development.

УДК 624. 011 + 628.1

А. Н. БАЧУРИН, А. П. ДЕГТЯРЕВ, В. В. МЕЛЬНИК

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПЛАСТМАССОВАЯ ТРУБА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРАФТАЛАТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

В статье обосновано применение пластмассовых труб в системах коммунального хозяйства. С целью улучшения эксплуатационных свойств труб и устранения недостатков существующих пластмассовых труб предлагается внутреннюю и внешнюю поверхность трубы покрыть пленкой из полиэтилен-терафталата.

пластмассовая труба, покрытие, пленка, полиэтилен-терафталат

Основной задачей технической эксплуатации коммунальных систем является обеспечение надежной работы всех инженерных сетей и сооружений. Все трубопроводы делятся по материалу изготовления на металлические и неметаллические. Для первой группы характерна их высокая прочность, для второй – коррозионная стойкость. Первые чугунные трубы были отлиты в 1465 г., что позволило человечеству коренным образом решить вопросы водоснабжения и водоотведения. Трубы из новых материалов появляются по мере выдвижения к ним новых требований и условий их эксплуатации. Первые стальные трубы были изготовлены в 1852 г. из стального листа с помощью сварки. С развитием органической химии стали широко применяться трубы из полимерных материалов, так называемые пластмассовые трубы. В Европе в год используется до 40 тыс. км пластмассовых труб. Так в Германии объем применения пластмассовых труб из сшитого полиэтилена составил 100 млн. м в год, из полипропилена – около 60 млн. м, а объем производства металлополимерных труб в настоящее время составил 25 млн. м. Украина переживает бурный рост потребления труб из полимерных материалов из-за катастрофического износа существующих инженерных коммуникаций.

Целью работы является обоснование применения пластмассовых труб со специальным покрытием.

Современные технологии сбора и разделения твердых бытовых отходов (ТБО) уже позволяют использовать их твердые фракции и в том числе отходы полиэтилен-терафталата для выпуска полезного продукта. Лавинообразный рост ТБО требует новых подходов и новых решений в мировой проблеме утилизации и ликвидации ТБО. Каждый год более 6,7 млн. тонн ПЭТФ во всем мире перерабатывается в бутылки. В мире современных технологий упаковки отдельное место принадлежит таре из полиэтилен-терефталата (ПЭТФ) [1].

Основными видами термопластов, из которых изготавливаются трубы, являются полиэтилен низкого (ПНД) и высокого давления (ПВД), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ). Под воздействием кислорода воздуха, температуры и ультрафиолетовых лучей происходит старение полиэтилена, выражающееся в ухудшении его физико-механических свойств, изменении структуры и увеличении хрупкости [2].

Полипропилен (ПП) отличается более высокой, чем полиэтилен, температурой плавления, длительной прочностью, химической стойкостью и водостойкостью, перерабатывается в трубы extrusion. Полихлорвинил (ПВХ) химически стоек в агрессивных средах. Его недостатком считается слабая сопротивляемость удару, низкая теплостойкость при отрицательных температурах [2].

В таблице приведены некоторые характеристик труб из различных материалов.

Таблица – Сравнительные характеристики труб

Материал труб	Чугун	Сталь	ЖБ	Полиэтилен ПЭ	Полипропилен ПП
Свойства					
Устойчивость к коррозии	подвержен	подвержен	подвержен	не подвержен	не подвержен
Устойчивость к воздействию химических соединений	не устойчив	не устойчив	не устойчив	устойчив	устойчив
Устойчивость к воздействию микроорганизмов	Средняя устойчивость	Средняя устойчивость	Низкая устойчивость	Высокая устойчивость	Высокая устойчивость
Срок службы	До 50 лет	20-25 лет	8-10 лет	Не менее 50 лет	Не менее
Вторичная переработка	Не подвержен	Не подвержен	Не подвержен	подвержен	подвержен
Индивидуальные свойства	Высокая устойчивость к температурным воздействиям	Повышен. прочность, высокая теплопроводность	Разрушается при отрицательной температуре	Малая термостойкость	Некоторые виды подвержены газопроницаемости

Трубы напорные из полиэтилена изготавливают методом экструзии, соединительные детали изготавливают преимущественно литьем под давлением, а больших диаметров – сваркой. Технологические трубопроводы работают в разнообразных условиях и находятся под воздействием различных давлений и переменных температур, претерпевают периодические охлаждения и нагревы.

Пластиковые трубы широко применяются для работы внутридомовых систем водоснабжения и канализации. Они изготавливаются длиной от 3 до 12 м и внутренним диаметром до 100 мм. Металлопластиковые выпускаются диаметром от 16 до 30 мм, они предназначены для систем внутреннего водо- и теплоснабжения, работоспособны при температуре до 95 °С и давлении до 0,1 МПа. Полипропиленовые трубы (ПП) применяются в системах внутреннего водоснабжения и водоотведения с транспортировкой воды и водосточков с температурой до 80 °С [3].

Пластмассовые трубы нашли широкое применение в системах газоснабжения в Великобритании, Франции и Голландии, где полиэтиленовые трубы полностью завоевали рынок материалов для газовых сетей. Все соединения из этих труб выполняются сварными методами, в связи с чем выпускается весь спектр полиэтиленовых фасонных частей, что позволяет создавать цельносварные полиэтиленовые газопроводы без использования каких-либо металлических элементов.

Пластмассовые трубы используются для обогрева поверхностей с целью предотвращения обледенения и образования снежного покрова поверхностей тротуаров и автостоянок, футбольных полей, для коллекторов тепловых насосных станций. Применяют трубы из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ). Пластмассовые трубы применяют также в качестве внешних оболочек для теплопроводов центрального отопления, прокладки подводных трубопроводов водосборных и водозаборных труб. При этом эти трубопроводы подвергаются воздействию течений воды, что вынуждает применять соответствующие анкерные грузы, создавая дополнительные нагрузки на трубу. Подводные трубопроводы из полиэтилена пригружают бетонными блоками. Имеется опыт применения пластмассовых труб для дренажных систем фундаментов зданий и осушения земель [4].

Используемые в коммунальном хозяйстве стальные, чугунные, железобетонные, металлопластиковые трубы имеют рабочий диапазон от –30 к +95 °С, они склонны к коррозии, нестойки к действию агрессивных сред.

Пластмассовые трубы, в отличие от вышеуказанных, являются коррозионно и химически стойкими, они долговечны, имеют малый коэффициент шероховатости и низкую теплопроводность. Однако пластмассовые трубы подвержены влиянию перепада температур, они легко деформируются и имеют малую механическую прочность. Для устранения этих недостатков, с целью улучшения эксплуатационных свойств труб, предлагается внутреннюю и внешнюю поверхность трубы покрыть пленкой из полиэтилентерефталата [5].

Полиэтилентерефталата (ПЭТФ) – легкий, крепкий материал белого цвета без запаха, имеет плотность 1,36–1,40 г/см. Он обладает высокой термостойкостью в диапазоне температур от –60 к

+170 °С, его температура плавления 255–265 °С, температура размягчения 245–248 °С. ПЭТФ не растворяется в воде и органических растворителях, стоек к действию кислот, имеет высокую прочность и ударную вязкость, стоек к стиранию и действию многократных деформаций на растяжение и изгиб, гигроскопичен. Полиэтилентерефталат хороший диэлектрик, он относительно стоек к действию световых и рентгеновских лучей, технологичен – перерабатывается экструзией, вакуум-формованием, литьем под давлением, вытяжкой из расплава. Он менее других полимеров склонен к действию окружающей среды и практически не разлагается. Изделия из ПЭТФ не имеют вредных компонентов, которые могли бы заражать подземные воды. Отходы ПЭТФ относятся к V классу опасности для окружающей среды (практически безопасны).

ВЫВОД

Покрытие пластмассовой трубы пленкой из ПЭТФ позволяет сберечь температурный диапазон материалов, высокие ударные и прочностные характеристики, стойкость к действию многих кислот, высокие изоляционные характеристики, стойкость к стиранию и действию многократных деформаций на растяжение и изгиб, и таким образом позволяет устранить все недостатки существующих пластмассовых труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PET bottle collection tops 350 000 tonnes [Текст] // Mod. Plast. Int. – 1995. – 25, № 9. – С. 16.
2. Проектирование и монтаж технологических трубопроводов из пластмасс. Справочник [Текст] / В. И. Обвинцев, В. Х. Бондарь, Ю. С. Бурбело [и др.]. – К. : Будівельник, 1985. – 144 с.
3. Гуревич, Д. Ф. Трубопроводная арматура [Текст] : Справочное пособие / Д. Ф. Гуревич. – Л. : Машиностроение, 1980. – 312 с.
4. Каган, Д. Ф. Трубопроводы из пластмасс [Текст] / Д. Ф. Каган. – М. : Химия, 1980. – 296 с.
5. Пат. 45709 Украина, МПК F16 L 9/00. Пластмассовая труба [Текст] / Бачурин А. Н., Дегтярев А. П., Мельник В. В. – № 45709 ; заявл. 18.05.2009 ; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22. – 4 с. : ил.

Получено 19.09.2011

О. М. БАЧУРИН, О. П. ДЕГТЯРЬОВ, В. В. МЕЛЬНИК
ПЛАСТМАСОВА ТРУБА З ПОЛІЕТИЛЕНТЕРАФТАЛАТОВИМ ПОКРИТТЯМ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті обґрунтоване застосування пластмасових труб у системах комунального господарства. З метою поліпшення експлуатаційних властивостей труб і усунення недоліків існуючих пластмасових труб пропонується внутрішню й зовнішню поверхню труби покрити плівкою з поліетилентерефталата.

пластмасова труба, покриття, плівка, поліетилентерефталат

ALEKSEY BACHURIN, ALEXANDER DEGTYARYOV, VICTORIA MELNIK
PLASTIC PIPE WITH POLYVINYLTERAFTALATE COATING
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article has justified the application of plastic pipes in municipal services systems. To improve the operational properties of pipes and eliminate the defects of existing plastic pipes the internal and external surface of the pipe have been proposed to cover with the polyvinylteraftalate coating.

plastic pipe, coating, film, polyvinylteraftalate

Бачурін Олексій Микитович – доцент кафедри технологій, будівельних матеріалів, виробів і автомобільних доріг Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенних твердих побутових відходів у компоненти композиційних матеріалів.

Дегтярьов Олександр Петрович – доцент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: енергоощадні технології в системах тепlopостачання, радіоізотопне приладобудування.

Мельник Вікторія Володимирівна – інженер-проектувальник 2 категорії. Магістр міського будівництва та господарства. Комунальне підприємство «Компанія "Вода Донбасу"», Спеціалізований проектно-конструкторський інститут. Наукові інтереси: дослідження використання пластмасових труб для інженерних мереж і можливість застосування нових матеріалів.

Бачурин Алексей Никитович – доцент кафедры технологии, строительных материалов, изделий и автомобильных дорог Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенных твердых бытовых отходов в композиционные строительные материалы.

Дегтярев Александр Петрович – доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосберегающие технологии в системах теплоснабжения; радиоизотопное приборостроение.

Мельник Виктория Владимировна – инженер-проектировщик 2 категории. Магистр городского строительства и хозяйства. Коммунальное предприятие «Компания "Вода Донбасса"», Специализированный проектно-конструкторский институт. Научные интересы: исследование использования пластмассовых труб для инженерных сетей и возможность применения новых материалов.

Aleksey Bachurin – an Assistant Professor of the Building Materials Technology, Products and Motorways Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of effective techniques of processing of technogenic of municipal solid wastes into composite building materials.

Alexander Degtiaryov – an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservating techniques in heat supply systems, radioisotope instrument engineering.

Victoria Melnik – MPhil, a design engineer of the 2 nd rate of the utility enterprise Water Donbas Company of the specialized design and structural institute. Research interests: study of the plastic pipes use for the system of utility networks and services and opportunities of latest materials application.

УДК 628.4

В. Е. ОКРУШКО, Е. Ю. ШАПОВАЛОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ТБО В ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрено состояние проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами крупных городов Донецкой области, исследованы причины неэффективности функционирования существующей системы управления отходами и определены стратегические направления развития отмеченной системы. В ходе анализа данного вопроса определено, что обезвреживание ТБО как в Донецкой области, так и в Украине в целом постепенно превратилось в наиболее социально значимую и проблемную часть сферы обращения с отходами. Созрела необходимость комплексного подхода к решению проблемы обращения с ТБО. Наличие системы, основанной на единых принципах управления обращением ТБО, позволит обществу с учетом опыта международного сотрудничества осуществлять правильный выбор и разработку программ обращения с ТБО, экологически чистых и экономически эффективных методов, а также технологий их обезвреживания.

отходы, система управления отходами, переработка отходов, направления совершенствования системы управления отходами

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Растет количество производимых бытовых отходов, соответственно, растет количество несанкционированных свалок; в регионе отсутствуют мусоросжигательные и мусороперерабатывающие предприятия; отсутствует раздельный сбор ТБО; транспортировка отходов осуществляется без их сортировки в местах образования, по одноэтапной схеме; не проводится работа с населением по разъяснению правил раздельного сбора ТБО.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Ежегодно в Донецкой области накапливается 5–6 млн. м³ бытовых отходов. Существующие полигоны, куда в основном вывозятся отходы, переполнены и не отвечают санитарно-эпидемиологическим нормам, не имеют паспортов, что приводит к интенсивному загрязнению атмосферы, почвы и подземных вод. В некоторых регионах области имеется положительный опыт по раздельному сбору ТБО; их сортировке и утилизации.

ЦЕЛИ

Уменьшение объемов захоронения ТБО путем внедрения новых современных высокоэффективных методов раздельного сбора, перевозки, хранения, переработки, утилизации и обезвреживания; создание условий для эффективного использования ТБО как энергоресурса; ограничение вредного влияния ТБО на окружающую природную среду и здоровье человека; 100 % охват населения санитарной очисткой.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Необходимость реформирования системы санитарной очистки населенных пунктов с целью минимизации загрязнения окружающей среды давно ни у кого не вызывает сомнения. Для эффективного решения комплекса накопившихся проблем в сфере обращения с ТБО необходимо определить

основные направления их решения с учетом государственной политики в сфере обращения с отходами, то есть разработать долгосрочную стратегию, а затем последовательно ее реализовывать.

Анализ существующей ситуации по обращению с отходами в Донецкой области на данный момент показал следующее:

- 1) обращение с отходами в области не имеет единой отработанной на перспективу системы и находится в начальной стадии;
- 2) отсутствие единой информационной базы данных по ТБО;
- 3) сбор отходов осуществляется по давно устаревшей технологии;
- 4) в основном используется устаревшее, изношенное оборудование и транспортные средства;
- 5) недостаточное обеспечение удобными контейнерами для сбора отходов;
- 6) большое количество стихийно возникших свалок;
- 7) уровень существующих полигонов не отвечает санитарным и экологическим требованиям;
- 8) не везде оборудованы контейнерные площадки по сбору отходов;
- 9) не организован отдельный сбор отходов;
- 10) явно недостаточное финансирование сферы обращения с отходами;
- 11) на низком уровне работа с населением и предприятиями по обращению с отходами и их утилизации.

По результатам анализа системы обращения с ТБО установлено, что на территории Донецкой области накоплено более 400 млн тонн отходов и их количество ежегодно увеличивается примерно на 1,5–1,6 млн. тонн.

Большинство действующих свалок перегружено и не отвечает санитарно-эпидемиологическим нормам, не имеют паспортов, что приводит к интенсивному загрязнению атмосферы, почвы и подземных вод. Медленно решается вопрос создания новых региональных, экологически безопасных полигонов. Во многих населенных пунктах области продолжается образование несанкционированных свалок. Практически отсутствует система организации отдельного сбора, а следовательно, и переработка вторичных ресурсов. При этом удельный вес ресурсоценных компонентов ТБО составляет 24,2 % или 401,8 тыс. тонн, что оценивается по минимальным ценам в 240 млн. грн. в год.

Почти половина жителей Донецкой области считает, что ситуация в системе управления отходами не из лучших и требует незамедлительного решения имеющийся проблемы. Проблема твердых бытовых отходов уже давно вышла на один из основных, и наверно, не требующих отлагательства решений. Мы сами можем в этом убедиться, наблюдая городские свалки и кучи мусора в нашем регионе. Проблема ТБО в Украине коррелируется с показателями и аспектами этой проблемы в мировом масштабе. Она стоит не только перед крупными городами, но и перед небольшими населёнными пунктами нашей страны. Количество ТБО в Украине увеличивается, а их состав (особенно в крупных городах) приближается по составу ТБО в западных странах с относительно возрастающей долей бумажных отходов и пластика. Это связано с прогрессирующим развитием производства новых видов товаров, поступлением на отечественный рынок значительного количества разнообразных товаров импортного производства, применением в торговых операциях сервисного приёма упаковки продукции в удобную тару. По данным Министерства экологии и природных ресурсов Украины, общий объём ТБО и ТПО, накопленных в Украине, составляет более 25 млрд т, из них более 5 млрд т приходится на ТБО, а занимаемая ими площадь – 160 тыс. га; ежегодный прирост ТБО в стране колеблется в пределах 1,5–2,0 %. Для обезвреживания ТБО в Украине применяется практически единственный способ, являющийся пассивным: удаление отходов на полигоны и санкционированные свалки. Количество зарегистрированных полигонов и свалок достигает 2,5 тыс. Масса мусорных свалок не зарегистрирована. Их количество трудно учесть. В 2002 г. решением органов Минэкоресурсов закрыто около 13 тыс. таких свалок. Вывозимые на полигоны ТБО складываются, как правило, без предварительной сортировки. В административном плане в Донецкой области наиболее высокие объёмы образования твёрдых бытовых отходов наблюдаются в таких городах: Донецк, Мариуполь, Макеевка, Шахтёрск, Харцызск, Артёмовск, Краматорск, Константиновка. Анализ ежегодной статистической отчётности позволяет выделить две тенденции в процессах уборки мусора и утилизации ТБО области.

Тенденция первая: мировой опыт свидетельствует, что переработка и утилизация отходов – это источник потенциальных ресурсов, и эти ресурсы становятся существенным фактором экономического развития. Городские отходы на 30–50 % состоят из сгорающих материалов и на 20–40 % – из нестарающего балласта: металла (3–5 %), стекла и керамики (6–8 %).

Тенденция вторая: в Донецкой области наблюдается снижение объёмов удаления ТБО на полигоны. Почти 1,5–2,0 млн м³ ТБО не вывозится из дворов жилых домов, торгово-хозяйственных предприятий и др. Недостаточная санитарная очистка жилого сектора приводит к возникновению стихийных и бесхозных свалок. Прежде всего, такая картина имеет место в частном секторе.

Поэтому в настоящее время очень остро стоят проблемы сбора и утилизации всех видов отходов – твердых бытовых, промышленных, медицинских и др., а также ликвидации несанкционированных свалок, рекультивации полигонов захоронения отходов, уже исчерпавших запланированные объёмы. С этим связаны и вопросы проектирования и строительства новых современных полигонов. Источником финансирования этих работ – исключительно тарифы, которые в силу недостаточной платежеспособности населения не покрывают фактических затрат. В результате муниципальные органы власти вынуждены заниматься латанием дыр за счет тех или иных статей бюджета.

Для того чтобы создаваемая система обращения отходов была корректна с точки зрения исходных данных, необходимо начинать проект с разработки генеральной схемы очистки территории. При этом решаются следующие вопросы:

- инвентаризации источников отходов;
- определения видов отходов и объемов их образования;
- определения мест временного накопления отходов, а также их захоронения;
- определения состояния средств сбора и сортировки отходов, расчета необходимого количества в соответствии с нормативами вывоза;
- расчета фактических затрат (экономически обоснованных тарифов) на очистку территории населенных пунктов;
- определения потребности в контейнерном парке, а также в средствах сбора и транспортировки отходов к местам переработки и захоронения;
- подготовки предложений по оптимизации схемы движения отходов от мест их временного накопления до полигона захоронения.

Следующим шагом на пути создания системы обращения отходов является разработка предложений по переработке отходов в целях отбора той их части, которая может идти на дальнейшее использование в качестве сырья, а также для уменьшения объемов, подлежащих захоронению (рис. 1).

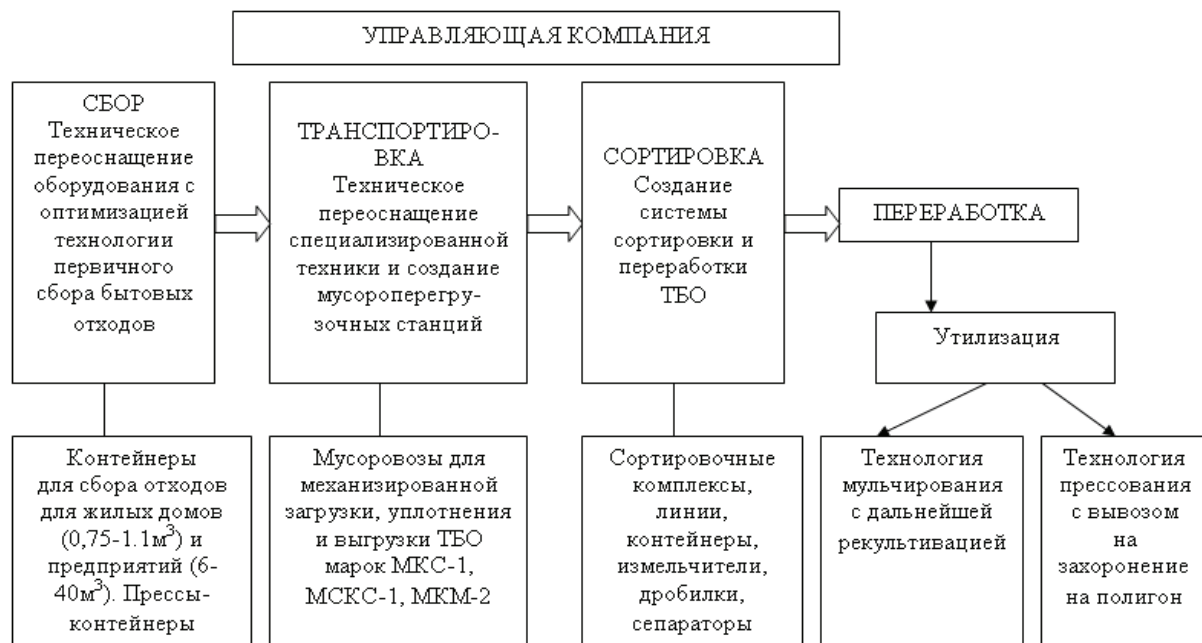


Рисунок 1 – Схема минимизации объемов захороняемых отходов.

На этом этапе разрабатываются предложения по технологиям и оборудованию для сортировки отходов с точки зрения экономически эффективного получения вторичного сырья применительно к условиям конкретных регионов нашей страны. За основу предложений берутся данные генеральной схемы, которые позволяют выбрать оптимальные параметры мусоросортировочного комплекса (размещение, объем перерабатываемых отходов, технологическая схема сортировки, оборудование и инженерная инфраструктура). На этом же этапе разрабатывается технико-экономическое обоснование мусоросортировочного комплекса в целях формирования инвестиционной заявки.

Кроме того, на данном этапе целесообразно решить организационные вопросы, которые включают в себя создание управляющей компании, которой передаются функции сбора, транспортировки и сортировки отходов, заключение концессионного соглашения с муниципалитетом и т. д.

Последующим шагом в создании системы обращения отходов в городах (регионах) может и должно стать создание или использование уже существующих производств по переработке вторичных ресурсов в соответствии с объемами их образования, в том числе и регионального уровня.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующий ряд выводов:

- 1) объёмы ежегодно генерируемых ТБО в Донецкой области позволяют говорить о возможности их крупномасштабной переработки;
- 2) серьёзным препятствием на пути к утилизации ТБО является недостаточный уровень организации сбора отходов в области;
- 3) строительство крупных региональных полигонов и закрытие старых свалок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Inventica. Investment Consulting & Marcet Research. Твердые бытовые отходы в РФ. Исследование рынка управления ТБО в России. Объемы рынка, региональная структура, ключевые игроки [Электронный ресурс]. – Москва : ООО «Инвентика», 2010. – 16 с. – Режим доступа к журн. : www.inventica.ru.
2. Окрушко, В. Е. Экономические обоснования внедрения системы двухэтапного вывоза твердых бытовых отходов [Текст] / В. Е. Окрушко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2007. – Вип. 2007–2(64) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 35–38.
3. Шереметьев, В. М. Об опыте разработки систем обращения отходов для городов и муниципальных образований. Управление отходами [Электронный ресурс] / В. М. Шереметьев, М. Б. Прохоров, А. К. Шелуха // ТБО. – 2007. – № 2(8). – Режим доступа к журн. : www.solidwaste.ru/magazine/archive/rub/14.html.
4. Ли, В. Проект TACIS в Украине [Электронный ресурс] / В. Ли // Будмайстер. – 1998. – № 1. – С. 12. – Режим доступа : <http://www.first-realty.com.ua/art/7/317.html>.
5. Екологія Донеччини (2004–2007 рр.) [Текст] / Упр. культури і туризму Донец. облдержадмін., Донец. обл. універс. наук. б-ка ім. Н. К. Крупської, Наук. б-ка Донец. нац. ун-ту; [уклад.: І. Є. Корольова та ін. ; наук. ред. А. І. Сафонов ; ред. : Т. С. Литвин, Л. П. Свіркова ; відп. за вип. Л. О. Новакова]. – Донецьк : Сх. вид. дім, 2009. – 148 с. – (Серія: Бібліографічні покажчики; вип. 2).

Получено 02.09.2011

В. Ю. ОКРУШКО, О. Ю. ШАПОВАЛОВА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ОБЕЗЗАРАЖЕННЯ ТПВ У ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянута проблема твердих побутових відходів великих міст Донецької області, досліджені причини неефективності функціонування існуючої системи управління відходами та визначено стратегічні напрямки розвитку зазначеної системи. У ході аналізу даного питання визначено, що знешкодження ТПВ як в Донецькій області, так і в Україні загалом поступово перетворилося на найбільш соціально значиму й проблемну частину сфери поводження з відходами. Виникла необхідність комплексного підходу вирішення проблеми поводження з ТПВ. Наявність системи, заснованої на єдиних принципах управління ТПВ, дозволить суспільству з урахуванням досвіду міжнародного співробітництва здійснювати правильний вибір та розробку програм поводження з ТПВ, екологічно чистих і економічно ефективних методів, а також технологій їх знешкодження.

відходи, система управління відходами, переробка відходів, напрямки удосконалення системи управління відходами

VASILY OKRUSHKO, ELENA SHAPOVALOVA
ANALYSIS OF APPROACHES TO UTILIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE
(MSW) IN DONETSK OBLAST

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article deals with the problem processing of municipal solid waste in Donetsk Oblast cities. The inefficiency causes of operation of the existing waste management system have been studied and strategic trends of development of the system have been determined. The utilization of municipal solid waste both in Donetsk Oblast and in Ukraine on the whole has gradually converted into the most socially important and problematic part of the waste processing while analyzing the problem. The necessity for the complex approach to the solution of the problem of MSW processing has matured. The presence of the system based on the common principles of MSW processing will permit the community with regard to international cooperation experience to implement the correct choice and develop programmes of MSW processing, environmentally unpolluted and economically efficient methods, and technique of their disactivation.

municipal solid waste, waste management system, waste processing, trends of the system improvement

Окрушко Василь Юхимович – к. т. н., доцент кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: удосконалення нормування водоспоживання при погодинній подачі води, упровадження методики нормування води у внутрішній і зовнішній водогінних мережах, розробка методики фактичного водоспоживання населенням, обґрунтування методів поквартирного обліку води і метрологічних характеристик водомірів.

Шаповалова Олена Юріївна – студентка Донбаської національної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: удосконалення шляхів утилізації ТПВ, впровадження системи розподільного збору, план утилізації ТПВ для Донецької області.

Окрушко Василий Ефимович – к. т. н., доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: усовершенствование нормирования водопотребления при почасовой подаче воды, внедрение методики нормирования воды во внутренних и наружных водопроводных сетях, разработка методики фактического водопотребления населением, обоснование методов поквартирного учета воды и метрологических характеристик водометров.

Шаповалова Елена Юрьевна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: усовершенствование путей утилизации ТБО, внедрение системы раздельного сбора, план утилизации ТБО для Донецкой области.

Vasily Okrushko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: improvement of water consumption regulation by the hour water supply, introduction of methods of water regulation in the indoor and outdoor water supply networks, development of the actual water consumption technique by the population, justification of the methods of the flat water account and water-gauge metrological characteristics.

Elena Shapovalova – an undergraduate of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: improvement of utilization ways of municipal solid waste, introduction of the system of separate collection, plan of utilization of municipal solid waste for Donetsk Oblast.

УДК 692.2

Н. В. СЫТНИЧЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МАКЕЕВКА

В работе выполнен анализ ограждающих конструкций зданий массового строительства с точки зрения обеспечения необходимого теплового режима в жилых помещениях.

ограждающие конструкции, теплотехнические показатели, жилые здания, эксплуатация, тепловой режим

АКТУАЛЬНОСТЬ

В условиях постоянного дефицита топливных ресурсов в Украине необходимость их снижения при возведении и эксплуатации зданий является одной из стратегических задач энергосбережения.

Особо важной является сейчас проблема обновления жилых зданий, построенных по типовым проектам 1-го поколения в период 60–70-х годов (серии 1–25, 1–75, 1–125, 1–335, 1–447, 1–464, 1–467, 1–468, 1–510, 1–515, К–7 их модификации и многие другие) [1, 2]. За 20 лет в городах и поселках всего СССР было возведено около 70...80 тыс. шт. «пятиэтажек», которые сыграли выдающуюся роль в решении жилищной проблемы. В городе Макеевка были построены целые микрорайоны жилых зданий, построенных по типовым проектам 1-го поколения. Но в силу изменившихся условий, они не отвечают многим современным требованиям. Многие из них уже исчерпали нормативные сроки эксплуатации, вышли из строя и нужно предвидеть возможные почти неисчислимы экономические потери. Нельзя оставить без внимания и тот факт, что на всем протяжении эксплуатации (25...35 лет) капитальный ремонт большей части пятиэтажного жилищного фонда не производился.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью статьи является анализ ограждающих конструкций зданий массового строительства с точки зрения обеспечения необходимого теплового режима в жилых помещениях.

Для достижения поставленной был выполнен анализ состояния ограждающих конструкций зданий.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теплотехнические показатели ограждающих конструкций зданий массового строительства.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ

Применена методика ДБН В.2.6–31:2006 «Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий» при теплотехническом расчете ограждающих конструкций.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Принципиально обоснована целесообразность изменения конструкций теплоизоляционной оболочки зданий массового строительства.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ

Полученные результаты могут быть использованы при теплоизоляции зданий массового строительства.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Выполнен теплотехнический анализ ограждающих конструкций зданий массового строительства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При анализе рассматриваем основные применяемые конструкции для строений того периода [3]:

1. Стены:

- кирпичные толщиной 510 мм.
- трехслойные железобетонные панели толщиной 300 мм,
- однослойные железобетонные панели толщиной 350 мм,
- кирпичные стены из силикатного кирпича толщиной 510 мм.

2. Перекрытия над подвалами:

- пустотные железобетонные панели толщиной 220 мм,
- железобетонные панели «на комнату» толщиной 160 мм.

3. Покрытия:

- совмещенная крыша с однослойной легковесной кровельной панелью толщиной 300 мм,
- раздельная конструкция с пустотной железобетонной плитой перекрытия.

Теплотехнический расчет этих конструкций выполняем при помощи программы «BASE» – система общестроительных расчетов. Расчет ведем в соответствии с [4, 5] для города Макеевка и сводим в таблицу.

Климатическую характеристику района принимаем по [4].

Зона влажности – сухая;

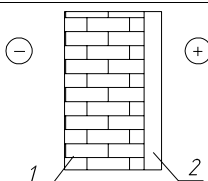
Минимальная температура наружного воздуха – $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Длительность отопительного периода – 183 дня;

Средняя температура наружного воздуха в отопительный период – $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$;

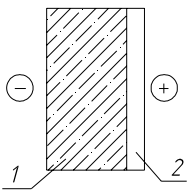
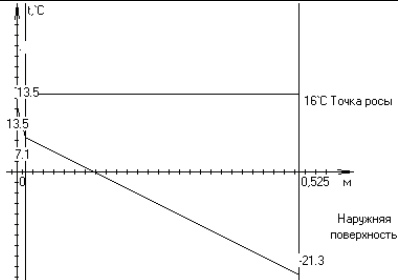
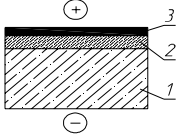
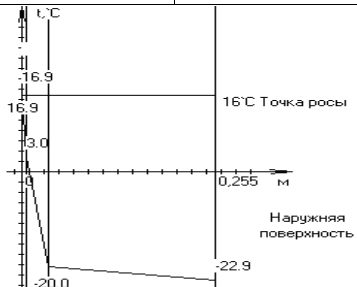
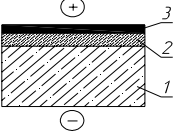
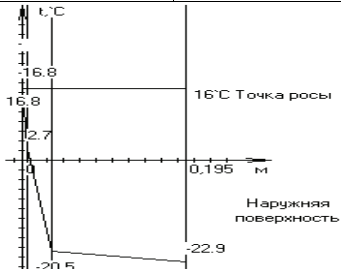
Исходя из результатов расчетов можно сделать вывод, что все рассмотренные конструкции не соответствуют современным требованиям теплоизоляции. Полученные значения термического сопротивления, а в некоторых схемах несоответствие требований достигает 75 %, свидетельствуют о необходимости применения утепления внешней оболочки здания. Это касается как стен, так и перекрытий над подвалами, покрытий, а также оконных проемов. При этом точка росы ограждающих конструкций расположена на внутренней части стен и перекрытий, из-за чего происходит образование влаги и появляется плесень. А как известно плесень пагубно влияет на организм человека и вызывает аллергическую реакцию. Особенно часто это наблюдается у людей со сниженным иммунитетом, стариков, детей.

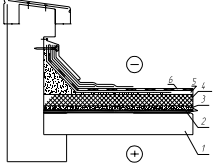
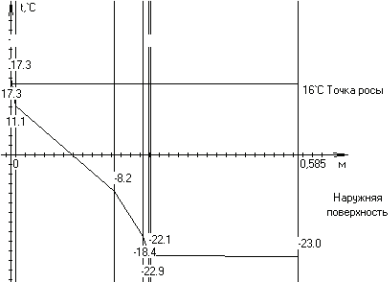
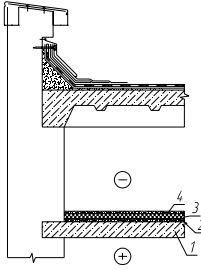

Таблица – Анализ ограждающих конструкций

№ конструктивной схемы	Схема конструкции	Наименование материала; толщина, мм; теплопроводность, Вт/м × град	$R_{тр}, \text{ м}^2 \times \text{град} / \text{Вт}$ по [4]	$R_{действ}, \text{ м}^2 \times \text{град} / \text{Вт}$	$\Delta R, \%$
1	2	3	4	5	6
1а		1. кирпичная кладка; 510; 0,81 2. штукатурка; 20; 0,81.	2,8	0,807	71,2

1	2	3	4	5	6
16		1. облицовка керамической плиткой; 15; 1,20. 2. 3-х слойная ж.-б. панель; 300; 0,74. 2. штукатурка; 15; 0,81.	2,8	0,934	66,6
1в		1. облицовка керамической плиткой; 15; 1,20. 2. 1-слойная ж.-б. панель; 350; 0,92. 2. штукатурка; 15; 0,81.	2,8	1,11	60,3

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
1г		2. стена из силикатного кирпича; 510; 0,87. 2. штукатурка; 15; 0,81.	2,8	0,763	72,8
					
2а		1. ж.-б. панель; 220; 2,04. 2. цементная стяжка; 30; 0,76. 2. линолеум ПВХ; 5; 0,38.	2,5	1,42	43,2
					
2б		1. ж.-б. панель; 160; 2,04. 2. цементная стяжка; 30; 0,76. 2. линолеум ПВХ; 5; 0,38.	2,5	1,392	44,3
					

1	2	3	4	5	6
3а		1. панель покрытия; 300; 2,04. 2. слой рубероида; 5; 0,17 3. керамзитовый гравий; 10; 0,21. 4. пенобетон; 60; 0,41. 5. цементная стяжка; 20; 0,76 6. рубероид; 10; 0,17.	3,3	1,846	44,1
					
3б		1. панель перекрытия; 220; 2,04. 2. стяжка; 20; 0,76 3. пенобетон; 90; 0,41. 5. цементная стяжка; 20; 0,76	3,3	2,132	35,4
					

ОБЩИЙ ВЫВОД ПО РАБОТЕ

Анализ ограждающих конструкций зданий, построенных по типовым проектам 1-го поколения в период 60–70-х годов, показал, что сопротивление теплопередаче стен не соответствует на 67 %, перекрытий нал подвалами этажа 44 %, кровли 40 %. При этом точка росы расположена на внутренней части стен и перекрытий, из-за чего происходит образование влаги и появляется плесень. В силу изменившихся условий и повышения требований по энергосбережению требуются принципиальные изменения в конструкции теплоизоляционной оболочки здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, В. С. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных зданий [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. С. Беляев, Л. П. Хохлова. – М. : Высш. школа, 1991. – 255 с.

2. Богословский, В. Н. Тепловой режим здания [Текст] / В. Н. Богословский. – М. : Стройиздат 1979. – 248 с.
3. Маклакова, Т. Г. Конструкции гражданских зданий [Текст] : учеб. / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова ; ред. Т. Г. Маклакова. – 2-е доп. и перераб. изд. – М. : АСВ, 2000. – 275 с. : ил., табл. – Библиогр. : с. 274. – ISBN 5-93093-043-6.
4. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – На заміну СНиП II-3-79 ; чинні від 2007-04-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 71 с. – (Державні будівельні норми).
5. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – Замість СНиП 2.01.07-85, за винятком розділу 10 ; надано чинності 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 75 с.

Получено 14.09.2011

М. В. СИТНИЧЕНКО
АНАЛІЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ МАСОВОГО
БУДІВНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ МІСТА МАКІЇВКА
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У роботі виконано аналіз огороджувальних конструкцій будівель масового будівництва з точки зору забезпечення необхідного теплового режиму в житлових приміщеннях.
огороджувальні конструкції, теплотехнічні показники, житлові будівлі, експлуатація, тепловий режим

NICK SYTNICHENKO
ANALYSIS OF NONBEARING STRUCTURES OF BUILDINGS OF MASS
CONSTRUCTION BY THE EXAMPLE OF MAKEYEVKA, DONETSK OBLAST
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The analysis of nonbearing structures of buildings of mass construction has been carried out from the point of view of providing of the necessary thermal conditions in dwellings.
nonbearing structures, heating engineering indices, dwellings, operation, thermal conditions

Ситніченко Микола Віталійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: водовідведення, оцінка технічного стану житлових будівель, експлуатація будівель.

Сытниченко Николай Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: водоотведение, оценка технического состояния жилых зданий, эксплуатация зданий.

Nick Sytnichenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: sewage and storm water disposal, engineering state estimation of dwellings, operation of buildings.

УДК 628.1-192, 62-192, 628-16

А. Я. НАЙМАНОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ В КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

В качестве постоянного резерва рекомендуется предусматривать запас пропускной способности расчетных участков сети. Предложена методика определения численной величины этого запаса для обеспечения заданного уровня надежности сети.

надежность, пропускная способность, кольцевая водопроводная сеть, расчетные участки, диаметры трубопроводов, резервирование

Кольцевая водопроводная сеть считается надежной уже в силу своих конструктивных особенностей [1–3]. Главная из них – возможность подачи воды любому потребителю не менее, чем по двум разным путям. Отмечается, что повышению надежности при этом способствует некоторое завышение диаметров труб на расчетных участках в пределах экономически наивыгоднейших значений. Однако последнее положение не подкрепляется никакими цифровыми оценками. Необходимо связать надежность сети с наличием резерва пропускной способности.

Для оценки надежности предложено составлять структурно-логическую схему сети, в которой элементами являются расчетные участки, соединенные параллельно [4]. Однако такое соединение возможно только при наличии резерва пропускной способности участков сети. В противном случае, при отказе любого участка, фактическая отдача воды сетью становится меньше расчетной величины, что является параметрическим отказом сети. При отсутствии резерва пропускной способности участки сети в структурно-логической схеме придется соединять последовательно и такая система окажется весьма малонадежной. Следует отметить, что резервирование пропускной способности касается только транспортной функции сети, никак не распределительной. Транспортный (транзитный) расход на каждом участке равен разнице расчетного и путевого расходов. Наибольшей величины транспортируемый расход достигает вблизи точек ввода в сеть. В конечных участках сети, примыкающих к точкам «схода» потоков, транспортная составляющая вообще близка нулю.

Значимость каждого участка сети в общей подаче воды отражается такими критериями, как относительный (нормализованный) расход воды q_{iN} [5] и относительная пропускная способность q_{if} :

$$q_{iN} = \frac{q_i}{Q}; \quad q_{if} = \frac{f_i}{f_0} = \frac{d_i^2}{d_0^2} = \left(\frac{d_i}{d_0} \right)^2, \quad (1)$$

здесь: q_i – расчетный расход воды на участке;

Q – общий расход воды, поступающий в сеть;

f_i – площадь поперечного сечения трубопровода на участке сети;

d_i – диаметр трубопровода на участке;

$f_0 = Q_0 / V_0$ – площадь условного трубопровода, соответствующего пропуску всего общего расхода,

V_0 – усредненная скорость течения воды в сети; Ионин А. А. [5] рекомендует принимать

$V_0 \approx 1 \text{ м/с}$;

d_0 – диаметр условного трубопровода, соответствующего общему расходу воды в сети.

Отметим, что Σq_{iN} или Σq_{if} не равны 1, поскольку $\Sigma q_i \neq Q$. В зависимости от схемы кольцевой сети величина Σq_i может значительно превышать величину подачи воды в сеть Q .

© А. Я. Найманов, 2011

На наш взгляд, величина Σq_{if} более точно отражает роль каждого участка в транспорте воды. Особенно это касается перемычек, расходы воды в которых могут быть небольшими, а диаметры принимаются близкими к диаметрам магистралей. Более того, диаметры всех линий, выходящих из узла сети, желательно принимать одинаковыми для обеспечения взаимозаменяемости в случае аварии на одной из них.

Надежной можно считать сеть, которая при любой аварии сохраняет свою транспортную функцию. Отметим при этом, что распределительная функция сети не может сохраняться при аварии, поскольку отказавший участок уже не способен отдавать путевой расход потребителям. В то же время путевой расход воды на любом участке обычно намного меньше общего расхода воды Q , подаваемого в сеть. Тогда с достаточной для практических расчетов точностью можно предложить следующую методику приближенной оценки необходимого резерва пропускной способности сети.

На первом этапе выполняется проектирование сети по известным методикам в соответствии со СНиП 2.04.02–84 [6]. В результате выполнения гидравлического расчета известны длины, диаметры и расчетные расходы воды на участках, а также материал труб.

На втором этапе вычисляются коэффициенты значимости всех участков, в качестве которых принимается относительная пропускная способность Σq_{if} . Далее вычисляются коэффициенты готовности каждого участка K_{zi} по формуле:

$$K_{zi} = \left(\frac{\mu_i}{\mu_i + \lambda_i} \right)^{l_i}, \quad (2)$$

здесь l_i – длина расчетного участка, м;
 λ_i – интенсивность отказов труб, 1/км·ч;
 μ_i – интенсивность восстановления (ремонта), 1/км·ч.

Величины λ и μ принимаются в зависимости от материала труб на участке по данным справочной литературы или эксплуатации. Приведенный коэффициент готовности $K_{zi(np)}$ каждого участка вычисляется в зависимости от его коэффициента значимости:

$$K_{zi(np)} = K_{zi} \cdot q_{if}. \quad (3)$$

На третьем этапе составляется структурно-логическая схема сети, в которой все ее участки изображаются соединенными параллельно. Вычисляется коэффициент готовности всей сети $K_{z(c)}$ с использованием метода структурной декомпозиции и эквивалентирования. При вычислениях используются приведенные коэффициенты готовности участков $K_{zi(np)}$.

На четвертом этапе вычисляется необходимый коэффициент запаса пропускной способности сети $K_{зан}$:

$$K_{зан} = \frac{K_{z(норм)}}{K_{z(c)}}, \quad (4)$$

здесь $K_{(норм)}$ – нормативная величина коэффициента готовности, которая вычисляется в соответствии с требованиями п. 4.4 СНиП 2.04.02–84 [6] и для водопровода I категории составляет $K_{z(норм)}^I = 0,997515$.

Величина коэффициента запаса $K_{зан}$, как правило, больше единицы. Площадь сечения труб на каждом участке необходимо умножить на коэффициент запаса и принять в качестве необходимого расчетного значения. Диаметр труб на каждом участке при этом умножается на величину $\sqrt{K_{зан}}$ и принимается равным ближайшему стандартному значению. После этого выполняется поверочный гидравлический расчет сети и снова вычисляется коэффициент готовности сети $K_{z(c)}$. Если $K_{z(c)} \geq K_{z(норм)}$, то сеть соответствует требуемому уровню надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин, Ю. А. Расчет надежности подачи воды [Текст] / Ю. А. Ильин. – М. : Стройиздат, 1987. – 320 с.
2. Гальперин, Е. М. Расчет кольцевых водопроводных сетей с учетом надежности функционирования [Текст] / Е. М. Гальперин. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 104 с. – ISBN 5–292–00285–2.

3. Евдокимов, А. Г. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях [Текст] : справочное издание / А. Г. Евдокимов, А. Д. Тевяшев, В. В. Дубровский. – М. : Стройиздат, 1990. – 364 с. – (НК: Надежность и качество). – ISBN 5–274–01116–0.
4. Найманов, А. Я. Особенности оценки надежности кольцевой водопроводной сети [Текст] / А. Я. Найманов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 12. – С. 11–16.
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. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст] : СНиП 2.04.02.–84. – Дата введения 1985–01–01. – М. : Стройиздат, 1985. – 136 с.

Получено 10.10.2011

А. Я. НАЙМАНОВ
РЕЗЕРВУВАННЯ У КІЛЬЦЕВІЙ ВОДОПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

За постійний резерв рекомендується передбачати запас пропускної здатності розрахункових ділянок мережі. Запропоновано методику визначення чисельної величини цього запасу для забезпечення заданого рівня надійності мережі.

надійність, пропускна здатність, кільцева водопровідна мережа, розрахункові ділянки, діаметри трубопроводів, резервування

AUBEKIR NAIMANOV
REDUNDANCY IN CIRCULATION PIPEWORK
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Capacity reserve of the design pipework sections is advised to provide for permanent reserve. The determination technique of the numeral value of the reserve for the provision of the given reliability level of the pipework has been offered.

reliability, (carrying) capacity, circulation pipework, design sections, pipeline diameters, redundancy

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

Найманов Аубекир 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.

Aubekir Naimanov – DSc (Engineering), a Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: water supply, water purification, reliability increase methods of water supply network and sewerage systems.

УДК 628.144.2

В. Н. САХНОВСКАЯ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

В данной статье проанализированы состояние сетей водоснабжения и водоотведения, Определены причины аварийности трубопроводов и способы их замены на новые, обеспечивающие необходимую надежность.

надежность, экологическая безопасность, коррозия, поливинилхлоридные трубы, высокопрочный чугун, аварийность.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Как известно, система водоснабжения представляет собой комплекс устройств и сооружений, обеспечивающих потребителей водой. При этом самым дорогостоящим элементом этой системы является система подачи и распределения воды, стоимость которой составляет от 40 до 70 %. Поэтому обеспечение надежности и долговечности этих систем, снижение затрат на их монтаж и эксплуатацию являются важнейшей задачей при рассмотрении вопросов реформирования и управления системой водоснабжения. Решение этой задачи напрямую зависит от выбора анализа существующей трубопроводной системы, а также выбора материалов для строительства новых сетей и ее реконструкции.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основной причиной нарушения нормального уровня водоснабжения и экологической безопасности систем водоснабжения являются аварии на участках трубопровода. Это связано с высокой металлоемкостью существующих у нас систем водоснабжения. Так, по показателям на 1990 г. на территории СНГ 70 % всех трубопроводов составляли стальные трубы с различными видами гидроизоляции, 5 % – чугунные трубы, 25 % – неметаллические, в том числе 5 % – пластмассовые [5]. В то время как на территории США и Канады доля металлических трубопроводов не превышает 20–30 % (согласно материалам отчета технического отдела American Water Works Service Co., май 2002 г.). Приблизительно такая же картина складывается в западных европейских странах. Износ трубопроводов в Донецкой области составляет более 21 %, а в целом по Украине доходит до 30 %. В России этот показатель доходит до 40 %.

На сегодняшний момент замене подлежат 29,6 % всех водопроводных сетей, ремонту подлежат 28,9 %. Из них 90 % составляют стальные и чугунные трубопроводы. Согласно последнему обследованию, проведенному Канадским Национальным Научно-исследовательским Советом (National Research Council), порывы на неметаллических трубопроводах составляют 35,9 на каждые 100 км. А Федерация Канадских Муниципалитетов оценила ежегодный ущерб от утечек и ремонта трубопроводов в 650 миллионов канадских долларов [5].

ЦЕЛЬ

Проанализировать состояние сетей водоснабжения. Определить причины аварийности трубопроводов и способы их замены на новые, обеспечивающие необходимую надежность.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Причинами отказа водопроводов являются следующие виды повреждений: механические повреждения, коррозионные повреждения, разрывы швов (стыков) и отказы арматуры, которые возникают значительно чаще, чем отказы самих труб.

Основным параметром надежности технических систем является коэффициент готовности K_r и вероятность безотказной работы P , определив которые можно найти допустимую длину участка трубопровода [6]:

$$L_{\text{доп}} \leq \frac{\lg K_r}{\lg \frac{\mu_{\text{труб}}}{\mu_{\text{труб}} + \lambda_{\text{труб}}}}, \text{ км}; \quad (1)$$

$$L_{\text{доп}} = \frac{\lg P}{\lambda t}, \text{ км}; \quad (2)$$

где $\mu_{\text{труб}}$, $\lambda_{\text{труб}}$ – интенсивность восстановления и интенсивность отказов труб, 1/км.ч, они зависят от материала трубопровода;
 t – время, за которое оценивается вероятность, 1 год.

Из [6] известно, что K_r для участка сети равен 0,983 51, а вероятность безотказной работы $P = 0,934\ 246$.

Вычислим допустимую длину стального трубопровода.

$$L_{\text{доп}} \leq \frac{\lg 0,98351}{\lg \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-2} + 0,4 \cdot 10^{-4}}} = 1,037 \cdot 10^2 \text{ км},$$

$$L_{\text{доп}} = \frac{\lg 0,98351}{0,4 \cdot 10^{-4} \cdot 8760} = 8,43 \cdot 10^{-2} \text{ км} = 84,3 \text{ м}.$$

Отсюда видно, что если длина водопроводной сети из стальных труб будет больше 84,3 м, то требуемую безотказность работы нельзя будет обеспечить. Увеличение безотказности может быть достигнуто путем замены труб на более надежные – трубы из высокопрочного чугуна или поливинилхлоридные трубы. Так, допустимая длина участков водопроводной сети из ВЧШГ составляет 202 км, из поливинилхлорида – 13,46 км [7].

Поэтому данные виды трубопроводов получили широкое распространение во всем мире. Так, например, в США ежегодно вводится в эксплуатацию более 21 000 км новых трубопроводов водоснабжения и почти 50 % из них составляют трубы из высокопрочного чугуна, 40 % – из поливинилхлоридных труб, остальные – из стали, бетона и полиэтилена [4]. В то же время в Скандинавии доля пластиковых труб составляет – 87 % [2]. Поэтому выбор типа трубопроводов должен осуществляться на основании тщательного изучения горно-геологических условий, типа и условий прокладки различных видов трубопроводов.

Для решения задачи реконструкции сетей широкое распространение получили бестраншейные технологии прокладки и ремонта трубопроводов:

1. Метод реновации – метод подземного разрушения старой трубы (материал: сталь, керамика, железобетон, чугун) с последующим втягиванием нового (материал: полиэтилен, сталь) инженерного трубопровода диаметром от 100 до 800 мм, длина saniруемого подземного прямого участка достигает до 300 метров. Возможности данного метода позволяют при разрушении действующей заменяемой трубой увеличить проходное сечение прокладываемого трубопровода на 25–300 % без вскрытия грунтов.

2. Релайнинг (труба в трубе) – метод восстановления поврежденных трубопроводов с помощью протяжки в поврежденную трубу полиэтиленовой трубы. Релайнинг может быть с разрушением и без разрушения старой трубы.

3. Восстановление трубопроводов полимерными рукавами – протаскивание во внутреннюю полость специального синтетического чулка с последующими его технологическим восстановлением по внутреннему периметру ремонтируемого трубопровода, полимеризацией, облучением ультрафиолетом, что обеспечивает образование на внутренней поверхности ремонтируемого трубопровода прочного инертного слоя трубы регулируемой толщины. Данным способом выполняется ремонт безнапорных канализационных трубопроводов диаметром до 500 мм.

4. Метод «U-Лайнер» – заключается в протяжке внутри отключенного участка стального изношенного трубопровода (после механической или гидроочистки) U-образной полиэтиленовой трубы. После подачи пара под воздействием определенной температуры и давления труба восстанавливает свою первоначальную круглую форму, прилегает к внутренней поверхности стальной трубы без применения клеящего вещества и практически не изменяет диаметр ремонтируемого трубопровода.

5. Восстановление трубопроводов методом горизонтального направленного бурения (ГНБ) – установка горизонтального направленного бурения (ГНБ) размещается на месте предполагаемого выхода трубы. Черновая (пилотная) скважина бурится по намеченной траектории. При этом выдерживается высокая точность выхода бура в заранее намеченном месте на противоположной стороне препятствия. Для увеличения диаметра полученной скважины, в которую будет протянута труба (рабочая труба или труба-футляр), дополнительно её расширяют (однократно или многократно). С помощью специального глинистого бурового раствора, смазывающего и формирующего канал, труба затягивается в скважину. В основном применяются полиэтиленовые трубы. Протяженность участка до 300 м.

6. Восстановление трубопроводов методом «Микротоннелирование». Суть технологии состоит в том, что проходка в грунте осуществляется проходческой машиной – щитом, поступательное движение которого обеспечивает мощная домкратная станция, установленная в шахте на глубине, соответствующей требуемой глубине прокладки трубопровода. Усилие домкратной станции передаётся проходческому щиту через став железобетонных труб, который наращивается по мере продвижения щита. При использовании данного метода возможна замена труб на трубы такого же или большего диаметра (от 100 до 630 мм); возможна замена труб из самых разных материалов; допустимы все ступени давления; нет необходимости в предварительной очистке трубопровода; высокая производительность, более 150 м трубопровода в день; метод применим при любых видах повреждений.

7. Метод «Свэджайнинг» применяется для бестраншейного ремонта всех типов сетей: напорных, самотёчных, подземных, наземных трубопроводов любых типов, а также газопроводов. Реконструкция по методу «Swagelining» выполняется с помощью протяжки сварных секций полиэтиленовых труб друг с другом. Процесс позволяет быстро осуществлять плотную установку полиэтиленовой трубы внутри восстанавливаемого трубопровода без значительного сокращения диаметра первичной трубы.

8. Санация трубопроводов цементно-песчаным раствором – метод восстановления трубопровода путем нанесения специального раствора методом центрифугирования или центробежного набрызга с помощью пневматической или электрической метательной головки облицовочного агрегата. Применяется для стальных и чугунных труб диаметром от 150–1500 мм независимо от давления воды.

9. Санация трубопроводов цементно-полимерным раствором – метод восстановления трубопровода аналогичный предыдущему. В состав покрытия, кроме смолы, входят волокнистые добавки на основе стекла, которые защищают трубопровод от коррозии и абразивного износа, гарантируя водонепроницаемость стенок.

10. Плужный метод – применяется для прокладки трубопроводов с безмуфтовыми соединениями при помощи специального плуга. Плужный метод наиболее приемлем для прокладки различных типов трубопроводов диаметром до 300 мм при глубинах заложения до 1,8 м. Технология запахивания безвредна для окружающей среды даже в тех случаях, когда прокладка осуществляется под зеркалом грунтовых вод.

ВЫВОДЫ

1. Лучшим решением проблемы высокого износа сетей водоснабжения и водоотведения нашей страны является их санация цементно-песчаными (цементно-полимерными) растворами либо замена на более надежные неметаллические. Причем выбор метода должен осуществляться после соответствующего технико-экономического обоснования.

2. Наиболее оптимальными способами реконструкции сетей являются методы бестраншейной прокладки (санации), так как из-за высокой плотности застройки производить ее старыми методами стало невозможно. При этом по сравнению с новой прокладкой трубопровода стоимость санации трубопровода снижается до 40 %, а продолжительность строительства до 80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Safe Water Delivered Safely [Электронный ресурс] // Chlorine Chemistry Council. – Режим доступа : http://www.c3.org/chlorine_knowledge_center/safewater.html.
2. Эксплуатационная надежность и ремонтпригодность полиэтиленовых трубопроводов [Электронный ресурс] / О. В. Глухова, Е. В. Салагаева, А. К. Рашепкин [и др.] // Нефтегазовое дело : Электронный научный журнал. – 2006. – Выпуск 2. – С. 1–8. – Режим доступа : http://www.ogbus.ru/authors/Glukhova/Glukhova_1.pdf.
3. Исаев, В. Н. Особенности применения пластмассовых трубопроводов [Электронный ресурс] / В. Н. Исаев, М. Г. Мхитарян // АКВА–ПЕКС: Системы водоснабжения и отопления. – Режим доступа : <http://aquarex.com.ua/news/publications>.
4. Кузенков, И. В. Проблемы обеспечения надежности, долговечности и экологической безопасности сетей водоснабжения [Текст] / И. В. Кузенков // С.О.К. – 2005. – Вып. 2. – С. 4–5.
5. Пластмассовые трубы в России [Текст] / В. С. Ромейко, А. Я. Добромлысов, А. Я. Баймуканов // Сантехника. – 2002. – Вып. 4. – С. 16–18.
6. Найманов, А. Я. Особенности оценки надежности кольцевой водопроводной сети [Текст] / А. Я. Найманов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – Вып. 12. – С. 11–16.
7. Найманов, А. Я. Влияние надежности на параметры водопроводной сети [Текст] / А. Я. Найманов, В. Н. Прищенко // Коммунальное хозяйство городов : Научно-технический сборник. – 2007. – Вып. 74. – С. 50–53.

Получено 06.10.2011

В. Н. САХНОВСЬКА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У цій статті проаналізовано стан мереж водопостачання та водовідведення. Визначено основні причини аварійності трубопроводів та засоби їх заміни на нові, що забезпечують необхідну надійність. **надійність, екологічна безпека, корозія, полівінілхлоридні труби, високоміцний чавун, аварійність**

VIKTORIA SAKHNOVSKA

LATEST INCREASE RELIABILITY TECHNIQUES OF WATER SUPPLY NETWORKS AND SEWERAGE SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper deals with the analyses of conditions of water supply networks and sewerage systems. The accident rates of pipelines and methods of their replacement to the new ones providing necessary reliability have been determined.

reliability, ecological safety, corrosion, polyvinylchloride pipes, high-duty cast iron, accident rate

Сахновська Вікторія Миколаївна – асистент, аспірант кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: оцінка стану та визначення заходів щодо реформування систем водопостачання та водовідведення.

Сахновская Виктория Николаевна – ассистент, аспирант кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: оценка состояния и определение мероприятий по реформированию систем водоснабжения и водоотведения.

Viktoria Sakhnovska – a postgraduate of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: conditional estimate and determination of the reformation measures of water supply and sewerage systems.

УДК 628.1522+696.12

Н. И. ЗОТОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВОДОПРОВОДНО- КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА

В статье рассмотрены некоторые проблемы водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), включая состояние действующих объектов, устаревшую нормативную базу для проектирования и строительства, отсутствие государственной кадровой политики в этой сфере. Автор предлагает усилить роль государства и промышленных предприятий в восстановлении и развитии коммунального хозяйства страны.

водопровод, канализация, коммунальное хозяйство

На протяжении многих лет в Украине ведутся бесконечные обсуждения необходимости и путей реформирования коммунального хозяйства. Периодически даже принимаются отдельные законы по этой проблеме, но они в целом носят декларативный характер, поскольку серьёзных прорывов нет, а коммунальное хозяйство интенсивно деградирует.

Известно, что любые проблемы решаются лишь тогда, когда общество и государство вместе признают, что проблема существует. Приходится признать, что у нас этого не произошло.

Хотелось бы напомнить, что в прежнем, союзном государстве, подход к решению задач коммунального хозяйства был совершенно иным. За всю историю существования СССР нам пришлось пережить несколько периодов разрухи хозяйства страны, когда практически всё приходилось начинать с нуля.

Впервые трудности обеспечения населения жильём и коммунальными услугами возникли после революции и гражданской войны. Чтобы решать эти проблемы, местным органам управления были возвращены хозяйственные функции в виде коммунального хозяйства, которое постепенно превратилось в одну из самых крупных непроизводственных отраслей народного хозяйства с централизованным финансированием и управлением.

В годы Великой Отечественной войны была уничтожена инфраструктура на всей оккупированной территории страны. Однако даже в это трудное время ЖКХ городов восстанавливали и развивали.

В середине 1960 годов осуществилась «жилищная революция», способствовавшая исходу населения из коммуналок, бараков и общежитий. Затем, в 1970–1980 годы, интенсивно развивались жилищное строительство и коммунальное хозяйство. Высокие темпы урбанизации осуществлялись в условиях монополии жилищно-коммунальных предприятий наряду с централизованным управлением, при этом за счёт государства обеспечивалось две трети расходов на ведение жилищно-коммунального хозяйства.

Большое значение для развития ЖКХ страны имела его частичная принадлежность промышленным предприятиям. Министерам и ведомствам было выгодно размещать население в непосредственной близости от промышленных предприятий.

Что же мы имеем сейчас? В период с 1991 года по настоящее время происходит неуклонное разрушение ЖКХ, и теперь его нужно не реформировать, а воссоздавать. Хищническая приватизация всего, что «шевелилось» в хозяйстве Украины, привела, однако, к тому, что огромный объём

основных фондов ЖКХ (более 40 % от общего) оказался никому не нужным. Новые собственники, которые, как нам обещали, должны были стать гораздо более эффективными управляющими, чем государство, ради получения сверхприбылей очень быстро освободились от «ненужной» социальной сферы и ЖКХ. Основным плательщиком в коммунальном хозяйстве стало ограбленное неплатёжеспособное население. Оно в лице «территориальных громад» объявлено собственником сетей и сооружений ЖКХ, проведена формальная приватизация жилого фонда, практически полуразрушенного.

Что из этого получилось, можно увидеть на примере водопроводно-канализационного хозяйства Донецкой области.

Основным источником водоснабжения является канал Северский Донец – Донбасс, по которому вода подаётся на большие расстояния и высоту. Уже это приводит к значительному повышению стоимости воды ещё без учета её необходимой очистки и последующей подачи в распределительные сети населённых пунктов. Затраты по прокачке воды по каналу должно бы взять на себя государство. Постоянно ухудшается качество воды в Северском Донце, что требует дополнительных затрат по её очистке. Существующие фильтровальные станции с трудом справляются с этой задачей. Все имеющиеся подземные источники имеют воду, не соответствующую требованиям государственного стандарта питьевого водоснабжения. Однако вместо того, чтобы строить станции доочистки, государство милостиво разрешает использовать некачественную воду, взимая абсурдную плату за некачественный продукт с эксплуатирующих источники предприятий ВКХ, которые собственниками не являются. Ничего не предпринимается по введению современного стандарта на питьевую воду, потому что в это необходимо вкладывать значительные средства, а делать это некому.

Ужасающая ситуация сложилась в трубопроводном хозяйстве системы водоснабжения и водоотведения (табл.).

Если бы в период независимости Украины на их ремонт и восстановление выделялось ежегодно хотя бы 1 млрд. грн., то удалось бы стабилизировать ситуацию, но выделялось в 5–6 раз меньше. Что такое дырявые трубопроводы? Это ведь не только громадные потери очищенной воды (уже более 50 % от объёма закачиваемой в трубы), но и постоянное ухудшение качества этой воды, грозящее здоровьем и жизни населения страны (рис.).

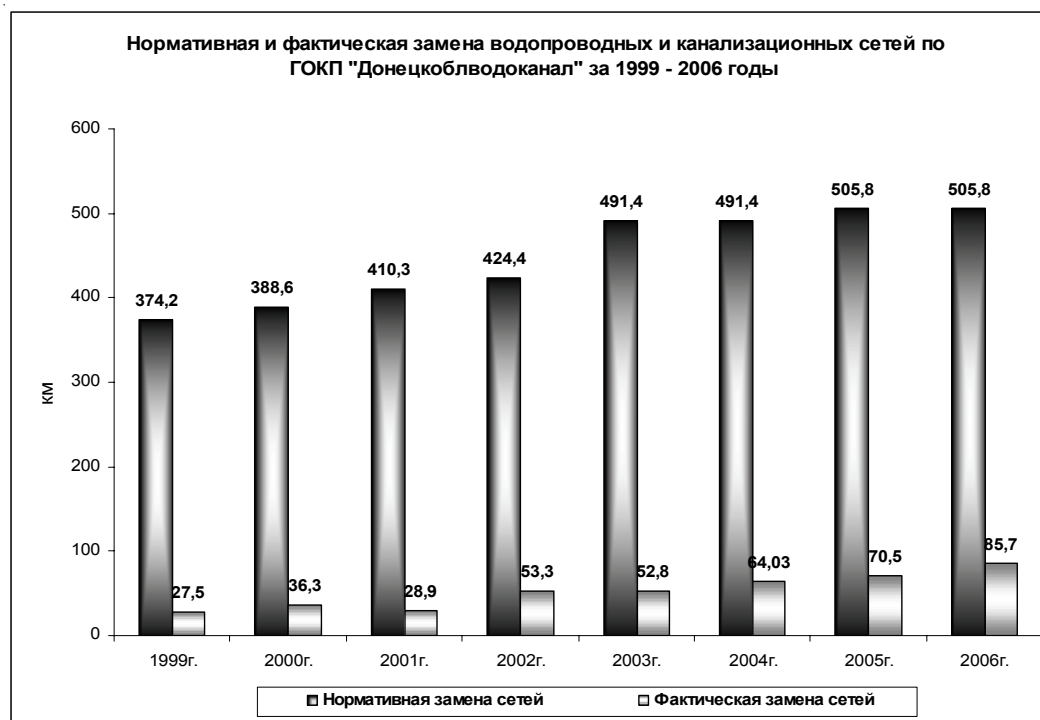


Рисунок – Нормативная и фактическая замена водопроводных и канализационных сетей по ГОКП «Донецкоблводоканал» за 1999–2006 годы.

Таблица – Состояние водопроводных сетей в части Донецкой области (на начало 2008 г.)

Наименование	Количество
1. Общая протяжённость водопроводных сетей, км:	
– всего –	8 068,77
– в том числе:	
– в городских населенных пунктах –	7 805,87
– в сельских населенных пунктах –	262,9
– из них:	
– напорных водоводов –	1 585,51
– магистральных водоводов –	4 985,69
– уличной сети –	1 585,51
– внутриквартальных трубопроводов –	1 497,56
3. Распределение протяжённости сетей водоснабжения, км, по материалам труб:	
– стальные –	5 500,83
– чугунные –	2 304,43
– железобетонные –	14,64
– асбестоцементные –	48,63
– пластмассовые –	133,24
– другие –	7,0
4. Распределение протяжённости сетей водоснабжения, км, по времени эксплуатации:	
– до 10 лет –	652,5
– 11–20 лет –	1 087,4
– 21–30 лет –	2 956,21
– 31–40 лет –	2 033,33
– 41–50 лет –	1 696,90
– больше 50 лет –	542,62
5. Протяжённость водопроводных сетей, в аварийном состоянии и требующие немедленной замены, км:	
– всего –	2 553,99
– в том числе:	
– городских –	2 540,5
– сельских –	13,49
– из них:	
– напорных –	2 553,99
– магистральных водоводов –	501,85
– уличной сети –	1 578,12
– внутриквартальных трубопроводов –	474,02
6. Протяжённость водопроводных сетей со 100 %-ным амортизационным износом, км:	
– всего –	2 946,4
– в том числе:	
– городских –	2 932,91
– сельских –	13,49
– из них:	
– напорных –	2 946,4
– магистральных водоводов –	576,31
– уличной сети –	1 812,24
– внутриквартальных трубопроводов –	544,36
7. Количество аварий на водопроводных сетях за 2007 год:	
– всего –	23 442
– в том числе:	
– в городских населенных пунктах –	23 442

Напрашивается вывод, что государство должно взять на себя ответственность за ЖКХ, создав Министерство жизнеобеспечения. А для промпредприятий необходимо ввести соответствующий коммунальный налог, и не мизерный, как сейчас. Ведь именно промышленные предприятия, которые новые «хозяева» вовсе не собираются модернизировать, создают для окружающей среды и всего живого вокруг невыносимые условия существования. Это они загрязняют воздух и воду, что требует всё возрастающих затрат на их очистку коммунальными предприятиями, которые не имеют для этого необходимых средств и ресурсов. Необходима постоянно действующая государственная целевая программа восстановления и развития коммунального хозяйства страны, финансируемая централизованно и не по остаточному принципу, местному самоуправлению это не по карману – он пуст. Помимо необходимости восстановления ВКХ, следует строить новые современные мощности по очистке природных и сточных вод на уровне современных безотходных или малоотходных технологий, сегодня мы этого не делаем.

Требуется разработка современной нормативной документации для проектирования и строительства водопроводно-канализационного хозяйства и санитарных норм и стандартов в соответствии с современными реалиями в окружающей среде и мировыми санитарными требованиями. Эти документы должны однозначно ужесточить требования к питьевой воде, и в частности к сбросам и выбросам промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Особого внимания потребуют сельские и малые населённые пункты, где ситуация особенно неприглядна, здесь коммунальные сооружения практически полностью разрушены или их вовсе нет. Из-за многочисленности таких объектов сбросы неочищенных сточных вод очень опасны для природных водоёмов всей страны.

Пристального внимания заслуживает проблема сбора, хранения, утилизации или правильного захоронения отходов, образующихся при очистке природных и сточных вод, особенно содержащих соли тяжёлых металлов. Технологические схемы очистки вод не должны иметь незаконченного цикла, здесь необходимы нормативные решения по обязательной переработке или цивилизованному захоронению на специальных полигонах образующихся отходов в виде концентрированных осадков.

Особого внимания заслуживает решение кадровой проблемы в системе водопроводно-канализационного хозяйства. Ежегодно высшие учебные заведения разных уровней выпускают тысячи специалистов для этой отрасли и отправляют их в никуда. Водопроводно-канализационные предприятия постепенно устарились от участия в их подготовке на стадии производственной практики, не поддерживают отношений с вузами, не принимают на работу молодых специалистов. Фактически рабочие места, которые должны предоставляться современным специалистам, занимают инженерно-технические работники других специальностей, непонятно почему. Очевидно, требует ужесточения Закон о лицензировании к профильным предприятиям ВКХ по квалификационным требованиям к ИТР. Это должно стать одним из основных показателей при аккредитации рабочих мест в системе водопроводно-канализационного хозяйства. Каждый должен заниматься своим делом, в противном случае государство несёт напрасные расходы, плодя армию безработных специалистов.

Требуется иного подхода проблема подготовки и бутылкирования качественной питьевой воды. Сейчас этим может заниматься кто угодно, практически невозможно установить виновных при поступлении на рынок некачественной продукции, да и её цена непомерно высока. Питьевая вода – это дело специализированных предприятий коммунального водоснабжения, которые имеют специалистов и лабораторное оборудование для контроля за качеством воды. За счёт этой производственной деятельности предприятия ВКХ могли бы получить дополнительные средства для своего развития при обеспечении разумной цены на продукцию.

Если государство возьмёт на себя ответственность за жизнеобеспечение населения, о чём говорилось выше, то в пределах его возможностей окажется и обеспечение молодых специалистов благоустроенными семейными общежитиями или служебным жильём. Иначе получается, что хотя высшие учебные заведения и имеют вроде бы государственный заказ на специалистов, но для этих выпускников не планируются рабочие места, не создаются нормальные условия для жизни и развития. Такая политика окончательно приведёт к деградации отрасли, важнейшей для безопасной и комфортной жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко, И. А. Функционирование жилищно-коммунального хозяйства Советской России в 1917–1991 годах [Текст] / И. А. Власенко // Проблемы истории и геополитики : Сб. науч. статей по материалам междунар. науч. конф. / Чувашский госпедуниверситет им. И. Я. Яковлева. – Чебоксары : Чувашский госпедуниверситет им. И. Я. Яковлева, 2006. – С. 79–88.
2. Народное хозяйство СССР, 1922–1972 : юбил. стат. ежегодник / Центр. статист. упр-е при Совете Министров СССР. – М. : Изд-во «Статистика», 1972. – 847 с.
3. Борисов, В. А. Некоторые вопросы решения жилищной проблемы в СССР [Текст] / В. А. Борисов // Великий Октябрь и коммунистическое строительство на Средней Волге. – Куйбышев, 1969. – 375 с.
4. Кара-Мурза, С. Г. Советская цивилизация. Книга вторая. От Великой Победы до наших дней [Текст] / С. Г. Кара-Мурза. – М. : Изд. ЭКСМО-Пресс, 2002. – 104 с.
5. О состоянии подведомственных сетей и сооружений водопроводно-канализационного хозяйства в 2007 г. : Анкета-отчёт / КП «Донецкоблводоканал». – Донецк : [б. и.], 2007. – 35 с.

Получено 22.09.21011

М. І. ЗОТОВ

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ В ПРОЕКТУВАННІ, БУДІВНИЦТВІ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті деякі проблеми водопровідно-каналізаційного господарства, включаючи стан діючих об'єктів, нормативної бази для проектування й будівництва, що застаріла, відсутність державної кадрової політики в цій сфері. Автор пропонує посилити роль держави й промислових підприємств у відновленні й розвитку комунального господарства країни.

водопровід, каналізація, комунальне господарство

NIKOLAY ZOTOV

PRESENT-DAY PROBLEMS IN DESIGNING, ENGINEERING AND OPERATION OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE UNITS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article deals with some problems of the water supply and sewerage facilities, including the state of operative units, out-of-date standard base for designing and engineering, lack of the state personnel policy in this sphere. The author suggests to intensify the part of the state and industrial enterprises in refurbishment and development of municipal services of the country.

water conduit, sewage, municipal services

Зотов Микола Ілліч – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік міжнародної Академії екології та природокористування, член-кореспондент Академії будівництва України. Наукові інтереси: очищення побутових стічних вод маленьких населених пунктів; схов, обробка і утилізація осадів побутових стічних вод та їх знезаражування.

Зотов Николай Ильич – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик международной Академии экологии и природопользования, член-корреспондент Академии строительства Украины. Научные интересы: очистка бытовых сточных вод малых населённых пунктов; хранение, обработка и утилизация осадков бытовых сточных вод и их обеззараживание.

Nikolay Zotov – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Academician of the International Academy of Ecology and Nature management, Corresponding Fellow of the Academy of Civil Engineering of Ukraine. Research interests: municipal wastewater treatment of settlements, storage, treatment and utilization of wastewater sediments and their disinfection.

УДК 628.218

В. М. ЖУК

Національний університет «Львівська політехніка»

КОЕФІЦІЄНТ НЕРІВНОМІРНОСТІ ТЕЧІЇ ДОЩОВИХ ВОД У ВІДКРИТИХ ЛОТКАХ І КАНАЛАХ

У роботі виконано теоретичне дослідження нерівномірності течії дощового стоку у лотках і каналах прямокутного поперечного перерізу при лінійному зростанні об'ємної витрати потоку по довжині. Розроблено математичну модель, що описує таку течію, та складено комп'ютерну програму для обчислення часу течії в лотку. Показано, що коефіцієнт нерівномірності течії в лотку залежить від питомої шляхової витрати притоку, від довжини, ширини, нахилу та коефіцієнта шорсткості водозбірної лотка і, як правило, суттєво перевищує прийняте в чинній нормативній літературі значення $k_{can}=1,25$.

поверхневий стік, час концентрації, коефіцієнт нерівномірності течії

Однією зі складових часу концентрації дощового стоку є час протікання стічних вод у відкритих лотках і каналах. За рахунок наявності бічного притоку витрата рідини в лотку постійно зростає по його довжині. Відтак, при незмінному поздовжньому нахилі лотка збільшуються як наповнення, так і середня швидкість течії рідини. Науково обґрунтоване врахування нерівномірності таких течій має значення при знаходженні часу концентрації та розрахункової витрати рідини на вході в закриту дощову чи загальносплавну водовідвідну мережу.

Визначення часу концентрації та максимальної витрати дощового стоку у вітчизняній науковій практиці здійснюється відповідно до вимог нормативних документів [1, 2]. Згідно з [1] час протікання дощових стічних вод у відкритих лотках і каналах здійснюється за наступною формулою:

$$t_{can} = \frac{1,25L_{can}}{V_{can,max}}, \quad (1)$$

де L_{can} – довжина лотка;
 $V_{can,max}$ – середня швидкість потоку в кінці лотка.

Коефіцієнт $k_{can}=1,25$ у формулі (1) враховує наростання швидкості течії по довжині лотка та за своєю фізичною суттю є відношенням максимальної швидкості течії в кінці лотка до середньої швидкості течії в ньому:

$$k_{can} = \frac{V_{can,max}}{V_{can,mid}}. \quad (2)$$

У іншому вітчизняному нормативному документі [2] нерівномірність течії поверхневого стоку у лотках взагалі не враховується, тобто приймається, що $k_{can}=1$. Те ж стосується найпоширенішого в інженерній практиці США нормативного документа [3] та інших зарубіжних методик [4, 5]. Неврахування нерівномірності течії дощових вод у відкритих лотках і каналах занижує час концентрації поверхневого стоку та завищує його розрахункову витрату. Припущення щодо єдиного значення коефіцієнта нерівномірності $k_{can}=1,25$ виглядає сумнівним, оскільки течія дощового стоку у відкритому лотку чи каналі залежить від багатьох чинників, а її параметри змінюються в широких межах.

Мета роботи – дослідити аналітично залежність коефіцієнта нерівномірності течії поверхневого стоку у відкритих лотках і каналах систем дощового водовідведення.

1. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕЧІЇ ДОЩОВОГО СТОКУ У ВІДКРИТОМУ ЛОТКУ

Розглянемо типовий прямокутний у плані однорідний басейн стоку довжиною L_{can} та шириною L_{con} (рис. 1). Нехай поперечний нахил у всіх точках басейну становить i_o , а поздовжній похил, з яким укладено водозбірний лоток, – i_{can} . За умови незмінної інтенсивності дощу q_o та постійного в часі та по площі басейну коефіцієнта стоку ψ_{mid} об'ємна витрата дощового стоку у довільному поперечному перерізі лотка з координатою x :

$$Q_{can}(x) = \psi_{mid} q_o L_{con} x. \quad (3)$$

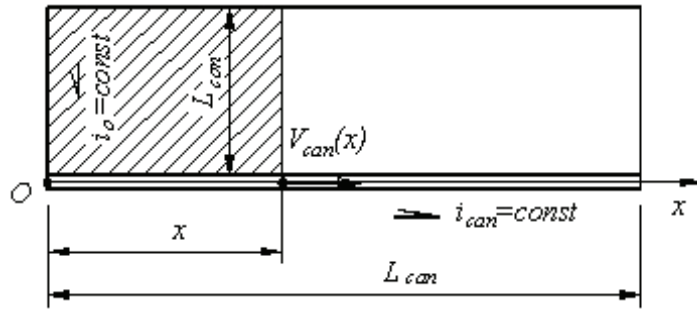


Рисунок 1 – Схема каналізування прямокутного в плані басейну стоку з постійними поперечним і поздовжнім нахилами та водозбірним лотком.

З іншого боку, застосовуючи до перерізу з координатою x рівняння Маннінга для рівномірного безнапірного руху рідини, отримуємо:

$$Q_{can}(x) = \frac{1}{n_{can}} R_{can}^{2/3} \sqrt{i_{can}} \omega(x), \quad (4)$$

де R_{can} , $\omega(x)$ – відповідно гідравлічний радіус та площа живого перерізу для потоку рідини в лотку в перерізі з поздовжньою координатою x .

Для лотків з прямокутним поперечним перерізом:

$$\omega(x) = bh(x), \quad (5)$$

$$R_{can}(x) = \frac{bh}{b + 2h}, \quad (6)$$

де b – ширина лотка;
 $h(x)$ – глибина потоку в лотку.

Підставляючи (5) і (6) в рівняння (4), отримуємо:

$$Q_{can}(x) = \frac{(bh)^{5/3} \sqrt{i_{can}}}{n_{can} (b + 2h)^{2/3}}. \quad (7)$$

Прирівнюючи між собою об'ємну витрату за рівняннями (3) і (7), отримуємо:

$$\psi_{mid} q_o L_{con} n_{can} x = \frac{(bh)^{5/3} \sqrt{i_{can}}}{(b + 2h)^{2/3}}, \quad (8)$$

звідки

$$A_1 x = \frac{h^{5/3}}{(b + 2h)^{2/3}}, \quad (9)$$

де A_1 – безрозмірний комплекс,

$$A_1 = \psi_{mid} q_o L_{con} n_{can} b^{-5/3} i_{can}^{-0,5}. \quad (10)$$

Таким чином, глибина потоку h може бути неявно виражена як функція x , b та A_1 . За формулою Маннінга середня швидкість течії в поперечному перерізі лотка з координатою x :

$$V_{can}(x) = \frac{\sqrt{i_{can}}}{n_{can}} \left(\frac{bh}{b+2h} \right)^{2/3}. \quad (11)$$

Розрахунковий час течії поверхневого стоку в лотку

$$t_{can} = \int_0^{L_{can}} \frac{dx}{V_{can}(x)}. \quad (12)$$

При $x = L_{can}$ $V_{can} = V_{can,max}$. Середня швидкість течії в лотку: $V_{can,mid} = L_{can}/t_{can}$, тоді

$$k_{can} = \frac{V_{can,max} t_{can}}{L_{can}}. \quad (13)$$

Отже, теоретичний аналіз показав, що коефіцієнт нерівномірності течії дощових вод у відкритому лотку чи каналі залежить від його конструктивних і гідравлічних параметрів: від довжини, ширини, поздовжнього нахилу та коефіцієнта шорсткості стінок, а також від питомої шляхової витрати на одиницю довжини лотка чи каналу:

$$q_{can} = \psi_{mid} q_o L_{con}. \quad (14)$$

2. РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ДОЩОВОГО СТОКУ У ВІДКРИТИХ ЛОТКАХ

Час течії поверхневого стоку в лотку та коефіцієнт нерівномірності можуть бути знайдені шляхом чисельного інтегрування рівняння (12) із покроковим знаходженням глибини потоку в лотку з рівняння (9) за одним із чисельних методів. У роботі виконано серію чисельних експериментів зі знаходження коефіцієнта нерівномірності течії дощового стоку у лотках прямокутного поперечного перерізу при зміні значень вхідних параметрів у таких межах: $\psi_{mid} = 0,95$; $q_o = 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5}$ м/с (100–300 л/(с·га)); $L_{con} = 10 - 50$ м; $L_{can} = 10 - 100$ м; $b = 100 - 300$ мм; $i_{can} = 0,01 - 0,03$; $n_{can} = 0,009 - 0,013$. Лоток розбивався по довжині на 50 ділянок однакової довжини, визначення часу течії t_{can} здійснювалося методом серединного інтегрування рівняння (12).

На рис. 2 представлено залежність коефіцієнта нерівномірності течії в лотках з полімербетону ($n_{can} = 0,011$) залежно від довжини лотка L_{can} при питомій шляховій витраті $q_{can} = 0,57$ л/(с·м), що відповідає басейнам стоку з водонепроникною поверхнею ($\psi_{mid} = 0,95$) шириною $L_{con} = 30$ м при інтенсивності випадання дощу $q_o = 2 \cdot 10^{-5}$ м/с = 200 л/(с·га).

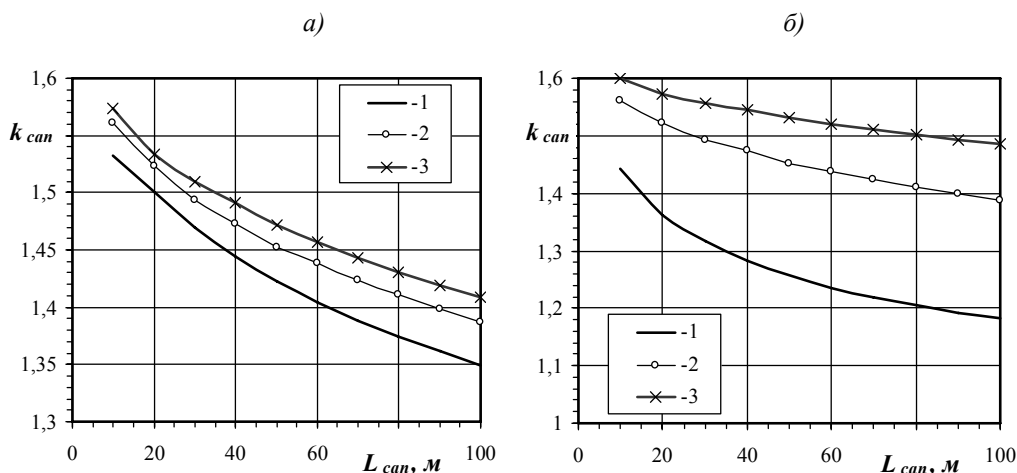


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта нерівномірності течії в лотку від його довжини: а – при різних i_{can} : 1 – 0,01; 2 – 0,02; 3 – 0,03 ($q_{can} = 0,57$ л/(с·м); $b = 200$ мм; $n_{can} = 0,011$); б – при різних b : 1 – 100 мм; 2 – 200 мм; 3 – 300 мм ($q_{can} = 0,57$ л/(с·м); $i_{can} = 0,02$; $n_{can} = 0,011$).

Коефіцієнт нерівномірності зростає зі зменшенням довжини лотка та зі збільшенням поздовжнього нахилу лотка і його ширини. Слід зазначити, що у більшості практично значимих випадків k_{can} значно більше за нормативне значення 1,25. Лише при $b = 100$ мм, $i_{can} = 0,02$; $L_{can} \geq 50$ м коефіцієнт нерівномірності $k_{can} \leq 1,25$ (рис. 26). Проте цим умовам відповідає надто велика глибина потоку в кінці лотка (від 191 мм при $L_{can} = 50$ м до 357 мм при $L_{can} = 100$ м). Це означає, що при таких значеннях питомої шляхової витрати та довжини L_{can} слід вибрати лоток більшої ширини, що відповідає більшим значенням k_{can} .

На рис. 3а показано вплив коефіцієнта шорсткості лотка на значення коефіцієнта нерівномірності. Виконано порівняння лотків з бетону ($n_{can} = 0,013$), полімербетону ($n_{can} = 0,011$) та пластику ($n_{can} = 0,009$). Видно, що меншим значенням коефіцієнта шорсткості лотка відповідає більше значення коефіцієнта k_{can} .

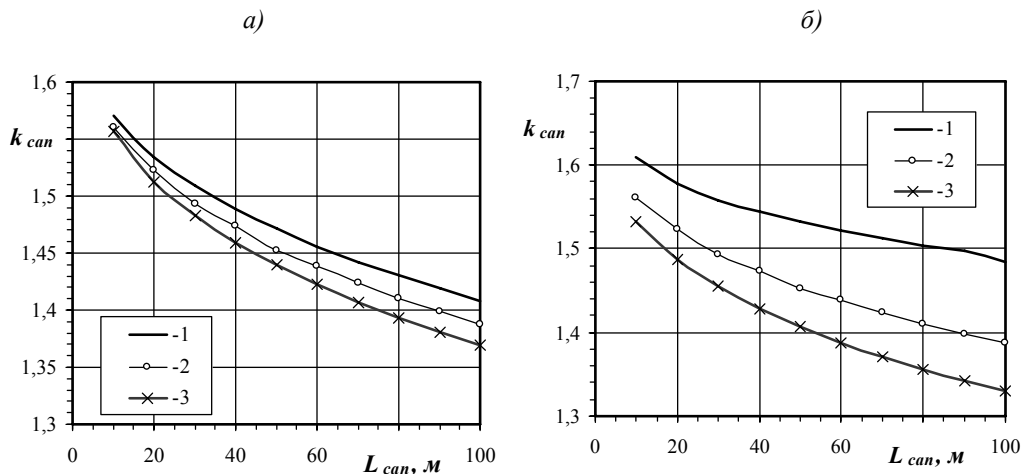


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта нерівномірності течії в лотку від його довжини: а – при різних n_{can} : 1 – 0,009; 2 – 0,011; 3 – 0,013 ($q_{can} = 0,57$ л/(с·м); $b = 200$ мм; $i_{can} = 0,02$); б – при різних q_{can} , л/(с·м): 1 – 0,19; 2 – 0,57; 3 – 0,95 ($b = 200$ мм; $i_{can} = 0,02$; $n_{can} = 0,011$).

Зі зменшенням питомої шляхової витрати q_{can} коефіцієнт нерівномірності зростає (рис. 3,б), що підтверджує загальну тенденцію щодо збільшення коефіцієнта нерівномірності течії в лотку при зменшенні його відносного наповнення.

ВИСНОВКИ

Теоретично досліджено залежність коефіцієнта нерівномірності течії дощового стоку в лотках від питомої шляхової витрати притоку, довжини, ширини, нахилу та коефіцієнта шорсткості водозбірного лотка. Отримано, що коефіцієнт нерівномірності течії суттєво перевищує прийняте в чинній нормативній літературі значення $k_{can} = 1,25$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст] : СНиП 2.04.03–85. – Взамен СНиП II–32–74 ; введ. 1986–01–01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
2. Строительные нормы и правила. Аэродромы [Текст] : СНиП 2.05.08–85. – Взамен СНиП II–47–80 ; введ. 1986–01–01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
3. Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55 (TR-55) [Текст] / United States Department of Agriculture; Natural Resources Conservation Service. – Washington : [s. n.], 1986. – 164 p.
4. Mays, L. W. Stormwater collection systems design handbook [Текст] / L. W. Mays. – New York : McGraw-Hill Professional, 2001. – 1008 p. – ISBN 0–07–135471–9.
5. Rossman, L. A. Storm Water Management Model. Users Manual. Version 5.0 : EPA/600/R 05/040 [Текст] / L. A. Rossman ; Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency. – Cincinnati : [s. n.], 2007. – 265 p.

Отримано 13.10.2011

В. М. ЖУК

КОЭФФИЦИЕНТ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ ДОЖДЕВЫХ ВОД В
ОТКРЫТЫХ ЛОТКАХ И КАНАЛАХ

Национальный университет «Львовская политехника»

В работе выполнено теоретическое исследование неравномерности течения дождевого стока в лотках и каналах прямоугольного поперечного сечения при линейном увеличении объемного расхода потока по длине. Разработана математическая модель, описывающая такое течение, составлена компьютерная программа для вычисления времени течения в лотках. Показано, что коэффициент неравномерности течения в лотке зависит от удельного путевого расхода притока, от длины, ширины, уклона и коэффициента шероховатости водосборного лотка и, как правило, существенно превышает принятое в действующей нормативной литературе значение $k_{can}=1,25$.

поверхностный сток, время концентрации, коэффициент неравномерности течения.

VOLODYMYR ZHUK

FACTOR OF NONUNIFORMITY OF RAIN WATER FLOW IN OPEN TROUGHS
AND CANALS

Lviv National Polytechnic University

The paper deals with the research of the rain water flow nonuniformity in rectangular cross-section troughs and canals at linear magnification of volume water discharge on the length. A mathematical model describing such kind of a flow has been worked out. The software for time computation of the flow in troughs has been made. The factor of flow nonuniformity in a trough has been shown to be dependent on the specific inflow discharge, the length, the width, the slope and the roughness factor of a water-receiving trough and, as a rule, substantially increases the current normative value $k_{can}=1,25$.

surface runoff, concentration time, nonuniformity factor

Жук Володимир Михайлович – к. т. н., доцент, докторант кафедри гідравліки і сантехніки Інституту будівництва та інженерії довкілля Національного університету «Львівська політехніка». Наукові інтереси: управління поверхневим стоком; напірна та безнапірна гідравліка.

Жук Владимир Михайлович – к. т. н., доцент, докторант кафедры гидравлики и сантехники Института строительства и инженерии окружающей среды Национального университета «Львовская политехника». Научные интересы: управление поверхностным стоком; напорная и безнапорная гидравлика.

Volodymyr Zhuk – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Hydraulics and Sanitary Engineering Department of the Institute of Civil Engineering and Environment of the Lviv National Polytechnic University. Research interests: surface run-off control, pressure and open-flow hydraulics.

УДК 628:332

Э. И. САЛИЕВ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

РЕФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА В АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Представлены концептуальные направления реформирования управления водопроводно-канализационным хозяйством Автономной Республики Крым, которые могут быть использованы органами исполнительной власти для принятия решения о необходимости дальнейшего проведения организационно-правового анализа сферы управления ЖКХ, разработки технико-экономического обоснования процесса реформирования управления и алгоритма проведения процесса реформирования.

реформирование, концепция, управление, предприятия, водная компания, публично-частное партнерство

1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с задачами, поставленными президентом Украины перед Кабинетом Министров Украины на заседании Кабмина 1 июня 2011 года о разработке Концепции реконструирования жилищно-коммунального хозяйства Украины, актуальным является определение возможных направлений реформирования водопроводно-канализационного хозяйства Автономной Республики Крым.

Водопроводно-канализационное хозяйство Крыма (ВКХ), как составляющая жилищно-коммунального хозяйства республики, является одной из проблемных сфер экономики и центром социальной напряженности в регионе и требует незамедлительных действий по реформированию и привлечению инвестиционных ресурсов для его технического переоснащения и достижения финансово-экономической стабилизации.

В вопросах реформирования ВКХ значительное место необходимо отвести преобразованиям в сфере управления отраслью.

В настоящем материале представлены предложения по основным концептуальным направлениям реформирования управления ВКХ АР Крым, которые могут быть использованы органами исполнительной власти для принятия решения о необходимости дальнейшего проведения организационно-правового анализа сферы управления ЖКХ, разработки технико-экономического обоснования процесса реформирования управления и алгоритма проведения процесса реформирования.

2. ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ ВКХ АР КРЫМ

В Автономной Республике Крым имеется сложный комплекс проблем, связанных с водоснабжением и водоотведением потребителей Крыма. Среди проблем, требующих безотлагательных решений, необходимо отметить следующие:

2.1 Техническое состояние

- износ сетей водоснабжения и водоотведения по Крыму составляет более 88 %;
- доля ветхих и аварийных сетей по Крыму составляет более 48 %. Этот показатель выше среднего отраслевого по Украине;
- высокий уровень аварийности приводит к большим потерям воды – 34 % в среднем по Крыму;

– более 40 % технологического оборудования имеет полный физический износ, оборудование в системах водоснабжения и водоотведения морально устарело, имеет значительную энергоемкость.

2.2 Финансово-экономическое состояние

– подавляющее число предприятий являются убыточными, имеют бюджетные задолженности, а также задолженности по уплате населением за предоставленные жилищно-коммунальные услуги, возросшие в условиях финансово-экономического кризиса;

– одной из главных причин нестабильности финансового состояния предприятий ЖКХ является несоответствие существующих тарифов реальной экономической обоснованной себестоимости услуг и низкий процент включения инвестиционной составляющей в утвержденные тарифы.

2.3 Система управления

– водопроводно-канализационное хозяйство в АР Крым представлено тремя группами предприятий: республиканскими, коммунальными, а также иными предприятиями различных организационно-правовых форм собственности (отдельных ведомств государственного и республиканского подчинения, предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства частной формы собственности и физическими лицами);

– организация управления предприятиями на республиканском уровне несовершенна и неэффективна;

– в сложившейся ситуации необходимы безотлагательные меры по совершенствованию системы управления ВКХ АР Крым.

3. КОНЦЕПЦИЯ РЕФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВКХ АР КРЫМ

В изложенных ниже концептуальных подходах предложены некоторые практические подходы по проведению рыночных преобразований в управлении ВКХ Крыма, призванные повысить надежность функционирования систем водоснабжения и водоотведения и направленные на ликвидацию аварийности и износа основных фондов, формирование режима их устойчивого и достаточного финансирования.

Как показывает предварительный анализ, а также опыт реформирования ЖКХ в Украине (Луганская и Донецкая области), реформирование ВКХ АР Крым возможно путем создания единой Республиканской водной компании (далее – Республиканская водная компания).

3.1 Основные цели создания Республиканской водной компании

Основные цели:

– повышение качества и надежности услуг, снижение их себестоимости;

– установление единого тарифа на оказанные услуги для населения, проживающего на территории деятельности Компании.

Основные принципы:

– выработка стратегии развития ВКХ в целях разработки, планирования, финансирования, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов;

– консолидирование республиканских целевых программ и инвестиционных программ горводоканалов в единую программу реформирования ВКХ Крыма для модернизации, внедрения современных технологий, снижения энергоемкости, повышения качества воды и предоставления услуг;

– привлечение частного бизнеса к управлению и инвестированию в коммунальный комплекс ВКХ через государственно-частное партнерство;

– внедрение современного управленческого менеджмента с использованием энергосберегающих технологий и инновационных инженерных решений.

3.2 Основные принципы создания Республиканской водной компании:

– создание целостности республиканской структуры ВКХ;

– привлечение на последующих этапах частного бизнеса к управлению и инвестированию в республиканский комплекс ВКХ;

– поэтапное интегрирование предприятий ВКХ в единую систему управления предприятиями ВКХ АР Крым, с учетом особенностей республиканской и коммунальной собственности.

3.3 Организационно-правовые основы создания Республиканской водной компании

С учетом изложенных выше целей создания Республиканской водной компании наиболее приемлемой организационно-правовой формой для ее создания представляется **республиканское хозяйственное объединение в виде концерна**, который будет создаваться по решению Совета Министров Автономной Республики Крым по предварительному согласию Верховной Рады Автономной Республики Крым. Органом управления будет Министерство регионального развития и жилищно-коммунальные хозяйства Автономной Республики Крым.

На первом этапе участниками объединения (концерна) будут 13 горводоканалов и Республиканский комитет по водохозяйственному строительству и орошаемому земледелию.

На втором этапе – после тщательного анализа и дополнительной проработки в регионах, а также после передачи объектов сельского водоснабжения и водоотведения коммунальной собственности по согласию территориальных громад в управление Совета Министров Автономной Республики Крым – коммунальные предприятия, занимающиеся водоснабжением и водоотведением.

При этом следует учесть, что именно в сельской местности Крыма уже существует немало предприятий частной формы собственности, которым объекты коммунальной собственности территориальных громад были переданы либо в концессию, либо в аренду, как юридическим так и физическим лицам-частным предпринимателям. Кроме того, практически в каждом районе созданы объекты сельского водоснабжения при совместном участии международной технической помощи, территориальных громад и органов самоуправления населения (ОСН), большинство из которых так и не переданы в коммунальную собственность территориальных громад. Особенностью сельского водоснабжения в Автономной Республики Крым зачастую являются также и его нахождение в едином коммунальном предприятии, где, кроме водоснабжения и водоотведения, предоставляются услуги по уборке мусора и по другим коммунальным услугам (содержание жилого фонда, содержание кладбищ и т. д.).

Именно комплексный подход в предоставлении коммунальных услуг зачастую способствует «выживанию» данных предприятий. Разрыв водоснабжения от других услуг может привести к банкротству оставшейся части предприятия. Также следует отметить наличие большого количества мелких заведомо нерентабельных коммунальных предприятий в различных селах на территории одного сельского совета.

Все вышеперечисленные особенности сельского водоснабжения необходимо до их вовлечения в создаваемое объединение (концерн) проработать, провести региональное (районное) реформирование по укрупнению, разделению существующих коммунальных предприятий, а также осуществить анализ эффективности использования имущества переданного в концессию и аренду частным структурам.

3.4 Краткая характеристика правовых основ создания республиканского объединения в виде концерна

1. Нормативно-правовой основой для создания объединения является Хозяйственный кодекс Украины № 436–IV от 16.01.2003г. (ст. 118–124, гл. 12).

2. Объединение (концерн) предприятий-участников является юридическим лицом, действующим на основе Устава и/или учредительного договора.

3. Государственные и коммунальные объединения создаются только преимущественно в форме корпорации или концерна.

4. Концерном – признается уставное объединение предприятий, а также других организаций на основе их финансовой зависимости от одного или группы участников объединения, с централизацией функций научно-технического и производственного развития, инвестиционной, финансовой, внешнеэкономической и другой деятельности. Участники концерна не могут быть одновременно участниками другого концерна.

5. Предприятия – участники объединения (концерна) остаются в статусе юридического лица независимо от организационно-правовой формы объединения, а значит платят налоги по месту своего нахождения.

6. Предприятия, которые входят в состав государственного или коммунального (республиканского) объединения, не имеют права без согласия выходить из его состава, а также объединяться на добровольных началах с другими субъектами хозяйствования и принятия решения о прекращении деятельности.

7. Решение о создании объединения (концерна) предприятий и Устав объединения согласовывается с Антимонопольным комитетом АР Крым в порядке, установленном действующим законодательством Украины.

8. Органом управления объединения являются высший орган – общее собрание участников и исполнительный орган.

9. Исполнительным органом государственного (коммунального) республиканского объединения (концерна) является правление объединения и генеральный директор, который назначается Советом Министров АР Крым. Основные функции управления объединения должны быть изложены в Уставе объединения (концерна), а также в других нормативных документах этого юридического лица.

10. Осуществление управления деятельностью объединения (концерна) предприятий может выполнять администрация одного из предприятий (головное предприятие объединения) на условиях, предусмотренных учредительными документами. В нашем случае функции головного предприятия может выполнять «Производственное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства г. Симферополя». Это сделает возможным не создавать новый штат управленцев объединения (концерна), а лишь несколько его расширить за счет сокращения аппаратов управления в горводоканалах на местах.

11. Имущество передается объединению (концерну) его участниками в хозяйственное ведение на основе решения Совета Министров Автономной Республики Крым. Стоимость имущества отражается на его балансе, но при этом собственником имущества остается Автономная Республика Крым и территориальные громады (для коммунального имущества).

12. Объединение является юридическим лицом – субъектом хозяйствования, основным видом деятельности которого будет производство и реализация услуг по водоснабжению и водоотведению, а значит оно может быть лицензиатом – субъектом хозяйствования, который получит лицензию на централизованное водоснабжение и водоотведение, а также другие виды лицензий, требуемые для оказания вышеперечисленных услуг.

13. Вышеперечисленные характеристики объединения (концерна) являются базовыми, более подробно они изложены в Хозяйственном кодексе, а также должны быть изложены в учредительных документах объединения (концерна).

3.5 Основные функции Республиканской водной компании

С учетом изложенных выше основных целей и принципов создания Республиканской водной компании в виде объединения (концерна), предлагается делегировать следующие основные функции Республиканской водной компании:

- эффективное управление ВКХ Крыма в рамках полномочий, переданных ей органом управления – Министерством регионального развития и ЖКХ АР Крым;
- координация участников внутри Управляющей компании, а также органами ЖКХ на уровне республиканских исполнительных органов и органов местного самоуправления территориальных громад;
- осуществление единой финансовой политики;
- осуществление единой технической поддержки;
- организация единых сервисных (ремонтных) услуг, за исключением оперативных аварийных ситуаций и текущих ремонтов;
- организация единой инвестиционной политики;
- расчет единых тарифов по водообеспечению и водоотведению для всех участников объединения (концерна);
- организация единой методической и юридической поддержки;
- организация обучения и повышения квалификации персонала.

В Республиканскую водную компанию необходимо передать следующие сервисные работы (услуги):

- строительные работы в сфере водоснабжения (капитальные ремонты, новое строительство);
- лабораторный контроль качества воды (дополнительная передвижная лаборатория);
- определение мест утечек воды;
- поверка и ремонт счетчиков;
- внедрение новых технологий производства питьевой воды, энергосберегающих технологий;
- разработка проектной и технологической документации;
- анализ технического состояния объектов, ежегодная проверка;

- подготовка документов и получение правоустанавливающих документов (лицензии, разрешения и т. д.) на объединение в целом;
- ремонт электронасосного оборудования, систем автоматики;
- централизованная поставка материалов, оборудования и комплектующих;
- предоставление машин и механизмов;
- методическое сопровождение ведения бухгалтерского и налогового учета;

В этот перечень можно вводить дополнительные работы, являющиеся экономически эффективными в составе объединения, а не отдельных юридических лиц, входящих в его состав.

Для выполнения таких работ Республиканская водная компания может создавать дочерние предприятия (проектные, строительные, иные), компания должна получить все лицензии и разрешения, требуемые для осуществления лицензируемых видов деятельности. Передачи целого ряда функций в объединение (концерн) будет способствовать оптимизации затрат в участников объединения на местах, что приведет к уменьшению тарифов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водний кодекс України [Текст] : Кодекс України, Закон, Кодекс від 06.06.1995 № 213/95-ВР // Відомості Верховної Ради. – 2001. – № 37. – Ст. 189.
2. Про житлово-комунальні послуги [Текст] : Закон України від 24.06.2004 № 1875-IV // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 47. – Ст. 514.
3. Про питну воду та питне водопостачання [Текст] : Закон України від 10.01.2002 № 2918-III // Відомості Верховної Ради. – 2002. – № 16. – Ст. 112.
4. Про захист економічної конкуренції [Текст] : Закон України від 11.01.2001 № 2210-III // Відомості Верховної Ради. – 2001. – № 12. – Ст. 64.
5. Салієв, Е. І. Житлово-комунальне господарство Автономної Республіки Крим: проблеми кардинальних змін та прискореного розвитку [Текст] / Е. І. Салієв // Упр. сучас. містом. – 2004. – № 10–12(16). – С. 206–213.
6. Салиев, Э. И. Механизмы реализации государственной политики в сфере водоснабжения в Автономной Республике Крым [Текст] : дис. ... канд. наук госуд. управления : 25.00.02 / Э. И. Салиев. – Киев, 2008. – 187 с.
7. Saliev, E. I. Ekological and economic problems of power-saving technologies in Ukraine [Текст] / E. I. Saliev // ТЕКА. Ком. Mot. Entrg. Roln. – OL PAN. – 2010. – No. 10. – P. 333–339.
8. Салиев, Э. И. Проблемы инвестирования сферы водоснабжения и водоотведения Автономной Республики Крым [Текст] / Э. И. Салиев // MOTROL. – 2009. – ТОМ 11В. – С. 111–119.
9. Салиев, Э. И. Основные концептуальные направления реформирования управления водопроводно-канализационным хозяйством в Автономной Республике Крым [Текст] / Э. И. Салиев, У. С. Каялиева, М. К. Сукач // Збірка доповідей Міжнар. Конгресу «ЕТЕВК–2011» (Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація). Ялта, 6–10 червня 2011 р. – Ялта, 2011. – С. 365–373.

Получено 21.09.2011

Е. І. САЛІЄВ

РЕФОРМУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА В АВТОНОМНІЙ РЕСПУБЛІЦІ КРИМ

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

Представлені концептуальні напрями реформування управління водопровідно-каналізаційним господарством Автономної Республіки Крим, які можуть бути використані органами виконавчої влади для прийняття рішення про необхідність подальшого проведення організаційно-правового аналізу сфери управління ЖКГ, розробки техніко-економічного обґрунтування процесу реформування управління і алгоритму проведення процесу реформування.

реформування, концепція, управління, підприємства, водна компанія, публічно-приватне партнерство

ENVER SALIYEV
REFORMING MANAGEMENT OF THE WATER SUPPLY AND SEWERAGE
FACILITIES OF AUTONOMOUS REPUBLIC OF CRIMEA
National Academy of Nature Protection and Resort Construction

The conceptual trends of management reforming of the water supply and sewerage facilities of the Autonomous Republic of the Crimea enabling to be used by executive authorities to take a decision of the necessity for further carrying out of organizational and legal analysis of the sphere of management of housing and communal services, development of engineering and economic feasibility of the process of management reformation and the algorithm of reformation process execution.

reforming, concept, management, enterprises, water company, public and private partnership

Салієв Енвер Ібрагімович – к. н. держ. управління, доцент кафедри водопостачання і санітарної техніки Національної академії природоохоронного та курортного будівництва. Наукові інтереси: менеджмент та економіка підприємств, нові матеріали та сучасні технології при реконструкції споруд водопостачання та водовідведення.

Салиев Энвер Ибрагимович – к. н. гос. управ., доцент кафедры водоснабжения и санитарной техники Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: менеджмент и экономика предприятий, новые материалы и современные технологии при строительстве и реконструкции сооружений водоснабжения и водоотведения.

Enver Saliev – PhD (State Administration), an Assistant Professor of the Water Supply and Sanitary Engineering Department of the National Academy of Nature Protection and Resort Construction. Research interests: management and economy of enterprises, the latest materials and contemporary techniques and at construction and refurbishment of water supply and sewage structures.

УДК 711

С. В. СИНІЙ, А. В. ШОСТАК, П. О. СУНАК

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАГАЛЬНОМІСЬКОГО ЦЕНТРУ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЛУЦЬКА

На основі аналізу історичних та сучасних матеріалів щодо розвитку функціонально-планувальної структури Луцька виділені періоди еволюції загальноміського центру. Визначена функціональна структура загальноміського центру і значення його в системі міських транспортних магістралей. Розглянуті навантаження транспорту на центр з боку головних транспортних магістралей.

мережа, загальноміський центр, транспортна мережа

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На формування і розвиток в часі функціонально-планувальної структури Луцька суттєво впливає формування і розвиток його центру. Тобто, вдосконалення такої структури сучасного міста практично не можливе без формування просторово розвинутої і функціонально інтегрованої системи загальноміського центру. Луцьк – древнє українське місто, а тому, згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 26 липня 2001 року № 878 та Закону України «Про охорону культурної спадщини», м. Луцьк включено в Список історичних населених місць України.

Загальноміський центр Луцька – це не тільки головний архітектурний ансамбль міста, але і комплексна функціональна зона, в якій сконцентровані різноманітні форми громадської діяльності населення: громадсько-політична робота та управління, культура та відпочинок, а також такі важливі функції, як транспортні.

Однією з основних тенденцій сучасного містобудування є багатофункційність загальноміського центру, тобто просторова концентрація у ньому якомога більшої кількості притаманних місту функцій. Зокрема, важливим проявом цієї тенденції у просторі центру Луцька є концентрація транспортних і пішохідних потоків. Тобто, загальноміський центр служить головним транспортним вузлом для міста та агломерації, а порушення цієї функції негативно впливатиме і на інші головні.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

З відомих досліджень, питання містобудування та організації транспортного руху у сучасному місті досить детально розглядаються у працях професорів Б. С. Посацького, М. М. Дьоміна та М. М. Осетріна, враховуючи [4, 6, 7]. Дослідженням з питань проектування функціональної організації, планувальної структури та містобудівної композиції власне міста Луцька і його загальноміського центру присвячено ґрунтовну працю відомих архітекторів Б. В. Колоска та Р. Г. Метельницького [5], проекти архітекторів А. Я. Бідзілі, А. Є. Куделіна, які належать до колективу архітекторів – безпосередніх учасників формування сучасного образу Луцька. Особливо багато публікацій, що стосуються тематики минулого, сучасного та перспективного розвитку Луцька, належать Б. В. Колоску.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Порушення транспортної функції загальноміського центру може відбутися під дією ряду чинників, що перш за все пов'язані з розвитком містобудівної системи без належного врахування реальних

масштабів зростання обсягів цієї функції та нормативних вимог, зокрема [3]. В еволюції загально-міського центру, окрім загальних для кожного історичного періоду принципів, можна простежити особливі ознаки, характерні для розвитку конкретного міста. Зрозуміло, що врахування особливостей історичного розвитку міста повинно успадковуватись. Своєрідність міста, відображена передусім у просторовій структурі центру, характеризується певними стійкими ознаками міського плану, а отже і системи міських транспортних магістралей. Тобто, у формуванні транспортної мережі міста вплив загальноміського центру є одним з найважливіших і потребує аналізу для наступного прийняття оптимальних містобудівних рішень, спираючись на принципові рішення генплану. Враховуючи, що для Луцька дане питання недостатньо повно вивчене і вирішене, простежити цю роль загальноміського центру, виявити тенденції її розвитку, на основі систематизації історичних даних про розвиток Луцька, є завданням даної статті.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕНЬ

Історичний розвиток загальноміського центру Луцька можна поділити на такі періоди:

- утворення у Луцькій агломерації давньоруських поселень адміністративного центру – острова Луцьк (VII–X ст.);
- концентрація міських функцій на острові Луцьк за східнослов'янською моделлю – формування «дитинця» (XI–XIII ст.);
- формування схеми «місто – замок», характерної для західноєвропейських міст XIV–XVI ст.;
- формування міської структури вуличної мережі і площ (XIV–XVIII ст.);
- формування сітки вуличної мережі із виділенням ядра (XIX – поч. XX ст.);
- формування загальноміського центру в сучасній функціонально-планувальній структурі та в системі міських транспортних та міжпоселенних зв'язків (XX ст.).

Якщо порівняти сітку вуличної мережі визначених періодів, то можна прослідкувати її поступову трансформацію.

Значний вплив рельєфу на формування міської об'ємно-планувальної структури, а отже і вулично-дорожньої мережі, простежується в усі періоди розвитку міста і особливо відчутний на початкових періодах, коли територія міста обмежувалась розмірами острова Луцьк (спочатку природними, а потім і насипними), розташованого серед багнистої заплави та боліт, оточених рукавами Стиру та Глушця.

Поступова зміна давньоруської схеми зонування X–XIII ст. формуванням схеми «місто – замок», XIV–XVI ст. супроводжувалась переходом міських функцій (адміністративних, громадських, торгових) з території Верхнього і Окольного замків на освоєну внаслідок інженерної підготовки нову площадку острова. Вже в XVI ст. забудова острова за щільністю і характером була близькою до міст Західної Європи, а за його межами розрослись передмістя (Хмельник, Вулька, Юриздика, Яровиця, Гнідава, Красне). За даними [5] територія природного острова розрослась від 8 га у X ст. до 31 га наприкінці XIX ст.

Заснування вуличної мережі міста тісно пов'язане з розбудовою його укріплень і почалося з дороги-греблі (існуючої, за літописною згадкою, у 1149 р.), що зв'язувала замок острова з сушею (урочищем Хмельник, відділеним від острова 300-метровою багнистою заплавою), і вже у XIV–XVI ст. перетворилася спочатку на двовуличну сітку в межах острова, яка пізніше розширилась до тривуличної. Двовулична планувальна структура (дуже характерна для середньовічних міст) із сходженням вулиць біля Глушецького мосту, перетворившись у тривуличну, на сьогодні фактично не змінилась в межах колишнього острова, незважаючи на її неодноразові перепланування. Наступне розростання мережі, зумовлене оборонними завданнями (побудова греблі для затоплення підходів до острова), забезпечувало сполучення острова з іншими поселеннями Луцької агломерації. До речі, не всі спроби такого сполучення закінчувалися успішно, у зв'язку з великою технічною складністю прокладання дороги по багнистих ґрунтах. Так, залишилися незавершеними будівництва гребель через заплаву Стиру: розпочате у XIV ст. князем Любартом на трасі сучасної вулиці Шевченка (довжиною близько 315 м) та пізніша на 500 років спроба спорудження греблі з двома мостами від острова до Гнідави. Зрозуміло, що острівне розташування міста вимагало росту кількості мостів через рукави та притоки Стиру. До перших відноситься Глушецький міст згадуваної вище дороги-греблі 1149 р., «великий земський» від гаті біля Глушецького моста через болотисту заплаву і Стир до Красного (побудований до 1430 р. – початку періоду занепаду міста). Поступове зменшення кількості рукавів Стиру та його приток, за картами XVIII–XIX століть (рис. 1 та рис. 2), сприяло утворенню нових доріг для зв'язку центру з околицями міста.

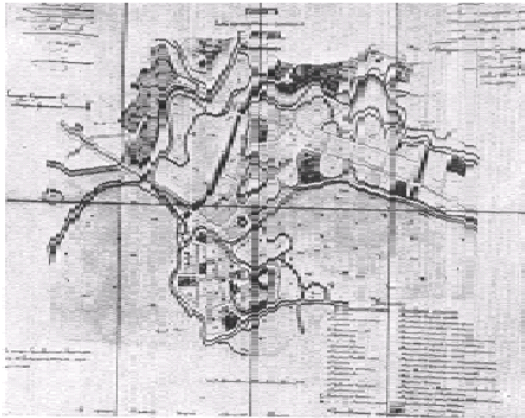


Рисунок 1 – План міста Луцька XVIII ст.

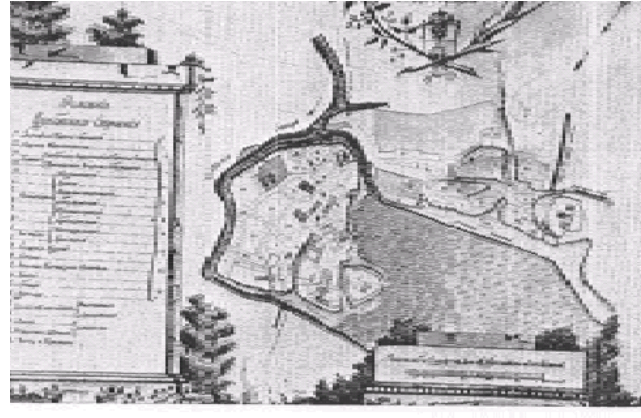


Рисунок 2 – План міста Луцька 1869 р.

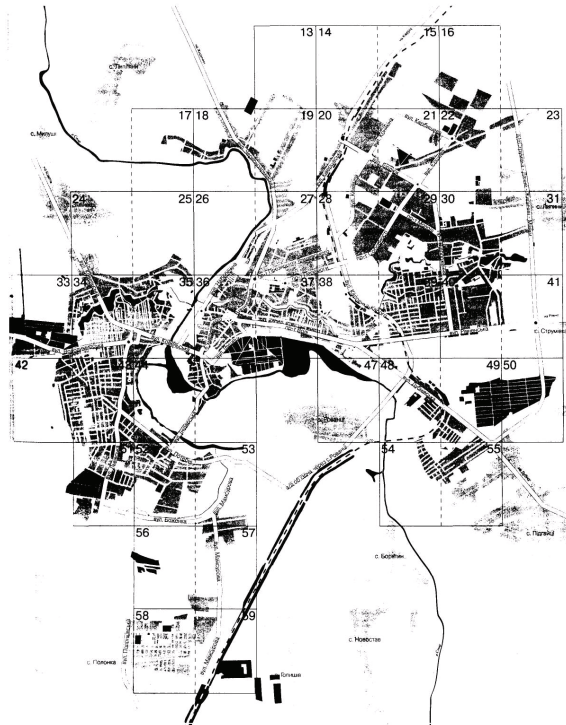


Рисунок 3 – Схема розташування районів міста Луцька 2008 р.

Сітка основних вулиць Хмельника (нині – вул. Б. Хмельницького, Л. Українки та ін.) сформована під впливом рельєфу у XVI ст. і у XVIII ст., коли місто займає усю територію острова і Хмельника та частково – Юриздику (рис. 1). Гребля і два мости між Красним і Юриздику (будівництво 1849 р., зруйнувались – до кінця XIX ст.) помітно вплинули на планування центральної частини Юриздики. Планувальна структура Юриздики та Вульки сформована у першій половині XIX ст. (нині – майдан Театральний, проспект Волі, вулиці Словацького, Суворова та ряд інших), тоді ж швидко розвивається сітка вулиць Красного. По Черчицях та Кичкарівці проведено трасу теперішньої вулиці Чернишевського (в середині XIX ст.). Сполучення греблею (будівництво 1903 р.) Гнідави з островом Луцьк пришвидшило її освоєння і включення у межі міста, сполучення Красне з Гнідавою здійснювалось прямокутною сіткою вулиць. Брукована Києво-Брестська дорога прокладена через Луцьк близько 1862 р.

Загалом, сітка вулиць збудованих у XIX – поч. XX ст. районів міста була прямокутною лише біля прямолінійних міжміських доріг на пласких ділянках плато (вдовж доріг на Ковель та Володимир

між заплавами Стиру та Омелянки), а більшість вулиць повторювали рельєф берегів плато, обриваючись чи об'єднуючись криволінійними вулицями вздовж кромки плато [5]. Головні вулиці проходили вздовж природних осей плато, а сітка вулиць узгоджувалась з архітектурно-просторовою композицією міста.

Збільшення території міста супроводжувалось переміщенням його центру, спочатку – в межах острова Луцьк (у VII–XVIII ст.), далі – на Театральний майдан (XIX – перша пол. XX ст.), від якого – вздовж проспекту Волі до площі перед головним корпусом ВНУ (1950-ті роки). Така рухомість загальноміського центру відповідно змінює функції прилеглих до нього житлових зон, що перетворюються з приміських на міські.

У другій половині XX ст. остаточно сформувались основні райони міста (рис. 3) із сітками вуличної мережі: Центральний, Старе місто, Красне, Кичкарівка, Черчиці, Гнідава, Вересневе, Завокзальний, Вишків, Гуща, Теремно, Дубнівський, с. Рованці. Фактично, це майже всі колишні поселення Луцької агломерації, транспортні зв'язки між якими формувались історично, тобто, перш за все, по мірі розвитку і розростання міста та зменшення затоплених територій.

Важливою умовою нормального функціонування міста є узгодженість між функціонально-просторовою структурою і комплексом транспортних систем. Транспортні умови помітно впливають на структуру сучасного загальноміського центру міста Луцька, його розташування в плані міста, конфігурацію, напрям розвитку. Вирішальними умовами є: забруднення повітря вихлопними газами автотранспорту; зручність користування транспортом завдяки оптимізації дальності підходу до зупинок і стоянок; безперешкодний пішохідний рух; наявність і зручність парковки автотранспорту; висока організація транспортного сполучення (швидкість, безпечність, регулярність, зручність руху) центру з районами міста та зовнішньою транспортною системою.

Сучасний Луцьк є обласним центром з кількістю мешканців 206,5 тис. люд. (на 01.01.2008 р.), це середнє місто з наближенням до розмірів великого. За функціональним призначенням територія розподіляється на сельбищну, промислову, комунально-складську, ландшафтно-рекреаційну, однак не має цілісного планувального завершення і переважно характеризується черезсуміжжям і вклинюванням в межі зон одного функціонального призначення частин території другого функціонування. Міський центр розвивається як поліфункціональна система з різноманітними видами діяльності (громадська, ділова, культурно-освітня, видовищна), торгівлею, громадським харчуванням, житлом.

Принципова схема мереж магістральних вулиць Луцька склалася як радіально-кільцева. До переваг такої планувальної схеми відносять найнижчий, у порівнянні з іншими, коефіцієнт непрямолінійності при достатній щільності вуличної мережі. До недоліків – перевантаження центру транзитними транспортними потоками, що добре видно зі схем руху міського пасажирського транспорту (рис. 4). За даними [2] довжина транспортних ліній по осі вулиць складає: автобусних – 65 км, тролейбусних – 42 км; загальна протяжність транспортної мережі по осі вулиць – 70 км. Такі значення можна вважати задовільними та проводити заходи щодо їх збільшення.

Основу структури вуличної мережі міста складають магістральні вулиці загальноміського і районного значення [2] із загальною довжиною магістральної вуличної мережі 138,0 км, з них: загальноміського значення 51,0 км, районного значення – 87,0 км. Щільність магістральної мережі – 1,9 км/км² (проти нормативного 2,4 км/км²). В місті розташована велика кількість штучних споруд (18 мостів, 3 шляхопроводи). Велика кількість магістральних вулиць за технічними параметрами не відповідає своєму функціональному призначенню і відноситься до них з планувальних рішень та транспортного навантаження.

Значна частина магістралей загальноміського значення перетинають чи примикають до загальноміського центру, що зумовлено існуючою радіально-кільцевою схемою ВДММ. Головною меридіанною віссю міста є транспортна артерія Набережна-Ківерцівська, що проходить з півночі на південь через центр міста, а від неї відгалужуються дві напружені магістральні головні вулиці міста широтних напрямків: Шевченка-пр. Волі та Ковельська-Глушець. Магістральні вулиці загальноміського значення мають по 2–4 смуги, за даними [2] (рис. 5) та наших досліджень (2004–2010 рр.) максимальна інтенсивність руху в години «пік» в одному напрямку 800–3000 прив.од./год. Причому більші значення характерні саме для магістралей загальноміського центру. З аналізу отриманих значень цих показників випливає, що переважна більшість магістралей загальноміського значення центру міста наблизились до своєї максимально допустимої пропускної здатності.

Отже, планувальна структура загальноміського центру міста Луцька формується як радіально-кільцева система. Зручна транспортна доступність загальноміського центру є основною умовою його формування і розвитку. При формуванні загальноміського центру забезпечуються:

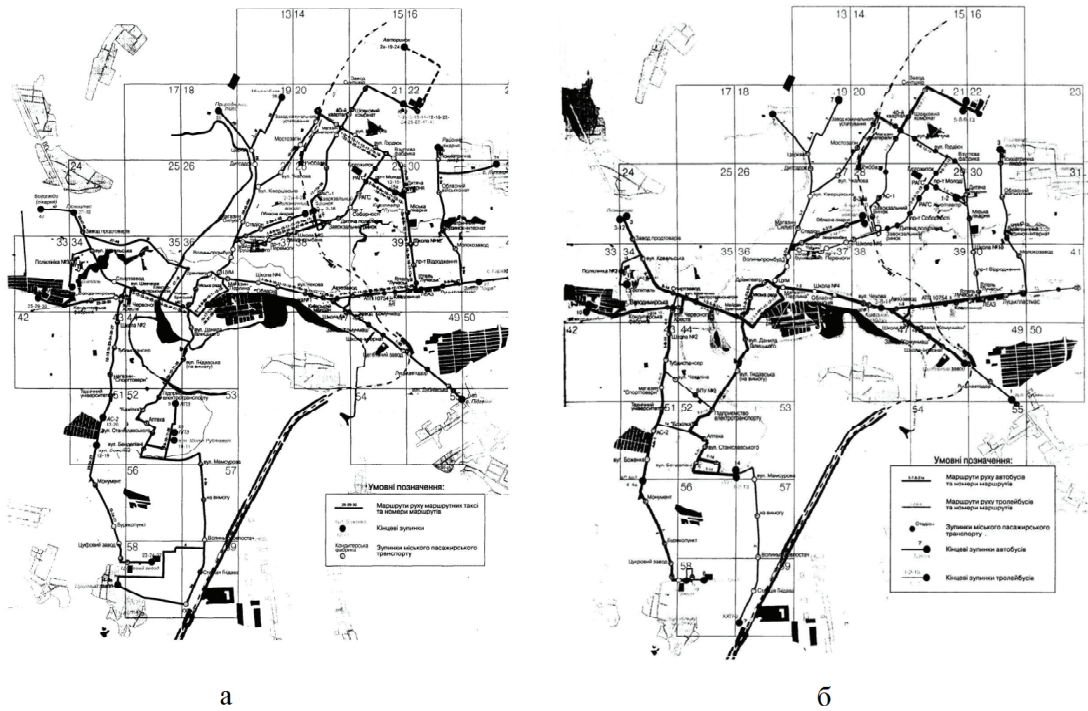


Рисунок 4 – Схеми руху громадського транспорту у Луцьку: а – маршрутних таксі; б – тролейбусів та автобусів.

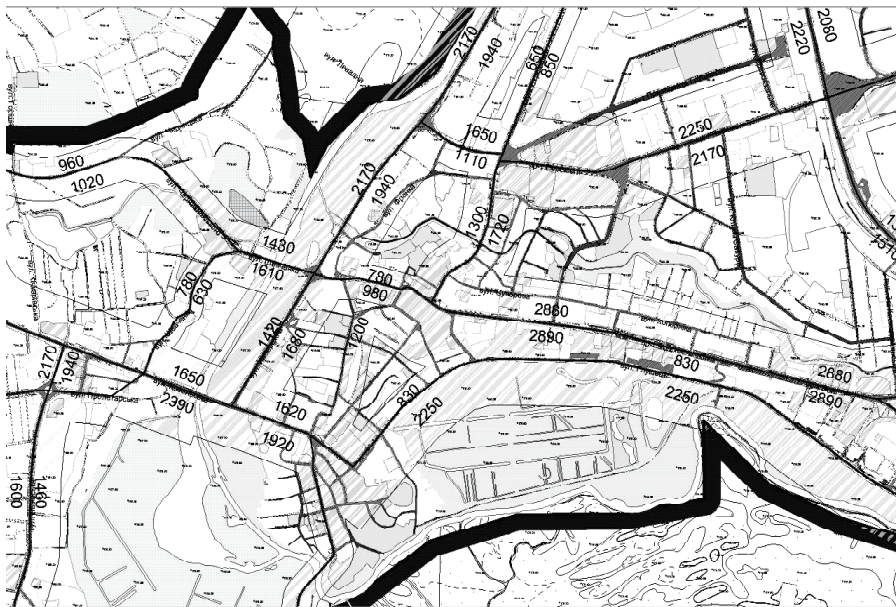


Рисунок 5 – Сучасні значення максимальної інтенсивності руху в години «пік» в одному напрямку в центральній частині міста Луцька [2].

- зручні зв'язки із житловими районами при розширенні території міста;
- можливості перспективного розширення чи зміни складу закладів загальноміського центру;
- збереження головної ролі загальноміського центру в композиційній забудові сельбищної зони міста і міста в цілому.

Функції спілкування та відпочинку також органічно доповнюють інші пріоритетні функції загальноміського центру Луцька. Сучасний просторово розвинений загальноміський центр міста, при певних застереженнях [5], уособлює гармонійне композиційне поєднання природної підоснови міста з його забудовою. Центр структурно і функціонально пов'язує автономні «елементи розселення» міста, створює умови для їх постійних і різноманітних взаємозв'язків та контактів.

Планувальні схеми вулично-дорожньої мережі районів міста можна віднести до прямокутних, перевагою яких є чітка планувальна структура, а недоліком – значний коефіцієнт непрямолінійності (збільшуються пробіги автомобілів і відповідно час переїзду). Громадські центри житлових районів Луцька формують його інфраструктуру, порівняно рівномірно (пропорційно до розмірів районів) наповнюючи житлове середовище міста елементами громадського призначення. Транспортна інфраструктура міста активно впливає на його планувальну структуру, як її складова частина. Це зумовлено, передусім, соціально-економічними факторами, розмірами і функціональним зонуванням міської території, чисельністю населення, рівнем розвитку транспорту, природними умовами.

Рациональна організація транспортного і пішохідного руху впливає на формування загальноміського центру. Звільнена від транспорту лінійно-вузлова система пішохідних вулиць об'єднує навколо центральної вулиці Лесі Українки в єдине ціле розгалужені системи закладів соціально-культурного призначення та зелених насаджень парку 900-річчя Луцька (у літні святкові дні до цієї системи приєднується аналогічна по пр. Волі). Внутрішні просторові зв'язки загальноміського центру організовані пішохідними зонами та пішохідною доступністю до точок прикладання праці і обслуговування, історичних об'єктів туристичних маршрутів. Цю тенденцію в структурі загальноміського центру потрібно підтримувати і розвивати.

Територія центру охоплена вітками магістралей (дугами), що з'єднують між собою окремі радіальні магістралі. Така мережа відводить від центру транзитний транспорт і підступає до головних адміністративних, ділових, торгових закладів та закладів культури. Навіть при обмеженнях транзитного транспортного руху, територія ядра (загальноміського центру), особливо перетини головних магістралей радіальної схеми, певною мірою переобтяжена інтенсивністю руху громадського транспорту. Враховуючи, що пропускна здатність головних магістралей центру наближається до максимально допустимих розрахункових значень, більше уваги в організації транспортного руху потрібно надавати елементам кільцевої схеми. Тобто, рух транспортних потоків через загальноміський центр слід частково спрямовувати по магістралях-дугах та по периметру Центрального району. На окремих ділянках мережі дворівневі транспортні розв'язки також сприятимуть вирішенню завдання.

Зростання щільності, поверховості забудови та вартості землі у Центральному районі, враховуючи Старе місто, зумовлюють складнощі з розширенням площ для паркування автотранспорту. При формуванні загальноміського центру, і міста в цілому, потрібно враховувати підвищення рівня забезпечення населення автотранспортом через: нормовану площу автостоянок із врахуванням обслуговування тяжіючого населення; раціональне розташування автостоянок різного призначення.

У процесі поступової урбанізації територій міста та навколо нього міська забудова ущільнюється, займаючи вільні території та розташовується вздовж магістралей на міських околицях. Планувальна структура старих загальноміських центрів, що територіально розширюються, не достатньо пристосована до нових умов руху. При цьому, погіршується доступність для населення до громадських об'єктів центру, збільшуються радіуси пішохідної доступності. Для попередження такого явища потрібно коректно змінити ідею транспортної структури центру, щоб зберегти її значення в нових умовах міського життя. Зокрема, потрібно чітко розмежувати рух пішоходів і транспорту, формуючи системи зв'язків площ для пішохідного руху на території центру.

Створення сприятливих умов для функціонування адміністративно-ділових, громадських і культурних закладів потребує організації швидких, безпечних і зручних взаємозв'язків між об'єктами центру різного адміністративного рівня, із житловими та промисловими районами, зонами відпочинку та приміськими поселеннями. Організація дорожнього руху на мережі вулиць, магістралей, перехресть і площ загальноміського центру повинна підняти їх пропускну здатність до значень зростаючого транспортного навантаження в години пік. При існуючому функціональному навантаженні уже складена вулично-дорожня мережа не відповідає зростаючим об'ємам транспортно-пішохідного руху. Це обмежує і перешкоджає руху населення, збільшує затрати часу на поїздки. Задовільне вирішення цієї проблеми організації руху забезпечується: світлофорним регулюванням; існуючими вітками (дугами) кільцевої магістралі в об'їзд центру; одностороннім рухом по вул. Б. Хмельницького та Парковій. У найближчій перспективі покращення ситуації щодо якісного обслуговування маршрутами масового пасажирського транспорту у загальноміському центрі можна досягти:

- збільшенням пропускну здатності магістральних вулиць (за рахунок їх реконструкції, а для окремих ділянок – заборони стоянок в години великої інтенсивності руху);
- оптимізації маршрутів громадського транспорту (збільшення питомої частини транспорту великої пасажиромісткості автобусів, тролейбусів, враховуючи зчеплені; обмеження транзитного руху

автомобільного транспорту приміських маршрутів; зменшення кількості міських маршрутів через перезавантажені транспортні вузли центру із збільшенням маршрутів радіальних, діагональних (безпересадочних) та кільцевих по периферії території центру, впровадження сучасних технологій та технічних засобів керування рухом транспортних потоків на ВДММ).

ВИСНОВКИ

Загальна архітектурно-планувальна композиція загальноміського центру міста базується на ідеї створення єдиного компактного ядра, зв'язаного з планувальними районами міста системою транспортних зв'язків. Планувальна структура сучасного загальноміського транспортного центру міста Луцька формується як радіально-кільцева система з усіма її перевагами, а також і недоліками, вплив яких потрібно поступово зменшувати. У найближчій короткостроковій перспективі загально-міський центр доцільно розвивати у напрямку вирівнювання (розсосередження) функціонального навантаження по усій його території та зменшення навантажень на його історичну частину, за рахунок прийняття оптимізованих рішень з організації дорожнього руху, як менш дороговартісних, а у довгостроковій перспективі – шляхом формування раціональної вулично-дорожньої мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Луцьк до кожного будинку [Текст] : Атлас / НВП «Технічне Бюро Кадастру». – Луцьк : НВП «Технічне Бюро Кадастру», 2003. – 73 с.
2. Генеральний план м. Луцьк [Текст] / НДІ проектування міст ДІПРОМІСТО. – Київ : [б. в.], 2008. – 68 с.
3. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст] : ДБН 360–92*. – Введ. 1999–11–01. – К. : Укрархбудінформ, 1993. – 110 с. – (Державні будівельні норми).
4. Дёмин, Н. М. Управление развитием градостроительных систем [Текст] / Н. М. Дёмин. – К. : Будівельник, 1991. – 181 с.
5. Колосок, Б. В. Луцьк: Архіт.-іст. нарис [Текст] / Б. В. Колосок, Р. Г. Метельницький. – К. : Будівельник, 1990. – 192 с.
6. Осетрін, М. М. Міські дорожньо-транспортні споруди [Текст] : Навчальний посібник для студентів ВНЗ / М. М. Осетрін. – К. : ІЗМН, 1997. – 196 с.
7. Посацький, Б. С. Основи урбаністики [Текст] : Навч. посібник. У 2 ч. Ч II. Розпланування та забудова міст / Б. С. Посацький. – Львів : Вид.-во НУ «Львівська Політехніка», 2001. – 244 с.

Отримано 03.10.2011

С. В. СИНІЙ, А. В. ШОСТАК, П. О. СУНАК
АНАЛІЗ ВЛИЯНИЯ ОБЩЕГОРОДСКОГО ЦЕНТРА НА ФОРМИРОВАНИЕ
ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЛУЦКА
Луцкий национальный технический университет

На основании анализа исторических и современных материалов по развитию функционально-планировочной структуры Луцка выделены периоды эволюции общегородского центра. Определена функциональная структура общегородского центра и значение его в системе городских транспортных магистралей. Рассмотрены нагрузки транспорта на центр со стороны главных транспортных магистралей.

сеть, общегородской центр, транспортная сеть

SERHIY SYNII, ANNA SHOSTAK, PAVLO SUNAK
ANALYSIS OF DOWNTOWN IMPACT ON LUTSK ROAD NETWORK FORMING
Lutsk National Technical University

The evolutionary periods of a downtown have been distinguished relying on the analysis of the historical and contemporary data of development of the Lutsk functional and planning structure. The functional structure of a downtown and its meaning in the system of urban arterial highways has been determined. The transport loads to a downtown from the side of main arterial highways have been considered.

network, downtown, road network

Синій Сергій Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства Луцького національного технічного університету. Наукові інтереси: забудова та реконструкція міських територій.

Шостак Анна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства Луцького національного технічного університету. Наукові інтереси: забудова та реконструкція міських територій.

Сунак Павло Олегович – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства Луцького національного технічного університету. Наукові інтереси: забудова та реконструкція міських територій.

Синий Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Луцкого национального технического университета. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Шостак Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Луцкого национального технического университета. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Сунак Павло Олегович – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Луцкого национального технического университета. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Serhiy Syniy – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Lutsk National Technical University. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

Anna Shostak – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Lutsk National Technical University. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

Pavlo Sunak – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Lutsk National Technical University. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

УДК 711.73

М. С. ФОМЕНКО

Луцький національний технічний університет

ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ОДНІЄЇ СМУГИ РУХУ НА ПЕРЕГОНІ МІСЬКОЇ ВУЛИЦІ ЧИ ДОРОГИ ТА ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НЕЇ

Визначено ступінь впливу швидкості руху v , повздовжнього ухилу i , коефіцієнта повздовжнього зчеплення φ , коефіцієнта опору коченню f , часу реакції водія t' та запасного відрізка безпеки l_2 на пропускну спроможність P однієї смуги руху на перегоні міської вулиці чи дороги.

пропускну спроможність, фактори, ступінь впливу

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Безперервне зростання та вдосконалення технічних якостей автомобільного парку, збільшення кількості транзитного транспорту в містах [6] вимагають якнайшвидшого вирішення проблем, пов'язаних з пропускнуою спроможністю міських вулиць та доріг.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

Вивчення закономірностей руху транспортного потоку і визначення пропускнуої спроможності міських вулиць та доріг пов'язане з математичним моделюванням [4].

Динамічна модель транспортного потоку є однією з найбільш ранніх і вивчених теорій як нашими, так і зарубіжними вченими [7], що лягла в основу визначення пропускнуої спроможності однієї смуги руху потоку автомобілів.

В основу даної теорії покладені наступні положення:

- 1) величина пропускнуої спроможності P вираховується в автомобілях, приведених до легкового, за допомогою коефіцієнтів, що враховують різницю динамічних габаритів різних видів транспорту;
- 2) потік транспортних засобів розглядається рівномірно розподіленим;
- 3) всі автомобілі рухаються з постійною швидкістю $v = \text{const}$ без обгонів [4, 6].

Максимальна теоретична пропускну спроможність однієї смуги руху на перегоні без перетинів та на прямій горизонтальній ділянці визначається за формулою:

$$P = \frac{3600 \cdot v}{L} \quad (\text{прив. авт./год}), \quad (1)$$

де v – розрахункова швидкість руху (м/с);

L – динамічний габарит – умовна величина, що забезпечує безпечну відстань, яка достатня для повного гальмування автомобіля при зупинці попереднього (м).

Для визначення пропускнуої спроможності перегона радянськими та зарубіжними вченими були запропоновані формули, що відрізнялися визначенням часу між початком гальмування двох автомобілів, що їдуть один за одним, та коефіцієнта гальмування c [3].

Для даного дослідження скористаємось формулою динамічного габариту, наведеною в працях Самойлова Д. С., Дубровіна Є. Н., Ланцберга Ю. С., Меркулова Є. А.:

$$L = l_0 + vt' + \frac{v^2(K_z + K_n)}{2g(\varphi \pm i + f)} + l_2, \quad (2)$$

де l_0 – довжина автомобіля, м;
 t' – час реакції водія заднього автомобіля після початку гальмування переднього;
 g – прискорення сили тяжіння;
 $K_e = K_3 + K_n$ – коефіцієнт експлуатаційних умов гальмування, введений проф. Д. П. Великановим;
 φ – коефіцієнт повздовжнього зчеплення шини з поверхнею вулиці чи дороги;
 f – коефіцієнт опору коченню для доріг з різними типами покриття при нормальному тиску повітря в пневматичній шині;
 i – повздовжній ухил вулиці чи дороги;
 l_2 – запасний відрізок безпеки між автомобілями після їх зупинки, м [2].

МЕТА

Визначити ступінь впливу швидкості руху v , повздовжнього ухилу i , коефіцієнта повздовжнього зчеплення φ , коефіцієнта опору коченню f , часу реакції водія t' та запасного відрізка безпеки l_2 на пропускну спроможність P однієї смуги руху на перегоні міської вулиці чи дороги.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

За еталонну теоретичну пропускну спроможність 1 смуги руху приймаємо значення, обчислене за формулами (1, 2) при $i = 0$, $t' = 1$ с, $f = 0,01$ – для асфальтобетону в хорошому стані, $\varphi = 0,7$ – для сухої шорсткої поверхні, $v = 60$ км/год (16,67 м/с) згідно з табл. 7.1 ДБН 360–92**, $l_2 = 2,5$ м.

$$P_e = \frac{3600 \cdot 16,67}{5 + 16,67 \cdot 1 + \frac{16,67^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81(0,7 + 0,011)}} + 2,5 = 1248 \text{ прив. авт./год}, \quad (3)$$

$$f_v = 0,01[1 + 0,01(60 - 50)] = 0,011$$

Визначимо ступінь впливу на пропускну спроможність однієї смуги руху міської вулиці чи дороги таких факторів:

– швидкості руху v . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускну спроможність P при швидкості руху v від 10 до 100 км/год. Максимальне значення пропускну спроможності отримуємо при швидкості руху $v = 30$ км/год – $P = 1376$ прив. авт./год, мінімальне – при $v = 10$ км/год – $P = 914$ прив. авт./год, (рис. 1а).

При збільшенні швидкості руху більше 30 км/год пропускну спроможність починає поступово знижуватись через швидке зростання величини гальмівного шляху S , у чисельнику формули якого швидкість руху стоїть у квадраті [6];

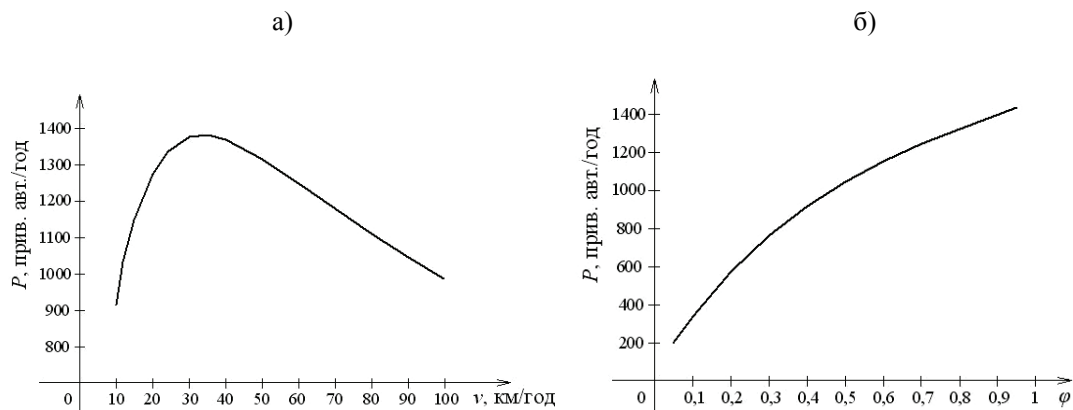


Рисунок 1 – Залежність пропускну спроможності P : а – від швидкості руху v , б – від коефіцієнта повздовжнього зчеплення φ .

– коефіцієнта повздовжнього зчеплення ϕ . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускна спроможність P при коефіцієнті повздовжнього зчеплення ϕ від 0,05 до 0,95. Максимальне значення отримуємо при $\phi = 0,95$ – $P = 1434$ прив.авт./год, для сухого щєбєневого покриття, обробленого органічними в'язучими, мінімальне – при $\phi = 0,05$ – $P = 198$ прив. авт./год, для покриття, покритого льодом (рис. 1б).

Пропускна спроможність зростає при сухому і шорсткому дорожньому покритті (відповідно зростає значення коефіцієнта повздовжнього зчеплення ϕ) і зменшується при мокрому і гладкому (менші значення коефіцієнта, так як на поверхні вулиці або дороги утворюється плівка з пилу і води, що погіршує зчеплення коліс автомобіля з поверхнею проїжджої частини) [9];

– коефіцієнта опору коченню f . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускна спроможність P при коефіцієнті опору коченню f від 0,005 до 0,300. Максимальне значення отримуємо при $f = 0,3$ – $P = 1476$ прив.авт./год, мінімальне – при $f = 0,005$ – $P = 1244$ прив.авт./год (рис. 2а).

Як і у випадку коефіцієнта повздовжнього зчеплення ϕ , зростання коефіцієнта опору коченню f приводить до збільшення пропускної спроможності P однієї смуги руху вулиці або дороги за рахунок зменшення величини гальмівного шляху S ;

– повздовжнього ухилу i . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускна спроможність P при величині повздовжнього ухилу i від 0 до ± 60 ‰. Повздовжній ухил суттєво впливає на величину пропускної спроможності P [7], максимальне значення якої отримуємо при ухилі 60 ‰ на підйомі – $P = 1299$ прив.авт./год, мінімальне при 60 ‰ на спуску – $P = 1194$ прив.авт./год (рис. 2б).

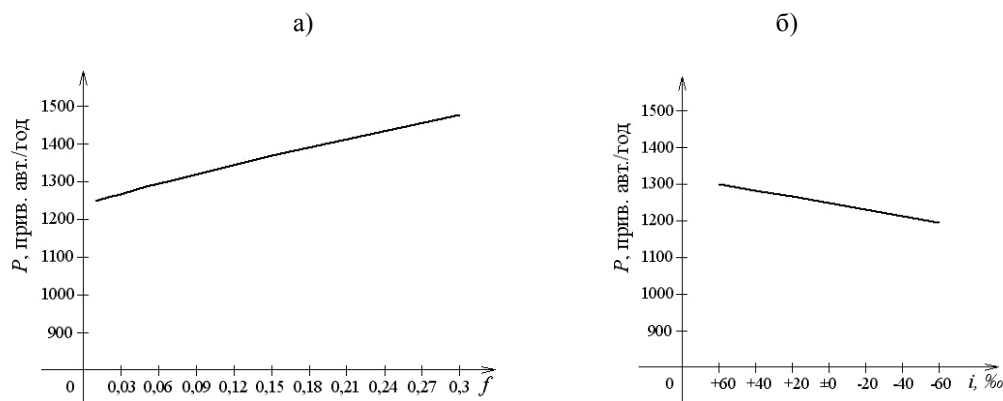


Рисунок 2 – Залежність пропускної спроможності P : а – від коефіцієнта опору коченню f , б – від величини повздовжнього ухилу i .

Так на підйомі, коли величина i береться зі знаком «+», пропускна спроможність зростає через зменшення величини гальмівного шляху S . І навпаки, на спуску, коли величина i враховується зі знаком «-», пропускна спроможність зменшується.

Вплив психологічних особливостей водіїв у формулах для обрахунку пропускної спроможності враховують за допомогою спеціальних коефіцієнтів та окремих членів:

– часу реакції водія t' . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускна спроможність P при величині часу реакції водія t' від 0,5 до 2,0 с. Максимальне значення пропускної спроможності P отримуємо при $t' = 0,5$ с – $P = 1510$ прив.авт./год, мінімальне при $t' = 2$ с – $P = 927$ прив.авт./год (рис. 3а).

При збільшенні часу реакції водія пропускна спроможність P зменшується через зростання величини відстані, що проходить задній автотранспортний засіб з моменту усвідомлення необхідності гальмування і відповідно динамічного габариту.

Час реакції водія був об'єктом обстежень багатьох вчених [8]. Як встановив Є. М. Лобанов, час реакції водія змінювався в різних умовах – на дорогах з двома смугами руху від 0,4 до 2,3 с і на автомагістралях з розподільчою смугою від 0,5 до 2,5 с [5]. Подальше вивчення і врахування психофізичних якостей водіїв приведе до зменшення часу реакції t' і відповідно збільшення пропускної спроможності P ;

– запасного відрізка безпеки l_2 . Розглядаємо, яким чином буде змінюватись пропускна спроможність P при величині запасного відрізка безпеки l_2 від 1 до 10 м. Максимальне значення пропускної спроможності P отримуємо при $l_2 = 1$ м – $P = 1289$ прив.авт./год, мінімальне при $l_2 = 10$ м – $P = 1080$ прив.авт./год (рис. 3б).

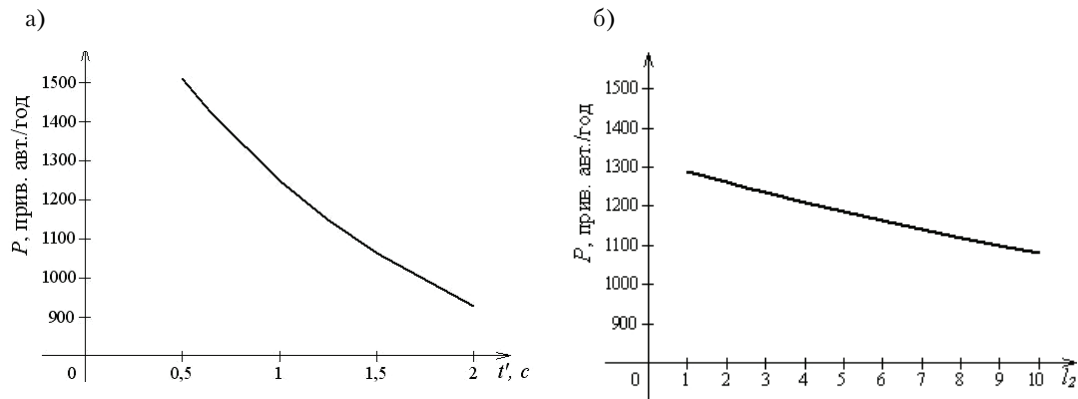


Рисунок 3 – Залежність пропускної спроможності P : а – від часу реакції водія t' , б – від величини запасного відрізка безпеки l_2 .

При збільшенні величини запасного відрізка безпеки l_2 величина пропускної спроможності P зменшується через збільшення величини динамічного габариту автотранспортного засобу.

Для кожного водія залежно від його індивідуальних особливостей і кваліфікації (якщо тільки він не рухається у складі колони, коли всі водії вимушені їхати зі швидкістю загальною для потоку) існує оптимальний відрізок безпеки, при дотриманні якого він упевнено керує автомобілем, своєчасно реагуючи на зміну дорожніх умов [1].

Далі порівнюємо отримані значення пропускної спроможності P з еталонною теоретичною пропускною спроможністю P_e .

Для того, щоб визначити ступінь впливу кожного вищезгаданого фактора, виберемо максимальні та мінімальні значення пропускної спроможності P з обчислених по кожному з них і запишемо дані в таблиці 1, 2. Обчислимо перевищення пропускної спроможності P відносно еталонної теоретичної пропускної спроможності P_e і визначимо, на скільки відсотків може збільшитися або зменшитися P залежно від зміни величин швидкості руху v , повздовжнього ухилу i , коефіцієнта повздовжнього зчеплення ϕ , коефіцієнта опору коченню f , часу реакції водія t' , запасного відрізка безпеки l_2 .

На основі даних таблиць 1, 2 будемо діаграми (рис. 4, 5).

Таблиця 1 – Максимальні значення пропускної спроможності P

Фактори	Еталонна теоретична пропускна спроможність P_e , прив. авт./год	Максимальна (мінімальна) пропускна спроможність P за фактором, прив. авт./год	Перевищення, прив. авт./год	Ступінь впливу max (min), %	Середнє значення ступеня впливу, %
Швидкість руху v	1248	1376 (914)	128 (334)	20 (23)	21,5
Коефіцієнт повздовжнього зчеплення ϕ	1248	1434 (198)	186 (1050)	28 (73)	50,5
Коефіцієнт опору коченню f	1248	1476 (1244)	288 (4)	44 (0,3)	22,15
Повздовжній ухил i	1248	1299 (1194)	51 (54)	8 (3,7)	5,85

Таблиця 2 – Мінімальні значення пропускної спроможності P

Фактори	Еталонна теоретична пропускна спроможність P_e , прив. авт./год	Максимальна (мінімальна) пропускна спроможність P за фактором, прив. авт./год	Перевищення, прив. авт./год	Ступінь впливу max (min), %	Середнє значення ступеню впливу, %
Час реакції водія t'	1248	1510 (927)	262 (321)	86 (66)	76
Величина запасного відрізка безпеки l_2	1248	1289 (1080)	41 (168)	14 (34)	24

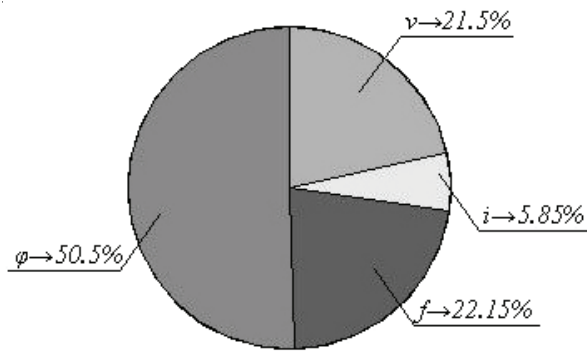


Рисунок 4 – Ступінь впливу швидкості руху v , повздовжнього ухилу i , коефіцієнта повздовжнього зчеплення φ , коефіцієнта опору коченню f на пропускну спроможність P .

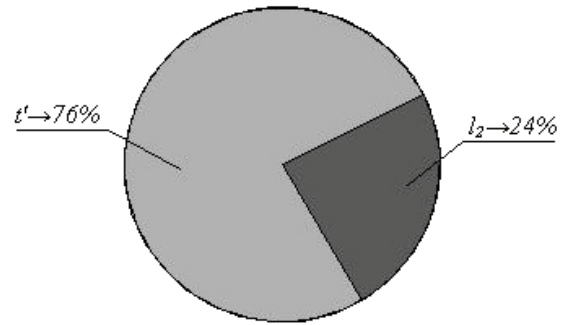


Рисунок 5 – Ступінь впливу величин часу реакції водія t' , запасного відрізка безпеки l_2 на пропускну спроможність P .

ВИСНОВКИ

Таким чином, враховуючи вплив величин швидкості руху v , часу реакції водія t' , повздовжнього ухилу i , коефіцієнта повздовжнього зчеплення φ , коефіцієнта опору коченню f , запасного відрізка безпеки l_2 можна досягнути при проектуванні збільшення пропускну спроможності 1 смуги руху міської вулиці чи дороги на перегоні.

За натурними спостереженнями фактична пропускна спроможність 1 смуги руху на окремих ділянках вулично-дорожньої мережі часто перевищує теоретичну і досягає 2 000 авт/год. Це можна пояснити скороченням інтервалів між автотранспортними засобами в умовах високої щільності транспортних потоків, що призводить до виникнення ДТП [7, 8].

Але при цьому, підрахунок теоретичної пропускну спроможності необхідний при визначенні загальної ширини проїжджої частини, при розробці генплану міста або нового району, який допоможе уникнути помилок при проектуванні [6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Бабков. – М. : «Транспорт», 1982. – 288 с.
2. Пенежко, Г. И. Безопасность движения на автомобильном транспорте [Текст] : учебник / Г. И. Пенежко. – М. : «Транспорт», 1976. – 216 с.
3. Дубровин, Е. Н. Изыскания и проектирование городских дорог [Текст] / Е. Н. Дубровин, Ю. С. Ланцберг. – М. : Транспорт, 1981. – 471 с.
4. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения [Текст] : учебник / В. И. Коноплянко. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.
5. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя [Текст] / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
6. Меркулов, Е. А. Основы проектирования городских дорог [Текст] : Для инж.-строит. и автомоб.-дор. вузов и фак. / Е. А. Меркулов, А. К. Славущий. – М. : Стройиздат, 1971. – 240 с.
7. Самойлов, Д. С. Организация и безопасность городского движения [Текст] : учебник / Д. С. Самойлов, В. А. Юдин, П. В. Рушевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1981. – 256 с.
8. Фишельсон, М. С. Транспортная планировка городов [Текст] : учеб. / М. С. Фишельсон. – М. : Высш. шк., 1985. – 240 с.
9. Черепанов, В. А. Транспорт в планировке городов [Текст] : учеб. / В. А. Черепанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 261 с.

Отримано 11.10.2011

М. С. ФОМЕНКО

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОДНОЙ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕГОНЕ ГОРОДСКОЙ УЛИЦЫ ИЛИ ДОРОГИ И ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ НА НЕЕ

Луцкий национальный технический университет

Определена степень влияния скорости движения v , продольного уклона i , коэффициента продольного сцепления ϕ , коэффициента сопротивления качению f , времени реакции водителя t' и запасного отрезка безопасности l_2 на пропускную способность P одной полосы движения на перегоне городской улицы или дороги.

пропускная способность, факторы, степень влияния

MARINA FOMENKO

TRAFFIC CAPACITY OF ONE LANE OF MUNICIPAL MOTORWAY SECTION AND FACTORS EFFECTING ON IT

Lutsk National Technical University

By definition impact of speed is v , longitudinal slope is i , longitudinal clutch factor is ϕ , rolling resistance factor is f , driver's reaction time is t' and reserve safety section is l_2 to the traffic capacity P of one lane of a municipal motorway section.

traffic capacity, factors, impact degree

Фоменко Марина Сергіївна – асистент кафедри міського будівництва та господарства Луцького національного технічного університету, аспірант Київського національного університету будівництва та архітектури. Наукові інтереси: транспортна проблема міст України.

Фоменко Марина Сергеевна – ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Луцкого национального технического университета, аспирант Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: транспортная проблема городов Украины.

Marina Fomenko – a teaching fellow of the Municipal Economy and Construction Department of the Lutsk National Technical University, a postgraduate of the Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture. Research interests: transport problems of the Ukrainian cities and towns.

УДК 528.48, 528.11

О. В. МЕЛЬНИК

Волинський національний університет імені Лесі Українки

ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОВГОТРИВАЛИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ ГРЕБЛІ ВОДОСХОВИЩА ХАЕС)

У статті аналізується геодезичний моніторинг стану ґрунтової греблі водосховища ХАЕС. Розглянуто питання згладжування та прогнозування зміщень закладних марок за результатами високоточного нівелювання.

гідротехніка, гребля, ґрунтова гребля

ВСТУП

Греблі за рівнем складності розвитку в них деформаційних процесів та ступенем відповідальності мають у декілька разів вищий порядок, ніж будь-яка гідротехнічна споруда іншого типу [1].

У статті розглянуто питання геодезичного контролю висотних деформацій, що виникають у ґрунтових греблях. Здійснювався геодезичний моніторинг вертикальних рухів греблі водосховища Хмельницької АЕС. Спостереження проводилися за 127-ма закладними марками, розміщеними вздовж парпету завдовжки 7200 м та за поперечними профілями по 15-ти лініях. За 15 років було проведено 42 цикли спостережень [2].

ВИСОКОТОЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ

Для аналізу вертикальних осідань греблі водосховища ХАЕС запроектована висотна мережа, яка складається з нівелірних ходів II класу точності і двох кущів глибинних реперів, закладених на початку і в кінці греблі. Нівелювання виконувалося з урахуванням вимог Інструкції [3] з деякими змінами методики спостережень: довжина візуального променя до 30 м, різниця перевищень, отриманих з основної і додаткових шкал рейок на станції, не перевищувала 10 поділок відлікового барабана нівеліра; як перехідні точки використовувалися дюбелі, закріплені зверху бетонного парпету.

ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНЕ ЗГЛАДЖУВАННЯ

Для попередньої обробки результатів нівелювання об'єктів значної протяжності, зокрема греблі ХАЕС, доцільно застосовувати експоненціальне згладжування, оскільки таке згладжування дає змогу враховувати накопичення похибок в часі [4]. Таке згладжування здійснюється за рекурентною формулою, яка має вигляд:

$$S(t_n) = \alpha[z(t_n)] + \beta S(t_{n-1}) = \alpha[z(t_n)] + 1 \cdot S(t_{n-1}) - \alpha S(t_{n-1}) = \alpha\{z(t_n) - S(t_{n-1})\} + S(t_{n-1}), \quad (1)$$

де $z(t_n)$ – спостереження в момент t_n ,
 $S(t_n)$ – значення експоненціальної середньої в момент t_n ,
 α – параметр згладжування.

Вираз (1) можна переписати таким чином:

$$S(t_n) = S(t_{n-1}) + \alpha[z(t_n) - S(t_{n-1})]. \quad (2)$$

Якщо послідовно використовувати (2), то експоненціальну середню $S(t_n)$ можна виразити через минулі спостереження:

$$S(t_n) = \alpha \sum_{i=0}^{n-1} \beta^i z(t_{n-i}) + \beta S(t_0), \quad (3)$$

де $S(t_0)$ – величина, що характеризує початкові умови.

Оскільки $\beta < 1$, то при $n \rightarrow \infty$ величина $\beta^n \rightarrow 0$, а сума коефіцієнтів $\alpha \sum_{i=0}^{n-1} \beta^i \rightarrow 1$. З урахуванням попередніх спостережень остаточно одержимо:

$$S(t_n) = \alpha \sum_{i=1}^{\infty} \beta^i z(t_{n-i}), \quad (4)$$

тобто оцінка є зваженою сумою всіх спостережень, причому їх ваги падають залежно від часу експоненціально. Ефективність експоненціального згладжування залежить від величини α . Емпірично встановлено, що у нашому випадку оптимальним є значення $\alpha = 0,3$.

На рис. 1 показана вихідна крива $\Delta h(1)$, одержана повторним нівелюванням контрольних точок (дюбелів), закріплених через 30 м на парапеті верхнього схилу греблі; крива (2) розрахована методом експоненціального згладжування і довірчий інтервал (3), побудований з припущення, що випадкова складова має нормальний закон розподілу. Заштриховані зони на рис. 1 відповідають випинанню або просадкам, тобто виявляють локальний характер процесу вертикальних осідань.

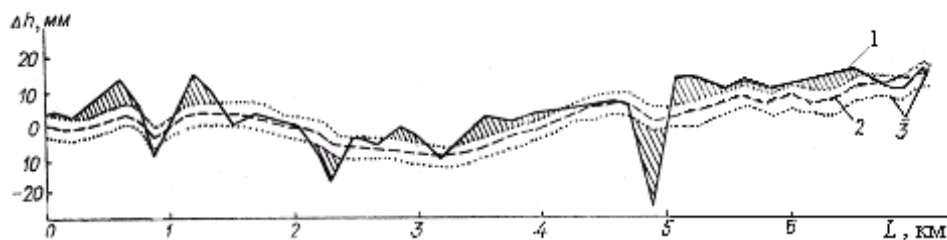


Рисунок 1 – Результати статистичного опрацювання даних повторного нівелювання: 1 – вихідна крива; 2 – крива, розрахована за методом експоненціального згладжування; 3 – межі надійного інтервалу.

ЗГЛАДЖУВАННЯ АДАПТИВНИМ ФІЛЬТРОМ КАЛМАНА

Експоненціальне згладжування застосовують, якщо значення факторів є детермінованими величинами. Проте часто умова детермінованості не виконується, тому задача згладжування потребує іншого підходу. У таких випадках більш ефективним є алгоритм адаптивного фільтра Калмана, що широко застосовується в сучасній теорії управління [5, 6]. Нами пропонується дещо модифікований варіант цього фільтра.

Нехай динамічна система описується рівнянням [7]

$$X_n = \Phi X_{n-1} + \Gamma w_n \quad (5)$$

з вектором вимірювання

$$Z_n = HX_n + v_n. \quad (6)$$

Для цього випадку рекурентні співвідношення Калмана такі:

$$\begin{aligned} \hat{X}_n &= \Phi \hat{X}_{n-1} + P_n^- H' (H P_n^- H' + R)^{-1} (Z_n - H \Phi \hat{X}_{n-1}), \\ P_n^+ &= P_n^- - H' (H P_n^- H' + R)^{-1} H P_n^-, \\ P_n^- &= \Phi P_{n-1}^+ \Phi' + \Gamma Q \Gamma'. \end{aligned} \quad (7)$$

Тут w_n, v_n – незалежні гауссівські випадкові послідовності з нульовими математичними очікуваннями і з коваріаційними матрицями Q і R відповідно;
 P – коваріаційна матриця помилок оцінок вектора X ;
 P^- і P^+ – апіорне й апостеріорне значення P на кожному кроці;
 Φ , Γ і H залежать від часу.

Припустимо, що здійснюється згладжування результатів високоточного нівелювання як опрацювання одновимірних сигналів.

Нехай у векторі стану Xk -вимірної динамічної системи

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}, \text{ виділяється } \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} \quad (8)$$

m -вимірний спостережуваний вектор, який функціонально не зв'язаний з координатами x_{m+1}, \dots, x_k . Тоді рівняння (5) матиме такий вигляд:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}_n = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & \dots & a_{2m} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mm} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}_{n-1} + \Gamma w_n, \quad (9)$$

а вектор Z_n – скалярна величина $z(t)$ і матриця H – матриця-рядок.

$$H = \underbrace{(100\dots 0)}_k, \text{ оскільки } Z_n = X_n. \quad (10)$$

Шум вимірів v_n – випадкова послідовність типу білого шуму. Перетворимо перше рівняння (7), підставляючи у вираз для матричного вагового коефіцієнта $\mu = P_n^- H' (H P_n^- H' + R)^{-1} H P_n^-$, значення P_n і R , що дорівнюють:

$$P_n = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{kk} \end{bmatrix}, R = \sigma^2 [n] - \text{дисперсія на «}n\text{» кроці}, \quad (11)$$

а також H , що відповідає (10):

$$\begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_k \end{bmatrix} = (p_{11}^- + \sigma^2 [n]^{-1}) \begin{bmatrix} p_{11}^- \\ p_{12}^- \\ \vdots \\ p_{1k}^- \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Позначимо екстрапольоване значення вектора \hat{X}_{n-1} :

$$\begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \vdots \\ \bar{x}_k \end{bmatrix}_n = \Phi \hat{X}_{n-1}. \quad (13)$$

Тоді перше співвідношення в (7) замінюємо системою рекурентних рівнянь

$$\hat{X}_n [n] = X_m^- [n] + \frac{p_{1m}^- [n]}{p_{11}^- [n] + \sigma^2 [n]} (z_1 [n] - X_1^- [n]). \quad (14)$$

Аналогічно замість другого співвідношення в (7) отримуємо систему рівнянь:

$$p_{mm}^+[n] = p_{mm}^-[n] - \frac{p_{1m}^-[n]}{p_{11}^-[n] + \sigma^2[n]} p_{mm}^-(n). \quad (15)$$

Значення елементів матриць P^- обчислюємо екстраполяційним шляхом за відомими формулами теорії ймовірності [13]:

$$p_{ij}^-[n] = M\{\hat{X}_i[n-1]\hat{X}_j[n-1]\} = f(p_{ij}^+\hat{X}_i[n-1]a_{ij}), \quad (16)$$

де $1 \leq i, j \leq m$, а знак $M\{\dots\}$ означає операцію знаходження математичного очікування.

Крім цього, у випадку одновимірного опрацювання вимірів $X(t)$ – матриця-стовпець Γ має один елемент, що не дорівнює нулю. Тому доданок $\Gamma Q \Gamma^T$ у третьому рівнянні (7) відповідає дисперсії діагонального елемента p_{ij} .

Комп'ютерна реалізація запропонованого підходу здійснена шляхом адаптації «базового» фільтра Калмана-Бьюсі [8].

ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЗМІЩЕНЬ ГРЕБЛІ ХАЕС

Далі припустимо, що на греблі встановлено m марок, за осіданням яких проведено n циклів спостережень. Результати цих спостережень можна представити у вигляді матриці

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \vdots & z_{1m+1} \\ z_{21} & z_{22} & \vdots & z_{2m+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & z_{n2} & \vdots & z_{nm+1} \end{pmatrix}, \quad (17)$$

де z_{22} – осідання 2-ї марки в 2-му циклі спостережень і т. д., $m+1$ марка співпадає з першою маркою.

Прийmemo, що в першому циклі вимірювань осідання всіх марок $z_n = 0$, а всі подальші осідання відрховуються від цього циклу і для прогнозування беруться середні згладжені осідання по всіх циклах. Нехай осідання точок греблі є адитивна модель, що складається з детермінованої (тренд) і випадкової компонент:

$$Z = Z_{\Pi} + Z_{\Phi}. \quad (18)$$

Першу складову Z_{Π} представимо у вигляді поліноміальної залежності

$$Z_{\Pi} = \sum_{l=0}^k a_l S^l \quad (19)$$

такої, щоб точки z_l найкраще задовольняли цю формулу, тобто, щоб похибка апроксимації була мінімальною.

Другу складову осідання довільної точки греблі представимо рядом Фур'є:

$$Z_{\Phi} = A_0 + \sum_{h=1}^p [A_h \cos 2\rho Sh + B_h \sin 2\rho Sh], \quad (20)$$

$A_0, A_h, B_h, a_l, (h = \overline{1, p}), (l = \overline{0, k})$ – визначувані коефіцієнти: а величини p, k вибираються залежно від необхідної точності формул (19) і (20) і значень осідань, отриманих експериментально.

Таким чином, результати вертикальних осідань представляються суперпозицією поліноміальної та тригонометричної залежностей виду:

$$Z = \sum_{l=0}^k a_l S^l + A_0 + \sum_{h=1}^p A_h \cos 2\pi Sh + B_h \sin 2\pi Sh. \quad (21)$$

Через те, що кількість рівнянь більша за кількість невідомих, невідомі коефіцієнти визначаються методом найменших квадратів [9].

Якщо розв'язок систем (19), (20) буде відомий, то осідання будь-якої точки греблі в довільний момент часу будемо визначати за формулою (18). Модель вказаної структури є динамічною, тому що в ній завжди можна дослідити вплив на явище тих факторів, які є важливими і домінуючими, залежно від планування експерименту та конкретних умов.

Суперпозиція виразів (19), (20), тобто формула (21), досить інформативно описує досліджуване явище, оскільки вираз $\sum_{l=0}^k a_l S^l$ – це трендова (стрижнева) крива, а $A_0 + \sum_{h=1}^p A_h \cos 2\pi Sh + B_h \sin 2\pi Sh$

уточнює модель і залежно від кількості гармонік наближає апроксимувальну криву до реальних результатів вимірювань.

Для визначення вертикальних рухів греблі ХАЕС в будь-якій точці на деякий момент спостережень нами виконано за описаною методикою прогнозування вертикальних зміщень закладних марок. На основі аналізу тенденції деформаційного процесу та результатів попереднього математико-статистичного опрацювання вихідних даних вибрана трендова крива виду:

$$S_{II} = 0,013S^6 - 0,280S^5 + 2,554S^4 - 12,428S^3 + 34,643S^2 - 52,066S + 3,952 \quad (22)$$

та ряд Фур'є із 40-а гармоніками

$$Z_{\Phi} = A_0 + \sum_{h=1}^{40} A_h \cos 2\pi Sh + B_h \sin 2\pi Sh, \quad (23)$$

значення яких наведено в таблиці 1.

Для кращої наочності фактичні значення осідань і теоретична апроксимувальна крива зображені на рис. 2. Точність такого прогнозування становить $\pm 2,4$ мм.

Таблиця 1 – Значення даних ряду Фур'є із 40-а гармоніками

$A_0 = 0,928400$			
$A_{01} = -1,044254$	$A_{21} = 0,144327$	$B_{01} = 1,027998$	$B_{21} = -0,463363$
$A_{02} = 0,384797$	$A_{22} = -0,155998$	$B_{02} = -0,714452$	$B_{22} = 0,037588$
$A_{03} = -0,057097$	$A_{23} = 1,077462$	$B_{03} = -0,463385$	$B_{23} = 1,235493$
$A_{04} = -0,514267$	$A_{24} = 0,097495$	$B_{04} = -1,365375$	$B_{24} = -1,019542$
$A_{05} = 0,575761$	$A_{25} = 1,568021$	$B_{05} = -1,530892$	$B_{25} = -0,072570$
$A_{06} = 0,905042$	$A_{26} = -0,050163$	$B_{06} = 1,847879$	$B_{26} = 0,568127$
$A_{07} = 0,574619$	$A_{27} = -1,235240$	$B_{07} = -0,363616$	$B_{27} = 0,488637$
$A_{08} = -1,433227$	$A_{28} = -1,117592$	$B_{08} = 0,032491$	$B_{28} = -0,790637$
$A_{09} = -0,334940$	$A_{29} = -0,265878$	$B_{09} = -0,477728$	$B_{29} = -0,603497$
$A_{10} = 0,576826$	$A_{30} = 0,027722$	$B_{10} = 0,058206$	$B_{30} = -0,819120$
$A_{11} = -0,298449$	$A_{31} = 1,168073$	$B_{11} = 0,102511$	$B_{31} = 0,864841$
$A_{12} = 1,268803$	$A_{32} = -0,338314$	$B_{12} = -0,565084$	$B_{32} = 0,335417$
$A_{13} = -0,820406$	$A_{33} = 0,341812$	$B_{13} = -0,441866$	$B_{33} = -0,666985$
$A_{14} = 0,128926$	$A_{34} = -0,775388$	$B_{14} = 0,037122$	$B_{34} = -0,173187$
$A_{15} = -0,947302$	$A_{35} = -0,072730$	$B_{15} = 0,652346$	$B_{35} = -0,709130$
$A_{16} = -0,320887$	$A_{36} = 0,574354$	$B_{16} = -0,412597$	$B_{36} = 1,110605$
$A_{17} = -0,434558$	$A_{37} = -0,213651$	$B_{17} = -0,866433$	$B_{37} = -0,434923$
$A_{18} = 0,595544$	$A_{38} = -0,242787$	$B_{18} = -0,462888$	$B_{38} = 0,180082$
$A_{19} = -1,509389$	$A_{39} = -1,022492$	$B_{19} = -0,493557$	$B_{39} = 0,329955$
$A_{20} = -0,323594$	$A_{40} = -0,708130$	$B_{20} = -0,775392$	$B_{40} = -0,118007$

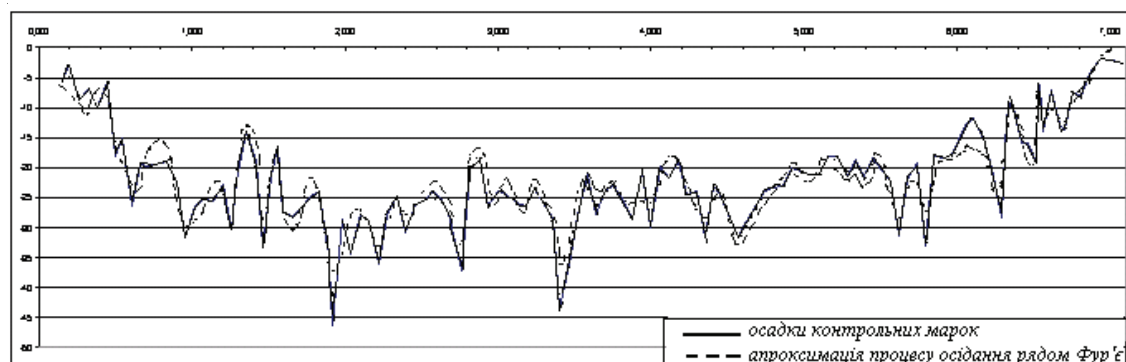


Рисунок 2 – Характер осідань контрольних марок верху бетонного парапету греблі водосховища ХАЕС відносно І циклу спостережень та їх апроксимація рядом Фур'є.

ВИСНОВКИ

1. Результати виконаних інженерно-геодезичних спостережень свідчать, що величини осідань зростають з часом і підтверджують наявність деформаційного процесу на об'єкті.
2. Не зафіксовано суттєвих вертикальних зміщень на контрольних марках, закладених на початку і в кінці греблі.
3. На підставі виконаних інженерно-геодезичних вимірів та аналізу їх результатів можна зробити однозначний висновок: деформаційний процес греблі ХАЕС триває з різною частотою та інтенсивністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гольдин, А. Проектирование грунтовых плотин [Текст] / А. Гольдин, Л. Рассказов. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.
2. Мельник, В. Аналіз геодезичних спостережень за зміщеннями земляної греблі ХАЕС [Текст] / В. Мельник, Т. Стовпник, Ю. Максимюк // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 1995. – № 55. – С. 67–73.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов [Текст] : ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М. : Недра, 1990. – 167 с. – (Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила).
4. Грешилов, А. А. Анализ и синтез стохастических систем [Текст] / А. А. Грешилов. – М. : Радио и связь, 1990. – 320 с.
5. Киричков, В. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами [Текст] / В. Киричков. – Киев : Вища школа, 1990. – 263 с.
6. Эйкофф, П. Основы идентификации систем управления [Текст] / П. Эйкофф. – М. : Мир, 1975. – 683 с.
7. Калман, З. Новые результаты в линейной фильтрации и теории предсказаний [Текст] / З. Калман, Р. Бьюси / Труды амер. об-ва инженеров-механиков. – 1961. – Т. 83, № 1. – С. 123–141.
8. Болнокин, В. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭОМ [Текст] / В. Болнокин, П. Чинаев. – М. : Радио и связь, 1986. – 248 с.
9. Островський, А. Геодезія. Ч. 2 [Текст] : підруч. для студ. вузів / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський. – Л. : Львівська політехніка, 2008. – 564 с. : іл. – Бібліогр.: с. 559–561. – ISBN 978–966–553–820–2.

Отримано 11.10.2011

А. В. МЕЛЬНИК

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГРЕБЛИ ВОДОХРАНИЛИЩА ХАЭС)

Волынский национальный университет имени Леси Украинки

В статье анализируется геодезический мониторинг состояния земляной гребли водохранилища ХАЭС. Рассмотрены вопросы сглаживания и прогнозирования смещений закладных марок по результатам высокоточного нивелирования.

ALEXANDR MELNYK

FORECASTING OF STRAINS OF HYDRAULIC STRUCTURES DUE TO LONG-TERM GEODETIC OBSERVATIONS (BY THE EXAMPLE OF THE DAM RESERVOIR OF KHNPP)

Lesya Ukrainka Volyn National University

The paper deals with the analysis of geodetic monitoring of a soil dam of the water storage of KhNPP. The problems of smoothing and displacement forecasting of mortgage due to precision leveling have been considered.

hydraulic engineering, dam, soil dam

Мельник Олександр Валентинович – аспірант Волинського національного університету імені Лесі Українки. Наукові інтереси: гідротехнічні споруди.

Мельник Александр Валентинович – аспирант Волынского национального университета имени Леси Украинки. Научные интересы: гидротехнические сооружения.

Alexandr Melnyk – a postgraduate of the Lesya Ukrainka Volyn National University. Research interests: hydraulic structures.

УДК 624.012

Ю. Г. БОЛОШЕНКО

Белорусско-Российский университет (Республика Беларусь, Могилев)

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований работы сжатых бетонов различных видов – традиционного тяжелого бетона, сталефибробетона (СФБ), бетона с использованием отходов литейно-металлургических производств в качестве мелкого заполнителя (ОМП-бетона) – в условиях малоциклового нагружения различных уровней.

бетон, сталефибробетон, отходы производств, малоцикловое нагружение, коэффициент упругости, коэффициент пластичности

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из разновидностей силовых воздействий на железобетонные конструкции являются малоцикловые многократно повторяющиеся нагружения, которые могут возникать в процессе эксплуатации практически всех конструкций. К малоцикловым относятся нагружения с количеством циклов $n < 2 \cdot 10^6$, а также многократно повторными нагружениями считаются нагружения с числом циклов для бетонных конструкций 10–500. Учет особенностей работы бетона при малоцикловом нагружении особенно важен для конструкций покрытия, так как природные нагрузки, в частности снеговая, имеют малоцикловой характер с вероятностью значительного превышения проектных значений на одном из циклов нагружения. Поэтому для нагрузок природного характера важно учитывать высокую вероятность возникновения случайного скачка в зону запроектных нагрузок с последующим возвращением к предыдущему эксплуатационному уровню.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последние 10–15 лет этому вопросу стали придавать достаточное значение в связи со стремлением к снижению материалоемкости железобетонных конструкций, а также с использованием материалов, позволяющих уменьшить поперечные сечения, что приводит к увеличению деформативности элементов. В Украине под руководством проф. Е. М. Бабича и А. Я. Барашикова активно ведутся исследования работы железобетонных конструкций в условиях малоциклового нагружения. В результате исследований было выявлено существенное влияние малоциклового нагружения на прочностные и деформативные характеристики бетона и, соответственно, на работу бетонных и железобетонных конструкций [1–10].

Работа СФБ также была рассмотрена в работе [10], но в качестве фибры использовались обезжиренные обрезки стальных канатов, а не фибра заводского изготовления, имеющая лучшее сцепление с бетоном за счет анкеров на концах и особой формы (например, волновая фибра). В РБ в настоящее время применяется стальная фрезерованная фибра, изготавливаемая по технологии германской фирмы «Vulkan Harex» на предприятии ЗАО «Курганстальмост» (РФ, г. Курган) [11]. Представителем ЗАО «Курганстальмост» в РБ является ООО «Бау Максима» (г. Гомель). Стальная фибра «Harex» изготавливается из высококачественных слябов сразу в процессе сухого фрезерования, то есть поверхность фибры остается полностью сухой, а высокая температура процесса фрезеровки обеспечивает высокую очистку поверхности. Отличительными особенностями фибры «Harex» является треугольное поперечное сечение с двумя шероховатыми и одной гладкой поверхностями.

© Ю. Г. Болошенко, 2011

Фибра имеет скручивание вдоль продольной оси и зацепы на концах длиной до 2 мм. Длина фибры составляет 32 мм, ширина – 3,8 мм. В РБ проведены исследования работы СФБ на основе этой фибры при однократном нагружении, однако отсутствуют аналогичные исследования при малоцикловом нагружении.

В настоящее время в качестве мелкого заполнителя бетонов, как правило, используют природный кварцевый песок. Однако многие районы Беларуси испытывают дефицит природных песков, отвечающих действующим стандартам, поэтому в строительстве часто используются мелкие пески с модулем крупности $M_{кр} = 1,2...1,5$, что неизбежно приводит к перерасходу цемента и снижению качества железобетонных конструкций. В сложившейся обстановке особое значение приобретает возможность использования в качестве мелкого заполнителя отходов различных литейно-металлургических производств (пески отработанных формовочных смесей, гранулированный ваграночный шлак), что позволяет сократить расходы на производство бетона, избавляет промышленные предприятия от немалых затрат на вывоз отходов в отвалы и снижает себестоимость основной продукции, а также предотвращает засорение окружающей среды. Были проведены исследования по определению химического и зернового состава отходов литейно-металлургических производств г. Могилева, а также были разработаны рекомендуемые составы бетонной смеси для различных классов ОМП-бетона [12–14]. Была также исследована работа ОМП-бетона при кратковременном сжатии и растяжении, но исследования работы в условиях малоциклового нагружения отсутствуют.

Целью проводимых экспериментальных исследований является определение особенностей работы СФБ на основе фибры «Narex», ОМП-бетона при малоцикловых нагрузках различных уровней, сопоставление их с особенностями работы тяжелого бетона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для описания работы бетона в условиях малоциклового нагружения необходимо определить верхний предел микротрещинообразования η_{crc}^v , т. н. «критическую границу», при достижении которой наблюдается активный прирост и накопление пластических деформаций, и нижний предел микротрещинообразования η_{crc}^0 , ниже которого бетон работает практически упруго.

Для каждого вида бетона верхний и нижний пределы микротрещинообразования определялись по результатам испытания 2-х призм. Верхняя граница микротрещинообразования определялась графическим методом по усредненным экспериментальным данным для двух призм, испытанных кратковременным нагружением по стандартной методике [15], путем построения зависимости «уровень нагружения – объемная деформация» [16, 17]. В качестве примера на рисунке 1 представлены графики определения η_{crc}^v для бетонов различных видов примерно одного класса.

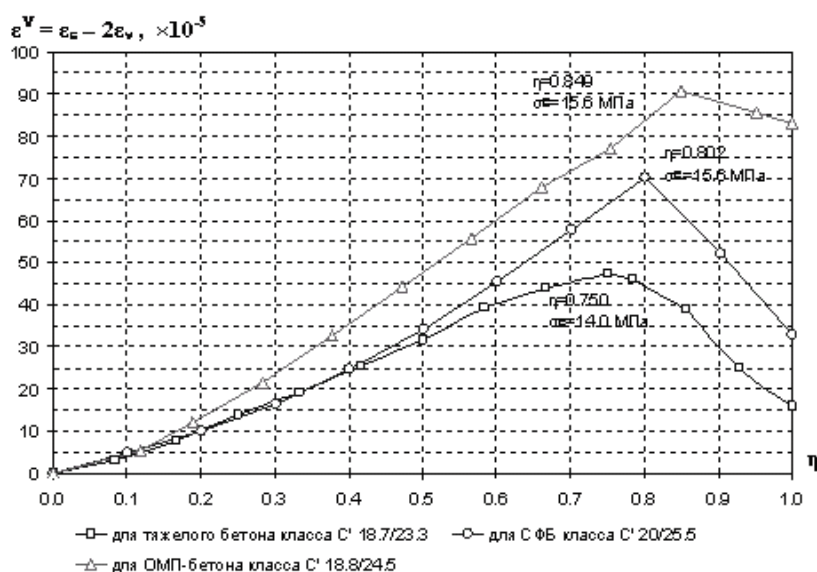


Рисунок 1 – Верхняя граница микротрещинообразования η_{crc}^v .

Определение нижнего предела микротрещинообразования η_{crc}^0 также производилось графическим методом по экспериментальным данным. Сначала определялись значения секущих модулей по упругопластическим продольным E'_c и поперечным E'_v относительным деформациям, для которых были выведены линейные зависимости « η – E' » (рисунок 2) методом линейно-корреляционного анализа [18, 19].

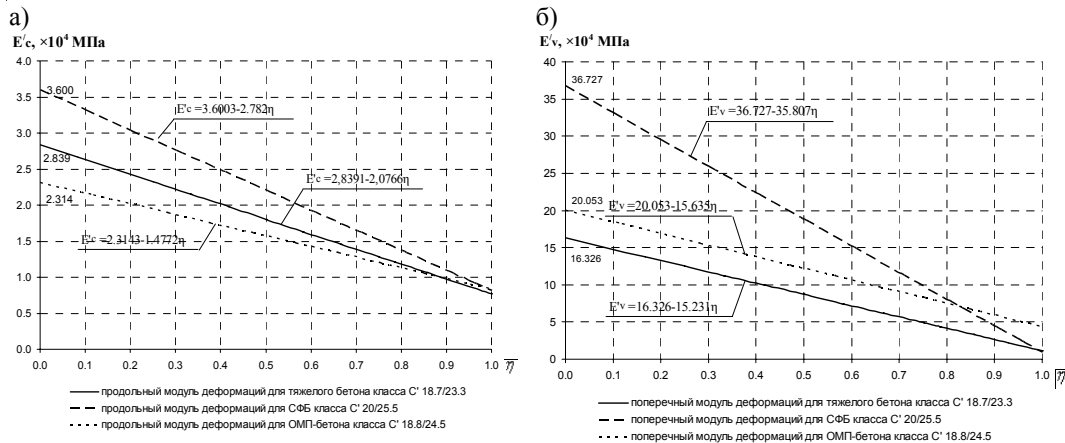


Рисунок 2 – Линейные зависимости «уровень нагружения η – секущий модуль деформаций E' »: а) по продольным деформациям; б) по поперечным деформациям.

Путем нахождения первой $dv/d\eta$ и второй $d^2v/d\eta^2$ производных был графически определен предел нижнего микротрещинообразования для каждого из бетонов (рисунок 3).

Так как диаграмма « σ – ε » для малоциклового нагружения имеет замкнутые петли гистерезиса (кривые нагружения с последующей разгрузкой), то для сравнения развития пластических деформаций при различных уровнях нагружения при сжатии и растяжении были построены огибающие кривые (рисунок 4), позволяющие наглядно оценить влияние малоциклового нагружения различных уровней на прочность и деформативность бетона.

Для тяжелого бетона напряжения при разрушающей нагрузке при низких и средних уровнях нагружения не изменяются и даже могут увеличиваться, то есть несущая способность элемента может быть несколько выше (до 5 %), чем для образцов, испытанных монотонным нагружением (рисунок 4). Однако при высоких уровнях нагрузки (выше критической границы) несущая способность образцов снижается вследствие развития пластических деформаций и нарушения структурных связей в бетонной матрице.

Для бетонов приведенных выше классов были получены характеристики: для тяжелого бетона $E_{c0} = 28,39$ ГПа, $E_{ct0} = 27,0$ ГПа, $\eta_{crc}^0 = 0,513$, $\eta_{crc}^v = 0,750$; для СФБ $E_{c0} = 36,0$ ГПа, $E_{ct0} = 33,81$ ГПа, $\eta_{crc}^0 = 0,557$, $\eta_{crc}^v = 0,802$; для ОМП-бетона $E_{c0} = 23,15$ ГПа, $E_{ct0} = 20,95$ ГПа, $\eta_{crc}^0 = 0,540$, $\eta_{crc}^v = 0,849$.

Для тяжелого бетона в большинстве случаев малоцикловые нагружения приводят к уменьшению конечных деформаций бетона в сравнении с однократным нагружением до разрушающей нагрузки (для бетонов на крупном заполнителе до 50 %). Это связано с тем, что пластические деформации стабилизируются на верхнем уровне нагружения и увеличиваются только при значительном увеличении нагрузки. Чем ниже верхний уровень нагружения при малоцикловой нагрузке, тем больший прирост деформаций ожидается при разрушении образца. Однако при уровне нагружения, близком к верхней границе микротрещинообразования, деформации бетона значительно (на 20–30 %) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением и многократно повторной нагрузкой с низким и средним уровнями.

При низких и средних уровнях нагружения начальный модуль упругости бетона E_0 увеличивается на 20–30 %; при высоких уровнях нагружения – практически не изменяется.

СФБ за счет дисперсного армирования металлической фиброй лучше работает в условиях малоциклового нагружения по сравнению с тяжелым бетоном. В частности, СФБ имеет более высокие границы верхнего и нижнего микротрещинообразования, меньшие деформации быстронатекающей ползучести. Однако введение в состав тела бетона металлической фибры оказывает существенное влияние на процесс деформирования СФБ: несущая способность в результате действия

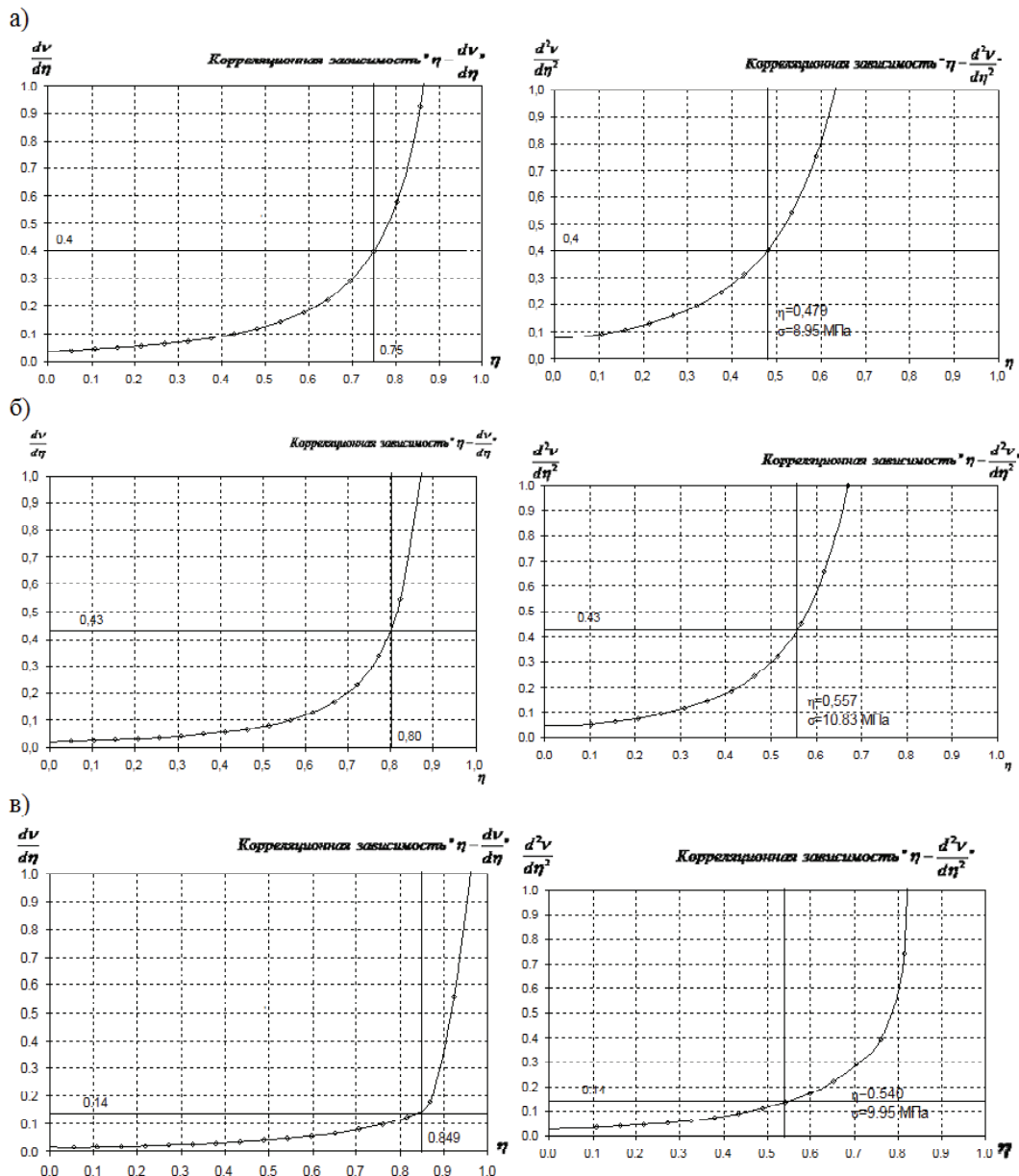


Рисунок 3 – Определения предела нижнего микротрещинообразования η_{crc}^0 : а) для тяжелого бетона класса C/ 18,7/23,3; б) для СФБ класса C/ 20/25,5; в) для ОМП-бетона класса C/ 18,8/24,5.

малоцикловых нагружений не снижается, а несколько увеличивается (на 5–10 %). Это явление можно объяснить развитием в стали явления наклепа и, как следствие, увеличение несущей способности СФБ. В отличие от тяжелого бетона малоцикловые воздействия на СФБ не приводят к уменьшению конечных деформаций по сравнению с однократным нагружением: конечные деформации СФБ при низких и средних уровнях нагружения практически не изменяются (увеличение до 5 %), при высоких уровнях – могут увеличиться на 10–15 %. На эксплуатационном уровне $\eta = 0,7–0,8$ для образцов, испытанных малоцикловой нагрузкой, деформации сталефибробетона значительно (на 30 % и более) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением. Для СФБ величина начального модуля упругости при действии малоцикловой нагрузки по сравнению с монотонным нагружением, практически не изменяется (отклонение на 3–7 %) независимо от уровня нагружения. Это связано с тем, что развитию трещин препятствует наличие в теле бетона стальной фибры, поэтому изменения поперечного сечения образца в результате развития и закрытия трещин незначительно.

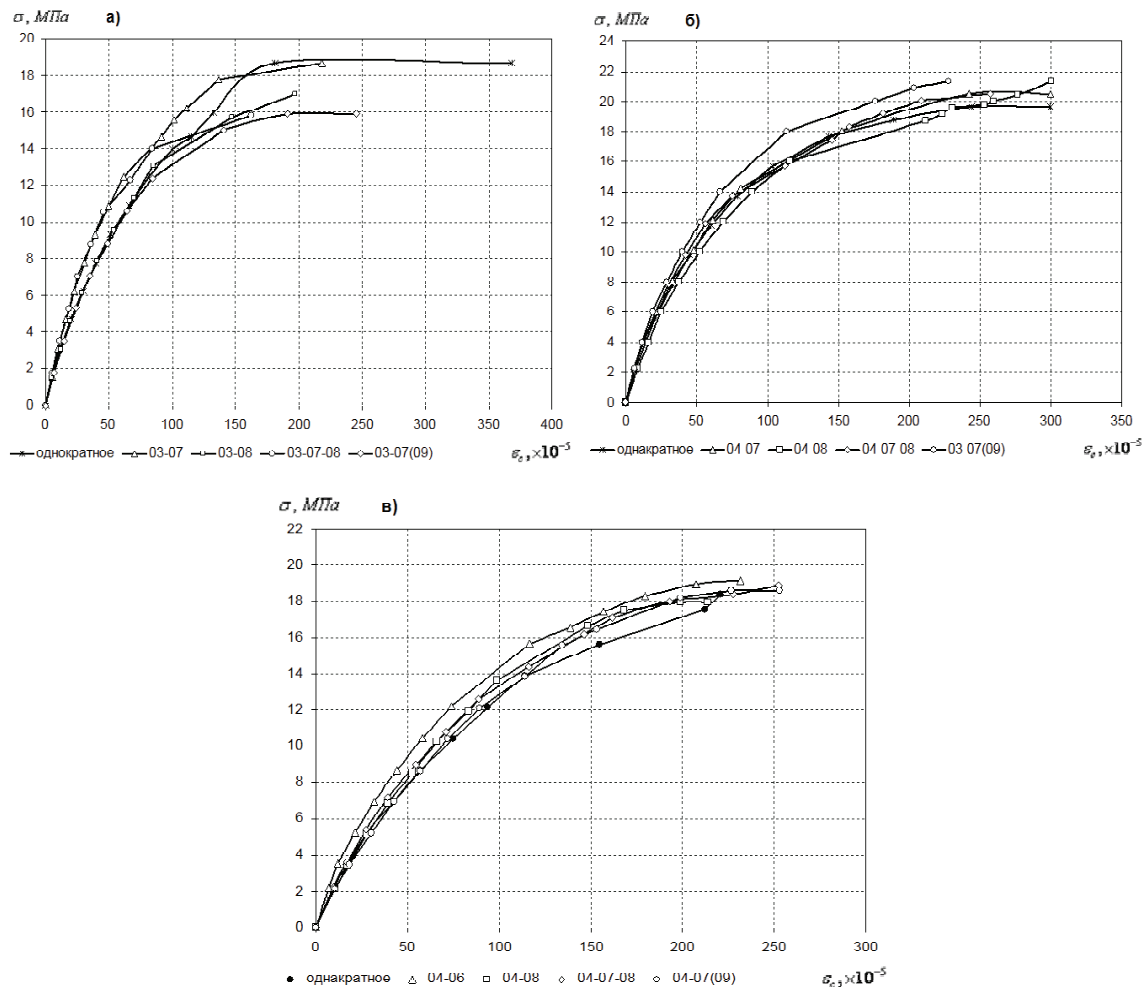


Рисунок 4 – Зависимости « σ – ε » при сжатии для различных режимов малоциклового нагружения: а) для тяжелого бетона класса C/18,7/23,3; б) для сталефибробетона класса C/20/25,5; в) для ОМП-бетона класса C/18,8/24,5.

Для бетона на основе ОМП характерны те же особенности работы в условиях малоциклового нагружения, что и для тяжелого бетона. Однако в процессе проведения экспериментальных исследований было выявлено одно существенное отличие работы бетона на основе ОМП от работы тяжелого бетона и СФБ: на пятом-шестом циклах происходит стабилизация прироста деформаций, но об упругой работе ОМП-бетона говорить не приходится. Отсутствие роста деформаций характерно лишь для режима нагружения с внезапным увеличением уровня нагружения в зону запроектных нагрузок (до $\eta = 0,9$) с последующим возвращением к предыдущему уровню, причем эффект Баушингера проявляется не так явно, как для тяжелого бетона [20–22]. Несущая способность ОМП-бетона при малоцикловых нагрузках независимо от режима нагружения изменяется незначительно (на величину до 5 %) по сравнению с однократным нагружением. Это связано с тем, что критическая граница η_{cre}^v для ОМП-бетона значительно выше, чем для тяжелого бетона и СФБ. Для ОМП-бетона также, как и для тяжелого бетона, в большинстве случаев малоцикловые нагружения приводят к уменьшению конечных деформаций бетона в сравнении с однократным нагружением до разрушающей нагрузки на величину до 20 %. При этом, чем ниже уровень нагружения, тем меньше конечные деформации бетона. Однако при уровне нагружения $\eta = 0,7$ – $0,8$, принимаемом за эксплуатационный, для образцов, испытанных при высоких уровнях нагрузки, деформации бетона значительно (до 60 %) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением.

Ввиду высокого значения критической границы η_{cre}^v особенностью работы ОМП-бетона является очень быстрый рост пластических деформаций при превышении уровня η_{cre}^v и, как следствие, хрупкий характер разрушения структуры ОМП-бетона, что накладывает определенные

ограничения при его использовании в сжатой зоне конструкций: режим работы конструкции должен быть строго ограничен нагрузками низких и средних уровней, то есть не превышающих критическую границу η_{cr}^v .

Начальный модуль упругости ОМП-бетона при малоцикловой нагрузке изменяется незначительно (изменение на величину до 5–10 %) по сравнению с образцами, испытанными монотонным нагружением, и это изменение можно не учитывать; при высоких уровнях нагружения уменьшение E_0 не превышает 10 %.

ВЫВОДЫ

Бетонные призмы, изготовленные из тяжелого бетона и СФБ, в процессе испытания малоцикловой нагрузкой средних уровней с последующим разрушением проходят три последовательные стадии деформирования: стадия I – стадия постепенного уменьшения прироста деформаций и ширины петель гистерезиса; стадия II – стадия стабилизации деформаций, петли гистерезиса практически повторяют друг друга (процесс деформирования бетона носит упругий характер); стадия III – стадия роста деформаций от цикла к циклу, увеличение ширины петель гистерезиса, разупрочнение материала вследствие интенсивного развития трещин. Для бетонных призм, изготовленных из тяжелого бетона, СФБ, в процессе испытания малоцикловой нагрузкой с высоким уровнем и с последующим разрушением, а также призм, изготовленных из ОМП-бетона и испытанных малоцикловой нагрузкой (независимо от уровня нагружения) с последующим разрушением, характерны I и III стадии (при приближении η_{top} к критической границе η_{cr}^v упругая стадия работы бетона отсутствует).

Также при высоких уровнях нагружения (особенно при внезапном увеличении нагрузки до $\eta = 0,9$) значительно увеличивается наклон кривых на циклах нагрузки-разгрузки к оси деформаций. Это связано с прогрессирующим развитием микротрещин, которые сливаются в макротрещины, в результате чего происходит нарушение связей между зернами заполнителя и цементной матрицей, что приводит к разрушению последней. Для сталефибробетона это явление характерно в меньшей степени ввиду наличия фибр, препятствующих развитию трещин и разрушению цементной матрицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич, Є. М. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень : монографія [Текст] / Є. М. Бабич, Ю. О. Крусь. – Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. – 119 с.
2. Бабич, Є. М. Деструктивні особливості і малоциклова втомленість важкого бетону при малоцикловому стиску [Текст] / Є. М. Бабич, Ю. М. Панчук // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Збірник наукових праць. – Рівне : Видавництво Національного університету водного господарства та природокористування, 2000. – Вип. 4. – С. 106–110.
3. Борисюк, А. И. Особенности работы керамзитобетонных и керамзитожелезобетонных элементов при однократном и малоцикловом сжатии [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. И. Борисюк. – Киев, 1991. – 23 с.
4. Гомон, С. С. Робота та несуча здатність косостиснутих залізобетонних елементів за малоциклових навантажень [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. С. Гомон. – Львів, 2008. – 16 с.
5. Зінчук, М. С. Міцність та деформативність залізобетонних згинальних елементів за малоциклових навантажень в умовах підвищених температур [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / М. С. Зінчук. – Львів, 2008. – 16 с.
6. Кухнюк, О. М. Вплив малоциклових навантажень на механічні характеристики бетону та роботу згинальних залізобетонних елементів [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / О. М. Кухнюк. – Львів, 2001. – 16 с.
7. Ставров, Г. Н. О критерии предельного состояния железобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях [Текст] / Г. Н. Ставров, В. В. Руденко // Известия вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1986. – № 7. – С. 1–4.
8. Тахтай, Д. А. Прочность и деформативность бетона при внецентренном циклическом нагружении [Текст] / Д. А. Тахтай, В. И. Веретенников, А. А. Бармотин // Коммунальное хозяйство городов : науч.-технич. сб. – К., 2004. – № 60. – С. 53–65.
9. Панчук, Ю. М. Робота згинальних залізобетонних елементів зі змішаним армуванням при високих рівнях малоциклового навантаження [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Ю. М. Панчук. – Рівне, 1999. – 256 с.
10. Дробішинець, С. Я. Вплив повторних малоциклових навантажень на механічні характеристики сталефібробетону та роботу згинальних елементів на його основі [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / С. Я. Дробішинець. – Луцьк, 2005. – 174 с.
11. Стальная фибра фрезерованная для армирования бетона [Текст] : ТУ 0882–193–4685090–2005. – Взамен ТУ 0991–125–46854090–2001 ; введ. 01.03.2005. – М. : Госстрой РФ, 2005. – 7 с.

12. Семенюк, С. Д. Исследование эффективности использования гранулированного ваграночного шлака в качестве заполнителя для жаростойкого бетона [Текст] / С. Д. Семенюк, Д. А. Ковширко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – Минск, 2003. – № 2(12). – С. 64–73.
13. Семенюк, С. Д. Отработанные пески формовочных смесей - мелкий заполнитель бетонов [Текст] / С. Д. Семенюк, Р. П. Семенюк // Бетон и железобетон. – 1992. – № 7. – С. 29–30.
14. Семенюк, С. Д. Отходы литейно-металлургических производств в качестве мелкого заполнителя для бетонов [Текст] / С. Д. Семенюк, Т. С. Бурко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди : збірник наукових праць. – Рівне, 2010. – Вып. 20. – С. 223–231.
15. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона [Текст] : ГОСТ 24452–80. – Введен 01.01.1982. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1984. – 20 с.
16. Голишев, О. Б. Курс лекцій з основ розрахунку конструкцій і з опору залізобетону [Текст] / О. Б. Голишев, А. Н. Бамбура. – К. : Логос, 2004. – 340 с.
17. Семенюк, С. Д. Железобетонные пространственные фундаменты жилых и гражданских зданий на неравномерно деформируемом основании [Текст] / С. Д. Семенюк. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2003. – 269 с. : ил.
18. Болошенко, Ю. Г. Определение модуля упругости и упругопластических характеристик бетона методом линейного корреляционного анализа [Текст] / Ю. Г. Болошенко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунар. научн.-технич. конф. молод. ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2008. – С. 106.
19. Семенюк, С. Д. К определению модуля упругости и упругопластических характеристик бетона при кратковременном центральном сжатии [Текст] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2001. – № 1. – С. 40–44.
20. Болошенко, Ю. Г. Работа бетона на основе отходов литейно-металлургических производств в условиях малоциклового нагружения [Текст] / Ю. Г. Болошенко, Т. С. Бурко, И. С. Семенюк // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. научн.-техн. конф. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2010. – С. 102.
21. Семенюк, С. Д. Бетон с использованием отходов литейно-металлургических производств при однократном и малоцикловом нагружении [Текст] / С. Д. Семенюк, Ю. Г. Болошенко, Т. С. Бурко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 2010. – Вып. 39. – С. 240–247.
22. Семенюк, С. Д. Возможность использования бетонов на основе отходов литейно-металлургических производств (ОМП) для усиления сжатой зоны изгибаемых железобетонных элементов [Текст] / С. Д. Семенюк, Ю. Г. Болошенко, Т. С. Бурко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы V междунар. научн.-практич. конф. – Гомель : БелГУТ, 2010. – С. 327–328.

Получено 19.09.2011

Ю. Г. БОЛОШЕНКО

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БЕТОНІВ РІЗНИХ ВИДІВ В УМОВАХ МАЛО-ЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Білорусько-Російський університет

У статті представлені результати експериментальних досліджень роботи стиснутих бетонів різних видів – традиційного важкого бетону, сталевібробетону (СФБ), бетону з використанням відходів ливарно-металургійних виробництв як дрібного заповнювача (ЗМЗ-бетону) – в умовах малоциклового навантаження різних рівнів.

бетон, сталевібробетон, відходи виробництв, малоциклове навантаження, коефіцієнт пружності, коефіцієнт пластичності

YULIYA BOLOSHENKO

BEHAVIOUR OF VARIOUS TYPES OF CONCRETE IN TERMS OF LOW-CYCLE LOADING

Belarusian and Russian University (Republic of Belarus, Mogilev)

The article presents the findings of the research of behaviour of various types of compressed concrete – traditional heavy-weight concrete, steel-fibre reinforced concrete (SFRC), concrete with fine aggregate received from metallurgy and foundry waste (WMI-concrete) under low-cycle loading of different levels.
concrete, steel-fibre reinforced concrete, industrial waste, low-cycle loading, coefficient of elasticity, coefficient of plasticity

Болошенко Юлія Георгіївна – аспірант кафедри будівельних конструкцій, будівель та споруд Державної установи вищої професійної освіти «Білорусько-Російський університет», асистент кафедри, магістр технічних наук (Республіка Білорусь, м. Могильов). Наукові інтереси: вдосконалення будівельних конструкцій і методів розрахунку будівель і споруд.

Болошенко Юлия Георгиевна – аспирант кафедры строительных конструкций, зданий и сооружений Государственного учреждения высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», ассистент кафедры, магистр технических наук (Республика Беларусь, г. Могилев). Научные интересы: совершенствование строительных конструкций и методов расчета зданий и сооружений.

Yuliya Boloshenko – a postgraduate of the Building Structures, Buildings and Constructions of the Higher Educational Establishment «Belarusian and Russian University», a teaching fellow, MPhil (Republic of Belarus, Mogilev). Research interests: improvement of building structures and design technique of buildings and constructions.

УДК 697.34

І. І. КАПЦОВ, О. М. МАЛЯВІНА
Харківська національна академія міського господарства

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІВ ПОШКОДЖЕНЬ ТРУБОПРОВОДІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Досліджується параметр потоку відмов трубопроводів за видами їх пошкодження залежно від строку експлуатації трубопроводів розподільчих теплових мереж.

пошкодження, свищі, порив, засувка, трубопровід, експлуатація, теплові мережі, дослідження

Надійна і ефективна робота теплових мереж неможлива без ефективного попередження, виявлення і скорішого усунення пошкоджень трубопроводів.

До основних пошкоджень трубопроводів теплових мереж відносяться свищі, пориви, пошкодження засувки і інші пошкодження: компенсаторів, теплових камер, випускників повітря, водовипускників та ін.

Розподіл видів пошкоджень трубопроводів теплових мереж і їх динаміка дозволяє визначити основні причини, які знижують надійність теплових мереж і відповідно вжити заходи щодо їх попередження, а також ефективно планувати заходи з технічного обслуговування і ремонту з визначенням необхідних матеріально-технічних ресурсів.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Із літературних джерел відомо наступний розподіл видів пошкоджуваності трубопроводів теплових мереж:

- кількість свищів 87–93 % [1], 25 % [2], 66,7–83,0 % [3];
- кількість поривів 0,5–1,0 % [1], 0,8–7,6 % [2], 5–24 % [3];
- пошкодження засувки 1,80–7,25 % [3];
- інші пошкодження трубопроводів: сальникових компенсаторів 5–10 % [1], 11,9 % [4], 17,31 % [2], спускників повітря 1,5–3,0 % [1], 6,4 % [4], 0,4–2,9 % [2].

МЕТА

Основною причиною пошкоджень теплових мереж є корозія, при чому доля дії зовнішньої в середньому становить $\frac{3}{4}$ і $\frac{1}{4}$ внутрішньої [7, 4, 9].

Таким чином, необхідно уточнити розподіл видів пошкоджень теплових мереж.

Результати досліджень параметра потоку відмов теплопроводів розподільчих теплових мереж діаметром 57–219 мм за видами їх пошкоджень, одержаних за даними Комунального підприємства Харківські теплові мережі за 2003–2005 р.р. експлуатації, згідно з методиками [5–6], наведені на рис. 1.

Із рис. 1 видно, що пошкодження трубопроводів розподільчих теплових мереж за дослідний період експлуатації розподіляються наступним чином: 84 % – свищі, 9 % – інші пошкодження трубопроводів, 5 % – пориви і 2 % – пошкодження засувки.

Це пояснюється питомою вагою кожного із розглянутих елементів теплових мереж і відповідно, імовірністю появи пошкоджень, умовами впливу руйнівних факторів, а також обставинами їх експлуатації.

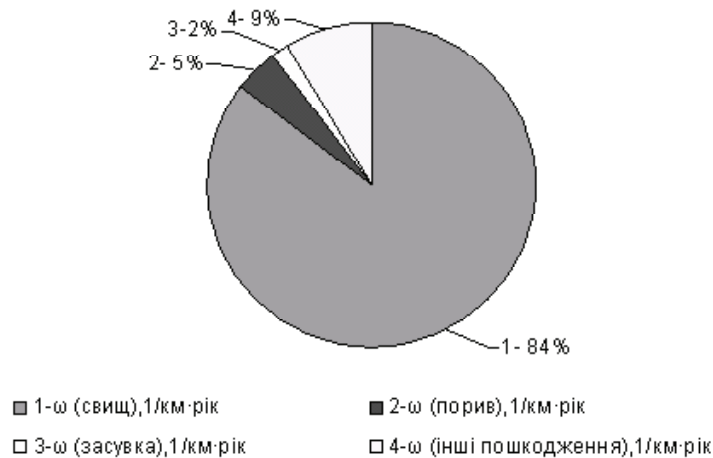


Рисунок 1 – Співвідношення параметра потоку відмов видів пошкоджень трубопроводів розподільчих теплових мереж.

Свищі складають основну частину пошкоджень трубопроводів, це пояснюється тим, що основною причиною пошкоджень теплових мереж є корозія при чому доля дії зовнішньої в середньому становить $\frac{3}{4}$ і $\frac{1}{4}$ внутрішньої [4, 7].

Причинами пошкодження поривів є корозія [1, 7–8], дефекти зварки і збільшення навантажень на трубопроводи [3], дефекти металу труб, перебільшення дозвального тиску, теплове подовження труб [8].

У зв'язку з тим, що основним чинником пошкоджень теплових мереж є корозія [1–2, 7–8], то результат її дії на сталевий корпус і диски засувки внаслідок їх великої товщини не такий значний, як на труби, крім того, засувки розташовані в теплових камерах з меншою кількістю вологи, тому їх пошкоджуваність менша і зростає пропорційно виробки строку експлуатації в процесі спрацювання елементів, при цьому заміна засувки новими незначна.

Причини інших пошкоджень трубопроводів пояснюються тим, що строк служби вказаних пристроїв і їх елементів різний і різна інтенсивність впливу на них руйнівних факторів. При цьому терміни ремонту і заміна вказаних вище пристроїв відбувається, в основному, у результаті вироблення строку їх експлуатації від дії руйнівних факторів.

Співставляючи отримані дані по процентному відношенню параметра потоку відмов видів пошкоджень (рис. 1) з літературними джерелами виявлено наступне.

Значення процентного співвідношення параметра потоку відмов свищів корелюється з відповідними даними (83–93 %) [1].

Пошкоджуваність за рахунок поривів більша за 0,5–1,0 % [1], корелюється з 4,9 % [2] і менша за 14,5 % [3].

Пошкоджуваність засувки в основному відповідає значенням 1,6 % [2], і більше за 4,5 % [3].

Інші пошкодження корелюються із значеннями 6,5–16,0 % [1] і трохи більші за 6,8 % [4] і 6,0 % [3].

Як видно, одержані результати знайшли підтвердження іншими літературними джерелами, а деякі відмінності можуть бути пояснені способами прокладання теплопроводів [2, 4] (безканальна з монолітною теплоізоляцією армобетоном) і умовами експлуатації трубопроводів, діаметри яких (200–1 400 мм), що більше за діаметри розглянутих розподільчих (57–219 мм), а також умовами отримання показників пошкоджуваності [3].

ВИСНОВОК

За результатами досліджень було встановлено процентне співвідношення видів пошкоджень трубопроводів розподільчих теплових мереж, яке відповідно складає: 84 % – свищі, 5 % – порив, 2 % – пошкодження засувки та 9 % – інші пошкодження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Громов, Н. К. Городские теплофикационные системы [Текст] / Громов Н. К. – М. : Энергия, 1974. – 256 с.
2. Стрижевский, И. В. Защита подземных теплопроводов от коррозии [Текст] / И. В. Стрижевский, М. А. Су-рис. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 344 с.
3. Ионин, А. А. Надежность систем тепловых сетей [Текст] / А. А. Ионин. – М. : Стройиздат, 1989. – 268 с.
4. Родичев, Л. В. Статистический анализ процесса коррозионного старения теплопроводов [Текст] / Л. В. Роди-чев // Строительство трубопроводов. – 1994. – № 9. – С. 9–11.
5. Лобко, О. Н. Методика анализа повреждаемости трубопроводов [Текст] / О. Н. Лобко // Коммунальное хозяй-ство городов : Науч.-техн. сб. ХНАМГ. – К. : Техника, 2010. – Вып. 93. – С. 321–324.
6. Лобко, О. М. Методика вибору шагу експлуатації теплопроводів при дослідженні їх пошкоджуваності [Текст] / О. М. Лобко // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2010. – Вип. 58. – С. 196–202.
7. Причины увеличения повреждений трубопроводов теплосети от внутренней коррозии [Текст] / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, С. Е. Бессолицын [и др.] // Теплоэнергетика. – 1993. – № 12. – С. 71–74.
8. Определение остаточного ресурса тепловых сетей по статистическим данным об авариях [Текст] / Г. Х. Умер-кин, С. А. Дроздов, А. М. Гончаров, Н. Н. Демиденко // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 11. – С. 42–46.
9. Плавич, А. Ю. Оценка и обеспечение уровня надежности водяных тепловых сетей [Текст] : автореф. дис. ... научн. ст. канд. техн. наук : спец. 05.23.03 «Вентиляция, освещение и теплогазоснабжение» / А. Ю. Плавич. – М., 2005. – 17 с.

Отримано 03.10.2011

И. И. КАПЦОВ, О. Н. МАЛЯВИНА ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ РАСПРЕ- ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Исследуется параметр потока отказов трубопроводов по видам их повреждений в зависимости от срока эксплуатации трубопроводов распределительных тепловых сетей.

повреждение, свищ, порыв, задвижка, трубопровод, эксплуатация, тепловые сети, исследование.

IVAN KAPCOV, OLGA MALJAVINA STUDY OF DAMAGE TYPES OF PIPELINES OF DISTRIBUTION HEATING NETWORKS

Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The parameter of withdrawal flow of pipelines by the types of their damages depending on operational period of pipelines of distribution heating networks has been studied.

damage, flaw, fracture, latch, pipeline, operation, heating networks, study

Капцов Иван Иванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації газових і теплових систем Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: газові й теплові системи.

Малявіна Ольга Миколаївна – асистент кафедри експлуатації газових і теплових систем. Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: газові й теплові системи.

Капцов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации газовых и тепловых систем Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: газовые и тепловые системы.

Малявина Ольга Николаевна – ассистент кафедры эксплуатации газовых и тепловых систем Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: газовые и тепловые системы.

Ivan Kapcov – DSc (Engineering), a Professor, the Chair of the Operation of Gas and Heating Systems of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: gas and heating systems.

Olga Maljavina – a teaching fellow of the Operation of Gas and Heating Systems of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: gas and heating systems.

УДК 69.059

А. В. ЗАВАЛЬНИЙ, С. Л. ЛЕОНТЬЕВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ МОНИТОРИНГА РИСКА ОБРУШЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСА КОМПАС-ГРАФИК

Рассмотрено применение САПР (Система КОМПАС-3D) для автоматизации процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений.

мониторинг, безопасность, риск, автоматизация, система КОМПАС-3D

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из требований экспертизы безопасности жилых зданий и сооружений является определение остаточного ресурса несущих строительных конструкций. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений запрещает дальнейшую эксплуатацию при достижении срока эксплуатации, установленного в нормативно-технической документации. Если в документации срок эксплуатации не установлен, допускается использовать данные по аналогам или определять его по согласованной с Госнадзорхрантруда методике с учетом результатов анализа документации, условий эксплуатации и технического диагностирования (экспертного обследования) [1]. В настоящее время методы автоматизации процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений четко не прописаны, поэтому данная проблема является чрезвычайно актуальной.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Решением проблем процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений занимались отечественные и зарубежные авторы, такие как: А. Х. Байбурун, Д. А. Байбурун, А. Е. Иванов, А. П. Мельчаков, Н. Н. Никонов, Т. Ю. Шевченко [1–4]. Но задача автоматизации процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений ими не рассматривалась.

Поэтому цель данной работы – определение возможности использования российского САПР при работах по проведению процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений.

Для облегчения выполнения процесса мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений, особенно при анализе больших территорий, для автоматизации и ускорения работы целесообразно использовать САПР. В качестве примера предлагается использовать систему российского разработчика «Компас-график» (система КОМПАС-3D), которая предлагает очень удобный инструмент параметризации.

ЦЕЛЬ

Система КОМПАС-3D является отличным инструментом создания пространственных моделей, подготовки и оформления конструкторской документации. Наличие параметрических возможностей системы позволяет создавать типовые элементы различных размеров. Система КОМПАС-3D обладает вариационной параметризацией [5]. Её особенностью является возможность наложения

ограничений (связей) на разработанные ранее изображения. Параметризация системы позволяет устанавливать геометрические связи относительно взаимного расположения геометрических объектов. Кроме того, параметризация системы КОМПАС-3D допускает присвоение переменным размерам отдельных геометрических объектов. Данные переменные могут быть использованы в уравнениях, которые могут выражать взаимозависимость отдельных размеров узла или детали. Переменные могут носить как фиксированный, так и нефиксированный характер в зависимости от необходимости пользователя. Наложение на объекты связей влечёт за собой удаление его степеней свободы. В условиях плоскости каждое тело обладает 3-мя степенями свободы. Если конструкция обладает хотя бы одной степенью свободы, она является механизмом. Поэтому можно сделать вывод, что правильное наложение связей (ограничений) при работе с параметризацией позволяет реализовать кинематическую схему механизма с возможностью изменения положения механизма. В этом случае необходимо зафиксировать размеры геометрических объектов, характеризующие элементы конструкции, а размеры, определяющие положение механизма в пространстве, оставить незафиксированными (информативными).

ВЫВОДЫ

Таким образом, предлагается перенести схемы зданий в модель, выполненной в системе КОМПАС-3D, и установить для каждого элемента параметризацию цвета или высоты (возможен другой способ) для отображения уровня риска. И, в свою очередь, за параметризацией закрепить формулу, в которой переменными будут состояние каждого элемента, а константами удельный вес каждого элемента.

Другими словами, система КОМПАС-3D будет «самостоятельно» рассчитывать уровень риска обрушения зданий и сооружений и представлять его не только в табличной, но и в графической форме, что позволит повысить качество работы архитектора (проектировщика) или других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байбурин, А. Х. Некоторые аспекты оценки остаточного ресурса строительных конструкций [Электронный ресурс] / А. Х. Байбурин, А. Е. Иванов, Д. А. Байбурин // Предотвращение аварий зданий и сооружений : электронный журнал / Учредитель ООО «ВЕЛД». – Режим доступа : <http://ramag.ru/pressa/aspekty-ocenki>.
2. Мельчаков, А. П. Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов. (Теория, методики и инженерные приложения) [Текст] / А. П. Мельчаков. – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2006. – 49 с.
3. Никонов, Н. Н. Риск благородное дело [Электронный ресурс] / Н. Н. Никонов // Электронный журнал «Высотные здания». – 2007. – № 3. – Режим доступа : http://www.tallbuildings.ru/projection11_rus_03_07/.
4. Шевченко, Т. Ю. Прогнозирование надежности железобетонных конструкций логико-вероятностными методами [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / ПДАБА. – Днепропетровск, 2008. – 22 с.
5. Потёмкин, А. Е. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D [Текст] / А. Е. Потёмкин. – СПб. : «БХВ-Петербург», 2004. – 512 с.

Полуено 21.09.2011

А. В. ЗАВАЛЬНИЙ, С. Л. ЛЕОНТЬЕВ
ВИКОРИСТАННЯ САПР ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РИЗИКУ ОБВАЛЕНЬ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ І СПОРУД НА ПРИКЛАДІ КОМПЛЕКСУ КОМПАС-ГРАФІК

Харківська національна академія міського господарства

Розглянуто застосування САПР (Система КОМПАС-3D) для автоматизації процесу моніторингу ризику обвалень житлових будинків і споруд.

моніторинг, безпека, ризик, автоматизація, система КОМПАС-3D

ALEXSANDR ZAVALNYJ, SERGII LEONTEV
CAD USAGE AT RISK MONITORING OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND
CONSTRUCTIONS COLLAPSES BY THE EXAMPLE OF COMPLEX «КОМПАС-
ГРАФИК»

Kharkiv National Academy of Municipal Economy

Application of the CAD (System KOMPAS-3D) for the monitoring process automation of risk collapses of residential buildings and constructions has been considered.

monitoring, safety, risk, automation, system KoMnac-3D

Завальний Олександр В'ячеславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: реконструкція й благоустрій міських територій.

Леонтьев Сергій Леонідович – аспірант Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: оцінка ризиків обвалення житлових будинків і споруд.

Завальний Александр Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: реконструкция и благоустройство городских территорий.

Леонтьев Сергей Леонидович – аспирант Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: оценка рисков обрушения жилых зданий и сооружений.

Alexsandr Zavalnyj – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Town planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: refurbishment and rehabilitation of municipal areas.

Sergii Leontev – a postgraduate of the Town Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: risk estimation of collapse of residential buildings and constructions.

УДК-711-73

В. Л. ГЛАЗЫРИН, Е. А. ВАЩИНСКАЯ

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ВИДА ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ОДЕССЕ

В данной работе приведено обоснование применения водного вида пассажирского транспорта в городе. Эти же вопросы характерны и для других приморских городов Украины, а также для городов, расположенных на крупных реках.

пассажирский транспорт, водный вид транспорта, перевозки пассажирские

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях слабого финансирования дорожного строительства и ремонта существующей проезжей части улиц городов, приходится искать экономически более выгодное решение пассажиро-перевозок. В постсоветском пространстве водный вид транспорта был неплохо развит.

ЦЕЛЬ

В Одессе в настоящее время восстановление морских внутригородских и пригородных морских пассажирских перевозок будет обеспечивать экономически обусловленную систему морских перевозок и соответствовать потребности населения и туристов в перемещении, отдыхе, морском туризме и путешествиях.

К основным особенностям организации пассажирских городских и пригородных морских линий следует отнести:

- стабильность системы линий, сложившейся в историческом отрезке времени;
- обеспечение регулярности сообщений при объективном временном режиме местных пассажирских перевозок;
- удовлетворение запросов пассажиров по удобствам и комфортности поездки и нахождения на борту судна;
- наличие пассажирского флота (количественный и качественный состав плавсредств);
- максимальное использование пассажиро-вместимости судов;
- наличие специализированных пассажирских причальных комплексов;
- приспособленность плавсредств для морского туристического отдыха и путешествий.

К дополнительному, но серьезному аргументу в поддержку тезиса необходимости и целесообразности организации прибрежных морских перевозок в прибрежном плавании, следует отнести и современное состояние надземной транспортной инфраструктуры, и ее проблемы с учетом количества транспортных средств на дорогах города и его резкого возрастания в период курортного сезона. Особенно критическая ситуация создается на участках Черноморка – центр и поселок Котовского – центр. Можно выделить следующие положения, характеризующие современное состояние транспортной системы города:

1. Протяженность, техническое состояние автотранспортных магистралей между пунктами Совиньон – Люстдорф – центр (Екатерининская площадь), поселок Котовского – центр.
2. Обеспеченность общественным транспортом: трамвай, маршрутное такси.

3. Режим движения, скорость (продолжительность проезда), загруженность (пробки).
4. Перспективы модернизации с учетом реализации Генерального плана г. Одессы.
5. Современная загрузка автомагистралей и общественного транспорта на линии Совиньон – Люстдорф – центр, поселок Котовского – центр (статистическая информация и выводы ГАИ и АТП).
6. Прогноз на перспективу (2010–2015 г.г.).

При организации системы морских пассажирских перевозок с выбором пунктов захода судов следует учитывать как исторически сложившиеся портопункты (районы пляжей), так и возможность устройства новых пунктов захода, с учетом особенностей застройки приморской зоны города, наличия объектов отдыха для взрослых и детей, санаторно-курортных, мемориальных, гостиничных, дачных комплексов, и расширяющуюся застройку прибрежной зоны жилыми массивами. К таким пунктам, помимо Ланжерона, Аркадии, Лузановки и Фонтана, следует отнести также пляжи Дельфин и Отрада, Люстдорф, дачу Ковалевского (Мемориал 411-я батарея), Зеленый мыс, Совиньон.

Помимо внутригородских пассажирских перевозок, необходимо рассмотреть организацию межпортового пассажирского сообщения между пунктами, непосредственно прилегающими к городу Одесса и входящими в зону пригорода, например: г. Одесса (Люстдорф) – г. Ильичевск – пос. Затонка – пос. Сергеевка – г. Белгород-Днестровский и г. Одесса (Лузановка) – пос. Крыжановка – г. Южный, организацию индивидуальных, по заявке туристических фирм экскурсионных и прогулочных линий.

Базовым портом в планируемой системе городских и пригородных перевозок, без сомнения, должен стать (как и был) Одесский морской торговый порт с его сохранившейся инфраструктурой и потенциальными возможностями (техническими, технологическими, кадровыми) и размещением в центре тяготения всех перевозок [1].

При выборе мест размещения пассажирских портопунктов и последовательности их восстановления следует учитывать наличие и комфортность в рассматриваемых районах береговой инфраструктуры пассажирского транспорта, его конкурентоспособность и возможность взаимодействия при обслуживании пассажиров в общей транспортной инфраструктуре города и области.

Разнообразие схем построения пригородных и внутригородских пассажирских линий зависит от объема, корреспонденции и неравномерности пассажиропотоков, их соотношений и типа («деловые», туристские, экскурсионные, групповые, одиночные) и определяются специальными эксплуатационными и экономическими исследованиями с учетом перспективности пассажиропотоков, их доходности и прибыльности.

Был изучен опыт применения морских трамвайчиков, водных такси и водных автобусов в мировой практике.

Наиболее распространены морские трамвайчики (водное такси), которые обслуживают маршруты, имеющие более двух остановок, услуги предоставляются строго по расписанию и с соблюдением заранее согласованного маршрута. К примеру, маршрут водного такси в городе Балтимор, США, насчитывает 17 остановок, что позволяет многим гражданам использовать этот вид транспорта практически ежедневно.

Размеры и спецификация морских трамвайчиков имеют существенные различия и зависят от специфики обслуживаемого маршрута и требований рынка. К примеру, водные такси компаний «FalseCruk» и «Aquabus», функционирующие в Ванкувере, обслуживают маршрут протяженностью не более 2-х километров, вмещают до 25 пассажиров, развивают скорость до 9 узлов и управляются всего одним человеком. А в Сан-Франциско используют сверхсовременные катамараны, способные развивать скорость до 34 узлов и перевозить 350 пассажиров на маршрутах, соединяющих город с его пригородами [2].

Особую нишу занимают морские трамвайчики последнего поколения с гибридными силовыми установками, созданные для использования как солнечной энергии, так и традиционного дизельного топлива.

Анализ наиболее эффективных маршрутов и примеров организации прибрежных пассажирских перевозок свидетельствуют о том, что самыми эффективными и прибыльными являются маршруты, прохождение которых занимает от 12 до 15 минут.

По исследованиям, проведенным на нашей кафедре, продолжительность рейса по маршруту: Крыжановка – Морвокзал – 10 мин., Морвокзал – Ланжерон – 4 мин., Ланжерон – 10-я станция Большого Фонтана – 8 мин., 10-я станция Большого Фонтана – Ильичевск – 15 мин. при использовании морского пассажирского судна на подводных крыльях отечественного производства «Комета 120 Н».

Одним из ключевых факторов успеха прибрежного пассажирского сообщения является правильный выбор места расположения причалов и пирсов [3]. Согласно исследованиям в современных условиях жители города не готовы тратить более 15 минут при передвижении пешком, чтобы добраться до отправной точки «морского трамвайчика». Таким образом, максимальное время поездки в часы пик не должно превышать 45 минут (15 минут, чтобы добраться до «морского трамвайчика», 15 минут на поездку и 15 минут, чтобы добраться до места работы).

Остановки морских трамвайчиков должны быть «интегрированы» в муниципальную сеть общественного транспорта и соединены с общегородской транспортной сетью как минимум одним видом общественного транспорта [4].

В Одессе причалы и пристани можно располагать в непосредственной близости от плотно заселенного спального района (Поселок Котовского) и делового центра (туристического объекта) например, Морской Порт, Потемкинская лестница.

В развитых странах проездные билеты на автобус, трамвай дают право горожанам передвигаться и на морских трамвайчиках. Благодаря такому подходу стоимость поездки на морском трамвайчике не отличается от стоимости поездки на любом виде общественного транспорта. В то же время такой подход требует дополнительного финансирования со стороны городской власти, а органы центральной власти выделяют дотации. Стоимость в среднем билета \$6, для детей, пенсионеров и студентов – \$3, абонементы на месяц (действителен также для поездок в метро, трамваях, автобусах) – \$198.

ВЫВОД

Плотные транспортные потоки по городским улицам чрезвычайно осложняют и замедляют передвижение пассажиров. В таком городе, как Одесса, который расположен вдоль морского побережья, экономически целесообразно применять плавательные средства для пассажирских перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная система города Одесса [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Wikipedia. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title>
2. Проект генерального плана г. Одессы / Институт «Гипроград». – Киев : [б. и.], 2009. – 20 с.
3. Глазырин, В. Л. Градообразующие основы проектирования приморских общественных центров [Текст] / В. Л. Глазырин. – Одесса : Город мастеров, 1999. – 139 с.
4. Одесса: город-агломерация – портово-промышленный комплекс [Текст] / под общей ред. А. Г. Топчиева. – Одесса : АО БАХВА, 1994. – 356 с.

Получено 26.09.2011

В. Л. ГЛАЗИРІН, Е. А. ВАЩИНСЬКА
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВОДНОГО ВИДУ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ОДЕСІ

Одеська державна академія будівництва й архітектури

У цій роботі розглянуті особливості організації пасажирських міських і приміських морських ліній м. Одеси. Ці ж питання характерні й для інших приморських міст України, а також для міст, розташованих на великих ріках.

пасажирський транспорт, водний вид транспорту, перевезення пасажирські

VLADIMIR GLAZYRIN, ELENA VASHCHINSKAJA
DEVELOPMENT OUTLOOK OF SEA AND RIVER PASSENGER TRANSPORT IN
ODESA

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper proves the application of the municipal sea and water passenger transport in Odesa. The same problems are also typical not only for other seaside cities and towns of Ukraine but for the cities and towns situated on the big river of the country.

passenger transport, sea and river transport, passenger transportation

Глазирін Володимир Львович – кандидат архітектури, професор кафедри основ архітектури та дизайну архітектурного середовища Одеської державної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: містобудівний розвиток приморських територій.

Ващинська Олена Андріївна – старший викладач кафедри міського будівництва і господарства Одеської державної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: вивчення питань містоутворювальних чинників у формуванні вулично-дорожньої мережі міст Причорномор'я України.

Глазырин Владимир Львович – кандидат архитектуры, профессор кафедры основ архитектуры и дизайна архитектурной среды Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: градостроительное развитие приморских территорий.

Ващинская Елена Андреевна – старший преподаватель кафедры городского строительства и хозяйства Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение вопросов градообразующих факторов в формировании улично-дорожной сети городов Причерноморья Украины.

Vladimir Glazyrin – PhD (Architecture), a Professor of the Municipal Economy and Construction Department of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: town planning and constructional development of seaside territories.

Elena Vashchinskaja – a senior lecturer of the Municipal Economy and Construction Department of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: the study of the problems of urban development factors in road network forming of the Black Sea shore towns and cities of Ukraine.

УДК 711. 581-168.

Т. В. ЖИДКОВА, Д. С. РУССУ

Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИ УЩІЛЬНЕННЯ ЗАБУДОВИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА

Розглядаються методи ущільнення забудови центральної частини міст, зокрема влаштування мансардних поверхів як найбільш придатний метод для даних територій.

ущільнення забудови, мансарда

ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Особливістю центральної частини міста є висока щільність забудови при середній поверховості не більше 3–4 поверхів і відносно низька житлова забезпеченість. У той же час тут спостерігається різкий дефіцит прибудинкових територій для влаштування майданчиків різного призначення, практично немає зелених насаджень. В зв'язку з цим підвищення щільності житлового фонду на цих територіях має бути безпосередньо пов'язане з підвищенням житлової забезпеченості, тобто без збільшення чисельності населення.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Існують різні методи ущільнення забудови – збільшення кількості житлової площі на одиницю території [2]. Кожен з методів має свої специфічні особливості, якими обумовлено їх застосування в тих або інших умовах:

- Зведення точкових будівель на звільнених від малоцінних будівель ділянках. Точкові будинки, як правило, розміщують в центральній частині кварталів, щоб не порушити сприйняття історичного середовища центральної частини міста. Такі будівлі мають значну висоту, невелику площу забудови, але зведення їх сприяє появі на території додаткової кількості мешканців, що надає додаткове навантаження на територію, якої і так бракує, і створює безліч нерозв'язних проблем.

- Прибудова додаткових об'ємів може здійснюватися в загальному циклі з реконструкцією існуючої будівлі або індивідуально, якщо нове будівництво не впливає на експлуатаційні якості існуючого [3]. Наприклад, прибудова до торцевої стіни-брандмауера, за межу якого не виходять конструкції фундаментів. Цей метод підвищує площу забудови, яка і без того вище від нормативної.

- Розміщення вбудовок між корпусами будівель відповідає принципам периметральної забудови кварталів і захищає простір усередині кварталів від вуличного шуму. Але такі вбудовки, як правило, зводять під певне функціональне призначення, не пов'язане з підвищенням житлової забезпеченості жителів центру міста.

- Надбудови могли б розв'язати проблему, але враховуючи, що багато будівель існуючої забудови в різний час вже було надбудовано, запас міцності фундаментів невеликий, підвищення поверховості неминуче призведе до зростання вартості робіт з посилення фундаментів. Крім того, підвищення поверховості приведе до погіршення режиму інсоляції.

- Влаштування мансардного поверху у горищному просторі, фасад якого повністю або частково утворений поверхнею похилої чи ламаної покрівлі [1], з усіх методів ущільнення забудови є найбільш прийнятним для центральної частини міста.

© Т. В. Жидкова, Д. С. Руссу, 2011

Надбудова мансард – прийом, який в нашій державі не використовувався протягом епохи індустріального житлового будівництва, коли в архітектурі домінували плоскі покрівлі, стає все більш популярним. Мансарди використовують як складову частину багаторівневої квартири, як самостійну житлоплощу, як творчі майстерні і офісні приміщення. Слід додати, що при неспівпаданні функцій будівлі і надбудови-мансарди виникають певні проблеми через протипожежні вимоги, відповідно до яких вихід з мансардного поверху в загальну сходову клітину не допускається. При розміщенні офісів в мансардах житлових будинків входи і евакуаційні виходи мають бути ізольовані від житлової частини будівель, тобто необхідні інші сходи [1]. У деяких будинках дореволюційної забудови такі сходи існують. Це колишні чорні сходи, які можуть бути надбудовані до мансарди. Для інших будинків проблема може бути вирішена прибудовою додаткової сходової клітки, що знищить всі переваги мансард.

МЕТА

Зв'язок приміщень мансардного поверху з приміщеннями інших поверхів будівлі при збігу функцій відбувається через сходово-ліфтовий вузол будівлі. Враховуючи вищесказане, мансардні поверхи доцільно використовувати виключно під житлову функцію.

У цьому випадку переобладнанню горища в мансарду припускає можливість об'єднання квартири і горища над нею, в одне функціональне ціле. Приміщення, розташовані в мансарді, є додатковими кімнатами для постійного проживання, що значно підвищує комфортність квартир корінних жителів цих кварталів.

Звичайно, мансардні поверхи можуть бути продані у власність і новим мешканцям, але таке рішення спричиняє за собою масу проблем.

По-перше, проблеми соціального характеру – впровадження в соціальне середовище стороннього елемента, який до того ж ще і порушує побут городян, що вже склався. У цьому випадку неминучі конфліктні ситуації.

По-друге, автономна квартира в мансардному поверсі вимагає додаткових сходових маршів, а іноді і прибудови ліфтової шахти. Крім того, горищне перекриття не розраховане на корисне навантаження від житлового поверху, а це означає необхідність посилення конструкцій.

У разі приєднання мансардних приміщень до квартири, що пролягає нижче, зв'язок приміщень здійснюється за допомогою внутрішньоквартирних сходів, а кімнати в мансарді використовуються як індивідуальні, де корисне навантаження мінімальне.

Особливістю забудови центральної частини міст є скатні дахи, які практично усі потребують капітального ремонту. Як відомо, останні 20–30 років на капітальний ремонт і реконструкцію будівель історичної частини міста фінансування не виділялося.

Розрахунки показують, що вартість будови мансардного поверху перевершує вартість ремонту існуючого скатного даху усього лише на 30–35 %. При цьому ці витрати з радістю візьмуть на себе самі жителі верхніх поверхів будівель за умови усього лише дозволу місцевої влади на приватизацію горища над своєю квартирою.

Будова мансарди вирішує відразу масу завдань: збільшується житлова площа будівель без збільшення щільності забудови; не порушується архітектурний вигляд міста; мансардний поверх прийнятніше за надбудову з точки зору інсоляції території; сучасні будівельні матеріали, які застосовуються для будівництва мансард не створюють значного навантаження на конструкції будівлі і не вимагають посилення несучих конструкцій, зокрема, фундаментів.

ВИСНОВОК

На кафедрі містобудування проводилося обстеження кварталів нагірної частини Київського району на предмет можливості ущільнення забудови за рахунок зведення мансардних поверхів. Забудова цих кварталів складається з будівель, побудованих в різні періоди, з різними конструктивними схемами і матеріалом конструкцій. Вартість і обсяг робіт по зведенню мансардних поверхів значною мірою залежить від періоду спорудження будівель. Якщо залізобетонні плити покриття можуть використовуватися як основа для мансардного поверху, то дерев'яні перекриття доведеться міняти або зводити поверх них монолітну залізобетонну плиту. Обстеження показало, що кількість таких будівель в окремих кварталах цієї частини міста досягає 70 %, а надбавка житлової площі складає в середньому по території до 12 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Будинки і споруди. Житлові будинки [Текст] : ДБН В.2.2-15-2005. – На заміну СНиП 2.08.01-89, ДБН 79-92 ; чинні від 2006-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Шепеляв, Н. П. Реконструкция городской застройки : [Текст] учеб. / Н. П. Шепеляв, М. С. Шумилов. – М. : Высшая школа, 2000. – 271 с.
3. Афанасьев, А. А. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий [Текст] / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев. – Москва : [б. и.], 2008. – 67 с.
4. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст] : ДБН 360-92**. – Перевидання ДБН 360-92* з урахуванням змін № 4-10 за дозволом Держбуду України (лист від 19.03.2002 р. № 1/52-170). – К. : Держбуд України, 2002. – 92 с. – (Державні будівельні норми).

Получено 10.10.2011

Т. В. ЖИДКОВА, Д. С. РУССУ
МЕТОДЫ УПЛОТНЕНИЯ ЗАСТРОЙКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА
Харьковская национальная академия городского хозяйства

Рассматриваются методы уплотнения застройки центральной части городов, в частности устройство мансардных этажей как наиболее пригодный метод для данных территорий.
уплотнение застройки, мансардное строительство

TATYANA ZHIDKOVA, DMITRIY RUSSU
METHODS OF REDUCING SPACES FOR BUILDINGS IN DOWNTOWN
Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The methods of reducing spaces for buildings in downtown, in particular, construction of mansards as most suitable method for the areas have been considered.
reducing spaces for building, mansard

Жидкова Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: реконструкція й благоустрій міських територій.

Руссу Дмитро Степанович – студент Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: реконструкція й благоустрій міських територій.

Жидкова Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: реконструкция и благоустройство городских территорий.

Руссу Дмитрий Степанович – студент Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: реконструкция и благоустройство городских территорий.

Tatyana Zhidkova – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Town Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: refurbishment and rehabilitation of municipal areas.

Dmitriy Russu – an undergraduate of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: refurbishment and rehabilitation of municipal areas.

УДК 624

Т. Н. АПАТЕНКО, М. В. ГУБИНА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ С НАРУШЕННЫМ РЕЛЬЕФОМ ПОД ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ

В статье рассматриваются градостроительная значимость проблемы использования территорий со сложным рельефом, систематизированы факторы, определяющие сферу применения застройки на сложном рельефе.

бросовые территории, градостроительное пространство, использование территорий, непригодные территории

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Исторические тенденции развития экономической жизни нашей страны сложны, неоднозначны и противоречивы. Последнее десятилетие принято называть переходным периодом, которому характерны структурные изменения во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в области городского землепользования.

В новых экономических условиях, когда земля стала предметом купли-продажи, а её качественное состояние одним из оцениваемых параметров при определении стоимости земли или установлении размеров земельных платежей, проблема использования в градостроительных целях и вовлечения в хозяйственное использование нарушенных городских территорий встала довольно остро.

Все возрастающий дефицит земельных ресурсов для жилого, общественно-делового и производственного строительства, рекреации и реабилитации природного комплекса позволил рассматривать нарушенные городские земли как важный резерв дальнейшего территориального развития города [1].

Научно обоснованное, экологически безопасное, рациональное использование земель является общенародной задачей. Развитие городов влечет за собой сокращение пригодных земель и выдвигает проблему изыскания новых, дополнительных земельных ресурсов для городского строительства. Резервным фондом являются так называемые «непригодные» территории, которые, при проведении соответствующих мероприятий по инженерной подготовке, могут быть использованы под различные виды строительства. К ним, в частности, относятся овражно-балочные территории [2].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы, связанные с рациональным использованием городских земель, поднимались еще в 50-е годы XX века многими учеными и проектировщиками. В то время все нормативы и вся литература по градостроительству проводили в жизнь принцип строительства на свободных территориях, т. е. развитие городов, их расширение, происходило, в основном, за счет использования сельскохозяйственных земель. В связи с принятием в 1968 году Закона «Об утверждении основ земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», ограничивающего использование для расширения городов сельскохозяйственных земель, требования в области градостроительства изменились. Современные социально-экономические условия потребовали коренных изменений в градостроительстве, активного использования «бросовых», непригодных и малоценных земель.

© Т. Н. Апатенко, М. В. Губина, 2011

За последние 40 лет свои работы многие специалисты различного научного профиля посвятили обобщению опыта освоения городских территорий со сложными инженерно-геологическими условиями, в частности, со сложным рельефом. Его преобразование в градостроительных целях требует подробных исследований данной темы с разработкой методических материалов, которые облегчили бы работу специалистов – проектировщиков. Парамонов А. В. [1] рассматривал проблемы использования территорий в плане землепользования, решая в основном экономическую составляющую.

Освоение территорий со сложными инженерно-геологическими условиями – актуальная задача; не менее 20 % крупных и больших городов Украины имеют территории неблагоприятные для освоения по показаниям уклонов. По данным Ф. В. Котлова [3], по естественным условиям (сложным рельефам) непригодные земли, в среднем, составляют 10–15 %, а в отдельных городах достигают 35–40 %.

Целью работы является решение проблем применения непригодных территорий, классификация непригодных территорий.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Среди причин, тормозящих процесс вовлечения непригодных территорий в интенсивное градостроительное освоение, следует отметить преобладание сравнения вариантов освоения по затратам на реализацию и выбор самых дешевых из них, в то время как их длительная социально-экономическая эффективность не учитывается. Отсутствие комплексного плана использования указанных городских земель приводит к тому, что вопросы решаются для отдельных локальных участков.

К непригодным землям относятся территории, на которых ведение хозяйственной деятельности затруднено или невозможно в силу естественных причин (болото, горы, косогор). Территории со сложным рельефом имеют преимущества и недостатки для ведения на них градостроительной деятельности (табл.).

Таблица – Преимущества и недостатки использования сложных рельефов

Архитектурное проектирование на склонах. Создание микроклимата	Повышение выразительности застройки	Специфика строительства на склонах	Сложность проведения земляных работ
	Ограничение зданий по длине		Сложность организации труда
	Террасирование (параллельный горизонт)		Ограничение технических возможностей (сложность установки строительных машин и оборудования)
	Каскады (перпендикулярный горизонт)		Сложность проведения строительных работ
	Использование неудобных земель		Более дорогостоящий объект
	Закрепление склонов		

Основные факторы, обуславливающие застройку склонов, разделяются на градостроительные и архитектурные.

Градостроительные: доступность участков строительства, близость коммуникаций, закрепление склонов застройкой, короткие связи с городской застройкой, повышение плотности застройки, использование подземных и полуподземных пространств, ликвидация заброшенных участков, использование резервов городских земель.

Архитектурные: строительство зданий с дополнительными пространственными возможностями, хорошая визуальная ориентация, создание дополнительных композиционных эффектов, создание микроклимата территорий, создание микроклимата, создание живописной застройки, обеспечение видовых панорам, создание камерных пространств застройки зданий.

Одним из примеров использования непригодных территорий, в частности сложного рельефа, является усадьба Лео Кастелли (архитектор Эмилио Амбас США), которая располагается в основном под землей. По замыслу архитектора, усадьба должна олицетворять единение природы и рукотворной среды.

Две больших земляных насыпи формируют выразительные ворота, ведущие в заглубляющееся в землю пространство, защищая усадьбу с улицы и напоминая своей величественностью египетские пирамиды. За пирамидальными насыпями расположен повернутый углом к входу квадратный внутренний двор, заглубленный в землю, куда можно спуститься по ступеням расширяющейся лестницы. Посередине двора размещен полукруглый водоем. Пологий земляной холм, в теле которого

прорезан внутренний двор, скрывает основной объем дома и обрывается с южной стороны извилистой фасадной стеной с полуротондой в центре. Таким образом, усадьба тактично вписывается в ландшафт и является его неотъемлемой частью [4].

В настоящее время интенсивное развитие центральных территорий крупных городов, возросшие экономические и технические возможности способствовали включению так называемых «неудобных» по сложности освоения территорий в сферу градостроительного развития. Это требует новых подходов в управлении и регулировании развитием территорий как единого градостроительного пространства, основанного на динамических показателях. Учет динамики развития позволяет рассматривать неудобные территории, при сохранении их специфических особенностей, в структуре города наравне с другими городскими территориями.

ВЫВОДЫ

Непригодные территории являются невостребованным ресурсом в сфере градостроительства, позволяют формировать градостроительное пространство, создавать объемные композиции архитектурных ансамблей города. Таким образом, непригодные территории оказывают помощь в реализации перспектив развития городов-мегаполисов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парамонов, А. В. Эффективность адаптивно-ландшафтного городского землепользования [Текст] / А. В. Парамонов // Земельный вестник России. – 2004. – № 2. – С. 43–45.
2. Казанов, С. С. Геоэкологическое обеспечение Безопасного освоения городских овражно-балочных территорий [Текст] : автореферат дис. ... кандидат технических наук : спец. 25.00.36 «Геоэкология» / С. С. Казанов. – Нижний Новгород, 2004. – 101 с.
3. Котлов, В. Ф. Анализ и обобщение исторического опыта освоения городских овражно-балочных территорий [Текст] / В. Ф. Котлов // Строительство–2001 : Материалы международной научно-практической конференции / Институт строительных технологий и материалов ; ред. Г. А. Айрапетов. – Ростов-на-Дону : Ростовский гос. строительный ун-т, 2001. – С. 57–68.
4. Карманова, И. С. Землянка наша в три наката [Текст] / И. С. Карманова // БудМайстер. – 2002. – № 14. – С. 32–33.

Получено 13.10.2011

Т. М. АПАТЕНКО, М. В. ГУБИНА
ВИКОРИСТОВУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ З ПОРУШЕНИМ РЕЛЬЄФОМ ДЛЯ
МІСТОБУДІВЕЛЬНИХ ЦІЛЕЙ
Харківська національна академія міського господарства

У статті розглядається містобудівельна значимість проблеми використання територій зі складним рельєфом, систематизовані фактори, які визначають сферу застосування забудови на складному рельєфі.

покинуті території, містобудівельний простір, використання територій, непридатні території

TATYANA APATENKO, MARINA GUBINA
EMPLOYMENT OF DISTURBED TERRAIN AREAS FOR URBAN DEVELOPMENT AIMS
Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The paper considers the urban development value of the problem of employment of disturbed terrain areas. The factors determining the sphere of development on intricate terrain have been systematized.

worthless areas, municipal construction space, employment of areas, areas unsuitable for occupation

Апатенко Тетяна Миколаївна – старший викладач кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: забудова й реконструкція міських територій.

Губіна Марина Володимирівна – кандидат архітектури, доцент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: забудова й реконструкція міських територій

Апатенко Татьяна Николаевна – старший преподаватель кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Губина Марина Владимировна – кандидат архитектуры, доценткафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Tatyana Apatenko – a senior lecturer of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: development and refurbishment of municipal areas

Marina Gubina – PhD (Architecture), an Assistant Professor of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

УДК 728

Е. С. БЕЗЛЮБЧЕНКО, Т. А. ЧЕРНОНОСОВА
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАНСАРДНЫХ ЭТАЖЕЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАСТРОЙКИ

Рассматриваются возможности строительства и использования мансардных этажей в новостройках, при реконструкции существующей застройки в центральной части города, а также в районах пятиэтажной застройки

реконструкция, застройка, мансарда

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время, характеризуемое изменением форм собственности на жилье, остро стоят вопросы реконструкции и эксплуатации существующих зданий, использования помещений общего пользования. Согласно жилищному кодексу Украины все помещения, не являющиеся частями квартир и предназначенные для обслуживания более одной квартиры в данном доме, являются общей долевой собственностью всех собственников жилых квартир в многоквартирном доме. К таким помещениям относятся чердак, подвал, лестницы и межквартирные лестничные площадки, лифты и лифтовые шахты, технические этажи, крыша и земельный участок, на котором располагается данный дом [2].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние годы в Украине все более широкое распространение получает строительство мансардных этажей как в новостройках, так и путем реконструкции старых зданий. В соответствии с этим при наличии технических возможностей у собственников квартир последних этажей существует реальная возможность присоединить часть чердачного помещения к своей квартире, не выходя за габариты здания, оформив в пользование на правах аренды, безвозмездного пользования или передачей в пользование на инвестиционных условиях. Такое решение принимается на общем собрании с согласия всех собственников жилых помещений многоквартирного дома, после чего оформляется разрешение на реконструкцию.

ЦЕЛЬ

Строительство жилых помещений на чердачных этажах эксплуатируемых домов осуществляется в соответствии с государственными и региональными программами [2]. Программа разрабатывается с учетом предложений местных исполнительных и распорядительных органов. Предложения включают в себя перечень жилых домов с указанием их адресов, содержат сведения о форме собственности домов, заказчиках мансардного строительства и возможных источниках финансирования.

Мансардный этаж может занимать всю площадь здания или его часть, но в пределах стен базового здания.

Анализ реконструкции застройки с надстройкой мансардного этажа показывает большую финансовую привлекательность таких решений для инвесторов, строителей, выгоду для жильцов. В настоящее время выбор в пользу мансардных помещений имеет достоинства и недостатки (рис.).

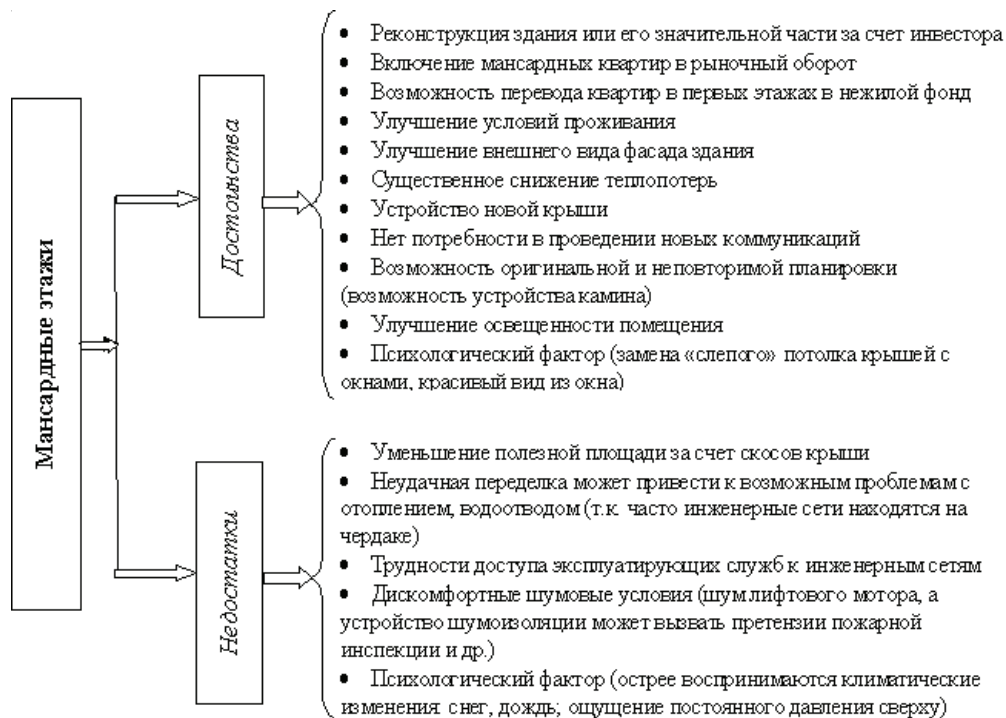


Рисунок – Достоинства и недостатки устройства мансардных этажей.

При устройстве мансард, анализируя сложившиеся градостроительные условия, техническое состояние жилого дома, по согласованию с заказчиком в соответствии с проектом при необходимости могут осуществляться дополнительные работы, связанные с ремонтом или реконструкцией систем водоснабжения, канализации, отопления, электроснабжения и газоснабжения, лестничных клеток; устройством лифтов и мусоропроводов; благоустройством прилегающей к дому территории; строительством автостоянок; перепланировкой жилых помещений.

Функционально-планировочное использование мансардного этажа определяется назначением здания, особенностями структуры здания, планировочным решением нижних помещений. Функционально можно использовать мансардный этаж как «автономную квартиру», офисное помещение, второй уровень квартиры, находящейся на последнем этаже (т. е. как спальную зону) [4].

При устройстве мансарды в существующих зданиях решается комплекс задач, связанных с обеспечением надежной теплозащиты и герметичности, а также с определением оптимальной схемы несущих конструкций, материала ограждающих конструкций. Немаловажное значение в устройстве мансардного этажа имеет определение форм и габаритов помещений, выбор светопрозрачного ограждения (вертикальных и наклонных окон), их размещение с учетом построения интерьера во взаимосвязи с формированием архитектуры.

Все принятые решения должны учитывать возможность взаимодействия создаваемых и существующих инженерных систем, обеспечение нормальной их совместной работы, соблюдение противопожарных требований.

В настоящее время проекты реконструкции существующей застройки связаны с реконструкцией пятиэтажек, прозванных в народе «хрущевками», которые возводились в нашей стране с 1959 по 1985 год. Сейчас, по мнению специалистов, эти здания наиболее проблемные участки жилищно-коммунального хозяйства. Из-за нарушенной гидроизоляции кровли, оседания (из-за отсутствия фиксации) утеплителей в трехслойных стеновых панелях через стены, окна и чердаки уходит в три раза больше тепла, чем из современных зданий; из-за неисправностей инженерных коммуникаций разрушаются фундаменты, а также это квартиры с низкими потолками, неудобной планировкой, примитивными удобствами.

Проблема реконструкции застройки первых массовых серий актуальна для Украины и почти для всех европейских стран. Особого внимания заслуживают проекты модернизации жилых домов с

надстройкой мансарды с использованием передовых зарубежных технологий и материалов, осуществленные в Германии, Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и др. крупных городах России, в Белоруссии, Украине (Киеве, Харькове) [5].

Предлагаемые решения реконструкции пятиэтажек зависят от конструкций, возраста и износа зданий. Физический износ таких зданий колеблется от 25 до 40 %, моральный износ их значительно выше. Проектные решения могут предполагать минимодернизацию, декоративно-теплозащитную отделку фасадов, расширение балконов и лоджий, смену оконных и дверных блоков и минимальную перепланировку квартир, которая может быть выполнена без отселения жителей, а также надстройку пятиэтажных домов до 9–10 этажей, расширение лоджий и возведение пристроек, что не может быть осуществлено без расселения жильцов. В таких домах появятся лифты и мусоропроводы, жильцы первых этажей, если дома находятся в центре квартала, могут получить небольшие земельные участки с индивидуальным выходом в палисадники непосредственно из квартир, в первых этажах зданий, выходящих на магистральные улицы, предполагается разместить учреждения соцкультбыта (магазины, офисы и др.) [3].

Первый пилотный проект реконструкции пятиэтажки был успешно внедрен в Харькове по пр. Маршала Жукова, 21. Заказчиком на проектирование, выполнение работ выступило управление по строительству, ремонту и реконструкции города, генеральным подрядчиком — АО «Жилстрой-1». Данный проект предусматривал усиление основания и фундаментов, частичную замену инженерных сетей (водопровода, канализации, тепло- и электроснабжения, телефонных линий), всех сантехнических систем с установкой счетчиков учета (тепла, горячего и холодного водоснабжения), реконструкцию входов в здание с пристройкой помещений хозяйственно-бытового назначения, устройство лоджий первого этажа, остекление существующих балконов, утепление наружных стен дома, реконструкцию фасада, надстройку шестого (мансардного) этажа с размещением 12 комфортных квартир. Надстройка выполнена из легких ограждающих конструкций со стальным каркасом и перекрытиями из мелкогазобетонных плит по металлическим балкам. Строители проводили монтаж не мелкогазобетонными, а целыми блоками, что значительно ускорило и упростило работы. Реконструкция проводилась без отселения жильцов, что не предусматривало создание фонда для отселения, строительства нового жилья, вследствие чего проект получился намного дешевле и экономичнее.

Технико-экономическая и социальная эффективность такой реконструкции отразилась в увеличении общей жилой площади за счет мансардного этажа, уменьшении энергозатрат на содержание жилого фонда почти на треть, а также, что немаловажно, в экономии дефицитных городских территорий. К тому же надстройка мансард на 30 процентов дешевле, чем новое строительство, т. к. используются существующие фундаменты, наружные стены, инженерная инфраструктура, подъезды, дороги. По заключению специалистов, прочность такого модернизированного дома рассчитана на 100 лет [1].

ВЫВОДЫ

Имея внушительный список преимуществ как в эстетическом, практическом, так и в экономическом аспекте мансардное строительство имеет право на существование и развитие. Также следует отметить, что разработки в этой области строительной индустрии дают очевидные технологические преимущества и оригинальность архитектурного облика здания. Если учесть огромное количество пустующих чердачных помещений, нехватку свободной земли под застройку в крупных городах, то это одна из реальных возможностей получения дополнительной площади в центральной части города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазница, Антонина. Хрущевки: Реконструкция без отселения [Электронный ресурс] / Антонина Мазница // Зеркало недели. – 1999. – 2 октября (№ 39). – Режим доступа : http://zn.ua/ECONOMICS/hrushevki_rekonstruktsiya_bez_otseleniya-17768.html.
2. Житловий кодекс Української РСР [Текст] : Кодекс України. Закон. Кодекс від 30.06.1983 № 5464-Х : [вводиться в дію Постановою ВР № 5465-Х від 30.06.83] // Відомості Верховної Ради. – 1983. – Додаток до № 28. – Ст. 573.
3. Колычева, И. Хрущевки грозят социальным взрывом, если допустить их превращение в «гетто» для неимущих [Текст] / И. Колычева // Янус Нерухомисть. – 2002. – № 13. – С. 16–17.

4. Кочергин С. Крыши и мансарды [Текст] / С. Кочергин. – Москва : СтройИнформ, 2002. – 320 с.
5. Программа реконструкции жилых домов первых массовых серий [Электронный ресурс] : [утв. постановлением Кабинета Министров Украины № 820 от 14 мая в 1999 г.]. – Режим доступа : http://iveorg.ru/14_05_99.php.

Получено 07.10.2011

О. С. БЕЗЛЮБЧЕНКО, Т. О. ЧЕРНОНОСОВА
ВИКОРИСТАННЯ МАНСАРДНИХ ПОВЕРХІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІІ ЗАБУ-
ДОВИ

Харківська національна академія міського господарства

Розглядаються можливості будівництва та використання мансардних поверхів у новобудовах, при реконструкції існуючої забудови в центральній частині міста, а також в районах п'ятиповерхової забудови.

реконструкція, забудова, мансарда

ELENA BEZLJUBCHENKO, TATYANA CHERNONOSOVA
APPLICATION OF MANSARDS FOR DEVELOPMENT REFURBISHMENT
Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The construction opportunities and application of mansards at erection of new blocks of flats, at existing development refurbishment in downtown and in five-storey building neighbourhood have been considered.

refurbishment, development, mansard

Безлюбченко Олена Степанівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: реконструкція й благоустрій міських територій.

Черноносова Тетяна Олександрівна – старший викладач кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: реконструкція й благоустрій міських територій.

Безлюбченко Елена Степановна – кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: реконструкция и благоустройство городских территорий.

Черноносова Татьяна Александровна – старший преподаватель кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: реконструкция и благоустройство городских территорий.

Elena Bezljubchenko – PhD (Engineering), an Assistant Professor of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: refurbishment and rehabilitation of municipal areas.

Tatyana Chernonosova – a senior lecturer of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: refurbishment and rehabilitation of municipal areas.

УДК 656.135.073

В. К. ДОЛЯ, И. Э. ЛИННИК, Я. В. САНЬКО

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМЫ «ВОДИТЕЛЬ – ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО – ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ – СРЕДА»

В статье рассматривается возможность прогнозирования эволюции системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда», находящейся в замкнутом и разомкнутом состоянии.

прогнозирование, эволюция, замкнутая система, разомкнутая система

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Система «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда» (ВТсрТсС) образуется как результат самовоспроизведения класса систем «человек – машина – среда» (ЧМС). Фундаментальными свойствами тип-компонентов системы ЧМС являются:

- 1) спонтанная активность человека;
- 2) динамичность машины;
- 3) изменчивость среды.

Свойство спонтанной активности человека определяется тем, что «даже при постоянных внешних условиях и при отсутствии внешних стимулов организм представляет собой не пассивную, а существенно активную систему» [1]. Спонтанная активность связана с рассогласованием скоростей изменения состояния человека-потребителя и человека-специалиста.

Свойство динамичности машины проявляется в способности выполнять работу за счет внутреннего источника энергии. Динамические или тяговые свойства автомобиля достаточно полно освещены в работах Е. А. Чудакова [2].

Изменчивость среды проявляется в способности сигнализировать изменение собственного состояния при помощи носителей информации различной физической природы.

ЦЕЛЬ

Поскольку система ВТсрТсС может рассматриваться в качестве подкласса в классе систем ЧМС, постольку перечисленные свойства являются фундаментальными и для системы ВТсрТсС.

Как известно, любая система может находиться в замкнутом и разомкнутом состоянии [3, 4].

Продолжительность эволюции системы ВТсрТсС в разомкнутом состоянии может быть определена по формуле

$$t_k = \frac{G_{opt} Q_{тq}^0 - H_{тq}^0}{4V_B}, \quad (1)$$

где $Q_{тq}^0$ – начальное значение абсолютной организации подсистемы «человек (потребитель) – водитель»;
 $H_{тq}^0$ – начальное значение текущей энтропии подсистемы «человек (потребитель) – водитель»;
 G_{opt} – оптимальное значение коэффициента стохастичности;
 V_B – скорость изменения состояния водителя.

Продолжительность эволюции системы ВТсрТсС в замкнутом состоянии может быть определена по формуле

$$t_k = \frac{\arctg \frac{2V_{с0} - V_{с0} - A}{B - \dot{V}_{с0} + \dot{V}_{с0}/2}}{\beta}, \quad (2)$$

где $A = a - \beta \frac{b + a\beta}{1 + \beta^2}$;

$$B = \frac{b + a\beta}{1 + \beta^2},$$

$$a = 0,5V_{в0} - 0,5V_{Тс0} + V_{Тср0} - V_{с0};$$

$$b = \left(0,5 \frac{\dot{V}_{в0} + \alpha V_{в0}}{\beta} - 0,5 \frac{\dot{V}_{Тс0} + \alpha V_{Тс0}}{\beta} + \frac{\dot{V}_{Тср0} + \alpha V_{Тср0}}{\beta} - \frac{\dot{V}_{с0} + \alpha V_{с0}}{\beta} \right),$$

$V_{в0}, V_{Тс0}, V_{Тср0}, V_{с0}$ – начальные скорости изменения состояния человека, среды потребления, автомобиля и среды движения соответственно;

$\dot{V}_{в0}, \dot{V}_{Тс0}, \dot{V}_{Тср0}, \dot{V}_{с0}$ – начальные ускорения изменения состояния человека, среды потребления, автомобиля и среды движения соответственно.

В ориентировочных расчетах можно допустить, что $\alpha = \beta = 0,5$.

При переходе эволюции системы с этапа на этап в период формирования детерминизма продолжительность пребывания системы в разомкнутом или замкнутом состояниях убывает в соответствии с формулой

$$T_n = T_1 0,5^{n-1}, \quad (3)$$

где T_1, T_n – лаги состояния на первом и последующих этапах эволюции;
 n – номер этапа эволюции.

Продолжительность лидирования тип-компонента системы в разомкнутом состоянии оценивается по формуле

$$T_{лн} = \frac{T_n}{2}. \quad (4)$$

Учитывая все вышеизложенное, для прогноза сроков формирования тех или иных свойств тип-компонентов системы достаточно установить лаг состояния на первом этапе эволюции системы. Затем, используя формулы (3) и (4), нетрудно установить сроки формирования последующих свойств.

В качестве примера можно привести прогноз объемов перевозок пассажиров трамваем в г. Харькове в разные периоды существования системы (табл.).

Таблица – Прогноз начальных и конечных значений объемов перевозок пассажиров трамваем в г. Харькове в разные периоды существования системы

Состояние системы	Период существования, годы	Коэффициент прироста	Начальный объем перевозок, млн. пас	Конечный объем перевозок, млн. пас
разомкнутое	2008–2016 гг.	0,986	116,2	114,6
замкнутое	2016 г. – I кв. 2018 г.	0,868	114,6	99,5
разомкнутое	I кв. 2018 г. – I кв. 2034 г.	0,957	99,5	95,2

ВЫВОДЫ

Прогноз объемов перевозок пассажиров трамваем в г. Харькове до 2034 г. представлен на рис. 1. Таким же образом можно прогнозировать эволюцию любых систем разной степени сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эшби, У. Р. Конструкция мозга [Текст] / У. Р. Эшби; [пер. с англ.]. – Москва : Иностр. Литер., 1962. – 398 с.
2. Чудаков, Е. А. Теория автомобиля [Текст] / Е. А. Чудаков. – М. : Машгиз, 1950. – 156 с.
3. Лефгрен, Л. Самовосстановление как предел для автоматической коррекции ошибок [Текст] / Л. Лефгрен // Принципы самоорганизации : Пер. с англ. / А. Рапопорт, Ст. Бир, У. Маккаллоу [и др.]. – М. : Мир, 1966. – С. 226–283.

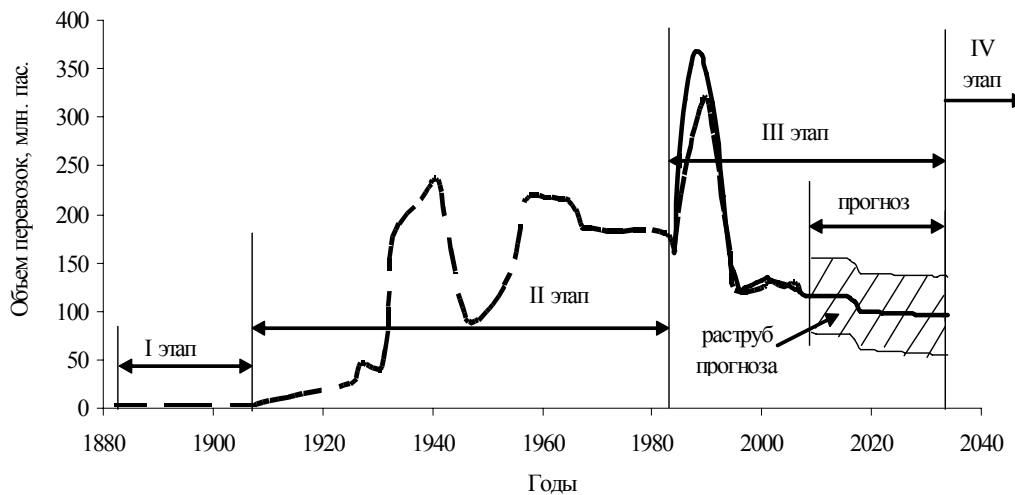


Рисунок – прогноз ооъемов перевозок пассажиров трамваем в г. харькове до 2034 года:

————— – теоретические значения объемов перевозок; — — — — — фактические значения объемов перевозок.

4. Основи теорії систем і управління [Текст] / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля [и др.]. – К. : Знання України, 2005. – 344 с. – (Системологія на транспорті. Підручник : у 5 кн. / Під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка ; кн. 1).

Получено 13.09.2011

В. К. ДОЛЯ, И. Е. ЛИННИК, Я.В. САНЬКО
ПРОГНОЗУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЇ СИСТЕМИ «ВОДІЙ – ТРАНСПОРТНИЙ
ПРИЛАД – ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА – СЕРЕДОВИЩЕ»
Харківська національна академія міського господарства

У статті розглядається можливість прогнозування еволюції системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище», що перебуває в замкнутому й розімкнутому станах.
прогнозування, еволюція, замкнута система, розімкнута система

VIKTOR DOLYA, IRINA LINNIK, YAROSLAV SANKO
FORECASTING OF SYSTEM EVOLUTION: «DRIVER – VEHICLE – TRAN-
SPORT NETWORK – ENVIRONMENT»
Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The article deals with the forecasting opportunity of system evolution: a driver – a vehicle – a transport network – environment existing in the closed-loop and open state.
forecasting, evolution, closed-loop system, open system

Доля Віктор Костянтинович – доктор технічних наук, професор кафедри транспортних систем і логістики Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: проблеми дослідження транспортних систем, логістики.

Линник Ірина Едуардівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: проблеми дослідження транспортних систем, екологія.

Санько Ярослав Володимирович – асистент кафедри транспортних систем і логістики Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: проблеми дослідження транспортних систем, логістики.

Доля Виктор Константинович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортных систем и логистики Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: проблемы исследования транспортных систем, логистики.

Линник Ирина Эдуардовна – кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: проблемы исследования транспортных систем, экология.

Санько Ярослав Владимирович – ассистент кафедры транспортных систем и логистики Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: проблемы исследования транспортных систем, логистики.

Viktor Dolya – DSc (Engineering), a Professor of the Transport Systems and Logistics Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: problems of study of transport systems and logistics.

Irina Linnik – PhD (Engineering), the senior lecturer, an Assistant Professor of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: problems of transport systems study, ecology.

Yaroslav Sanko – PhD (Engineering), a teaching fellow of the Transport Systems and Logistics Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: problems of study of transport systems and logistics.

УДК 69. 056

С. М. ГОРДІЄНКО, І. І. РОМАНЕНКО

Харківська національна академія міського господарства

ОСНОВНІ МОЖЛИВОСТІ ВИХОДУ З КРИЗИ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Розглядається проблема відновлення обсягів житлового будівництва за рахунок застосування каркасних систем. Пропонується поширити використання індустріалізованих будівельних систем, що дасть можливість істотно зменшити собівартість житла в Україні.

житлове будівництво; інвестиції, міжвидовий каркас

ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Перед будівельною галуззю України сьогодні як ніколи гостро постає проблема відновлення обсягів житлового будівництва. Різні прогнози оптимістів і песимістів, по суті, зводяться до одного: галузь просто необхідно привести в стан повноцінної життєдіяльності. Адже, за твердженням аналітиків, саме будівництво є локомотивом економіки і показником благополуччя в країні.

Метою даної статі є визначення найбільш ефективних заходів по виходу з кризи житлового будівництва з урахуванням ситуації, що склалася в економіці України на початку 2011 року.

Очевидно, що розв'язання цієї проблеми обумовлене цілим рядом інших проблем, серед яких найбільш визнаними можна вважати [1]:

- залучення інвестицій в будівельний сектор;
- вдосконалення механізмів фінансування будівництва;
- інституціональні перетворення в інвестиційно-будівельному комплексі;
- розробка раціональної земельної політики на місцевому та державному рівні;
- спрощення дозвільно-узгоджувальної системи;
- кадрове та інформаційне забезпечення.

Але за пошуком шляхів вирішення кожної з означених проблем не важко прогледіти той факт, що, окрім організаційних та інвестиційних негараздів, в країні спостерігається зависока вартість житла при безумовному падінні добробуту населення. Тобто можливість виходу з кризи житлового будівництва безпосередньо залежить від класичної зв'язки «Попит – Пропозиція».

Отже, якщо виділення коштів на будівництво не має сенсу без співвіднесення рівня доходів і вартості житла, головними заходами мають бути:

- 1) цільове стимулювання інвестора;
- 2) прозорий, надійний і відповідальний механізм взаємодії будівельників і інвесторів;
- 3) зниження собівартості будівництва.

На перший погляд, найбільш доцільним заходом є відновлення механізму цільового виділення коштів з бюджетів різних рівнів та залучення банківської системи до активного кредитування населення. Але суттєвий аналіз робить очевидним те, що на перешкоді цих заходів буде стояти постійний дефіцит бюджетних ресурсів, традиційно низька ефективність їх використання і саме низька платіжна спроможність громадян [2, 3]. За таких умов державне стимулювання окремих забудовників взагалі втрачає сенс (навіщо виробляти продукцію, на яку немає покупця?).

З іншого боку, оскільки тільки за даними держкомстату 1,2 млн. українців стоять у черзі на житло, що з урахуванням дієвої середньої вартості ізольованої квартири потребує залучення близько 60 млрд.

© С. М. Гордієнко, І. І. Романенко, 2011

доларів інвестицій (майже два річних бюджети країни), наша держава навіть в далекій перспективі не має реальних можливостей повноцінної реалізації подібних програм.

Відзначимо, що навіть щорічне виділення 2 млрд. доларів з бюджетних коштів не дає змоги раніше ніж за 30 років вирішити житлову проблему в Україні. Разом з тим, вже 50 % зниження собівартості й відповідної вартості житла дозволяє вдвічі зменшити довжину черги або загальний обсяг інвестицій. Слід також відмітити, що аналогічного ефекту можливо досягти також за рахунок зростання платоспроможного попиту, більш раціональної митної політики, певних податкових пільг, які зобов'язують збільшення внутрішніх та зовнішніх інвестицій.

ВИСНОВКИ

Таким чином, оскільки зниження собівартості будівництва сьогодні набуває особливої актуальності, більше уваги протребують індустріалізовані будівельні системи (ІБС) [4], які:

- відрізняються значно більшою різноманітністю ніж типові проекти кінця 90-х років та індивідуальні житлові будівлі, що зводяться нині;
- дозволяють отримати варіанти каркасних ІБС, що відповідають сучасним вимогам до собівартості житлових будівель;
- складуть гідну конкуренцію монолітному будівництву і дозволять вести будівництво у більш стислі строки без втрати якісних показників;
- можливо вести на базі відомих каркасних систем, в т.ч. і міжвидового каркаса типової серії 1.020–1/87.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Паліга, Н. Б. Механізми реалізації антикризової політики держави в будівельній галузі [Текст] : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук : спец. 08.00.03 «Економіка та управління національним господарством» / Паліга Н. Б. – Запоріжжя, 2009. – 198 с.
2. Статистичний щорічник України за 1999 рік [Текст] = Statistical Yearbook of Ukraine for 1999 / За ред. О. Г. Осауленка; Відп. за вип. В. А. Головка ; Держ. ком. статистики України. – К. : Техніка, 2000. – 648 с. – Передм., поясн., зміст укр. та англ. мовами. – ISBN 966–575–138–7.
3. Статистичний щорічник України за 2002 рік [Текст] = Statistical Yearbook of Ukraine for 2002 / За ред. О. Г. Осауленка; Відп. за вип. В. А. Головка ; Держ. ком. статистики України. – К. : Консультант, 2003. – 644 с. – Передм., зміст укр. та англ. мовами; методол. поясн. англ. мовою. – ISBN 966–8459–02–4.
4. Романенко, І. І. Індекс маси будівлі, як аргумент застосування міжвидового каркаса у житловому будівництві [Текст] / І. І. Романенко, С. М. Гордієнко // Комунальное хозяйство городов : Науч.-техн. сб. Серия: Технические науки и архитектура. – К. : Техніка, 2009. – Вып. 90. – С. 134–139.

Отримано 07.09.2011

С. Н. ГОРДИЕНКО, И. И. РОМАНЕНКО ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Рассматривается проблема восстановления объемов жилищного строительства за счет использования каркасных систем. Предлагается расширить применение индустриализованных строительных систем, которое даст возможность снизить себестоимость жилья в Украине.

жилищное строительство, инвестиции, межвидовой каркас

SERGIY GORDIENKO, IGOR ROMANENKO PRINCIPLE CHANCES OF RECOVERY FROM RECESSION OF HOUSING CONSTRUCTION

Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The paper deals with the problem of restoration of housing construction contents by means of framed systems employment. The application of the industrialized structural system giving a chance to decrease dwelling cost in Ukraine has been recommended to enlarge.

housing construction, investments, interspecific frame

Гордієнко Сергій Миколайович – старший викладач кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: житлове будівництво, інвестиції, міжвидовий каркас.

Романенко Ігор Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: житлове будівництво, інвестиції, міжвидовий каркас.

Гордиенко Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: жилищное строительство, инвестиции, межвидовой каркас.

Романенко Игорь Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: жилищное строительство, инвестиции, межвидовой каркас.

Sergiy Gordienko – a senior lecturer of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: housing construction, investments, the interspecific frame, municipal transport, municipal streets and roads.

Igor Romanenko – DSc (Engineering), a Professor of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: housing construction, investments, interspecific frame.

УДК 656.072.132

І. А. ЗВАРИЧ

Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОК МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У МІСТАХ

Розглянуті особливості розташування зупинок наземного міського пасажирського транспорту на вулично-дорожній мережі найкрупнішого міста. Дані рекомендації щодо удосконалення їх розміщення відносно перехресть

міський пасажирський транспорт, зупинка, розташування

ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Зупинки – це одна із складових системи міського пасажирського транспорту, які є невід’ємним її атрибутом та в першу чергу впливають на пропускну здатність наземних ліній.

МЕТА

Розташування зупинок наземного міського пасажирського транспорту на вулично-дорожній мережі (ВДМ) регулюється державними будівельними нормами і правилами та характеризується трьома показниками:

- відстань між зупинками;
- характер розташування зупинок відносно перехрестя;
- пішохідна доступність зупинки.

Дослідження розташування зупинок на ВДМ центральної частини м. Києва показало, що відносно нерегульованих та регульованих перехресть можна виділити наступні варіанти (рис. 1):

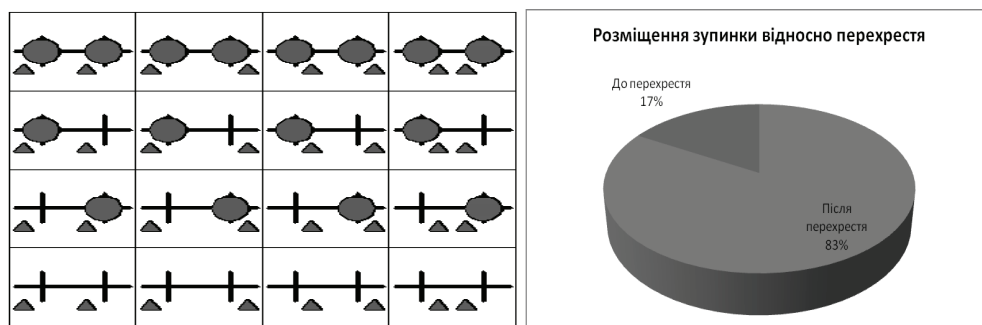


Рисунок 1 – Основні варіанти розміщення зупинок відносно регульованих та нерегульованих перехресть, де \triangle – це зупинки міського пасажирського транспорту; \bigcirc – регульоване перехрестя; \perp – нерегульоване перехрестя.

Характер розташування зупинок, тролейбусів та автобусів, відносно перехрестя здебільшого відповідає вимогам нормативів. 83 % зупинок знаходиться після перехрестя вулиць [1, 2, 3].

При цьому середня відстань між зупинками становить 408,3 м (рис. 2), що знаходиться близько нижньої межі за нормативними вимогами.

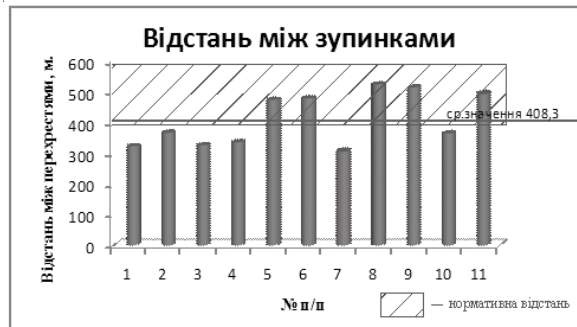


Рисунок 2 – Відстань між зупинками на вулично-дорожній мережі найкрупнішого міста.

У цьому виконанні пішохідна доступність зупинок (рис. 3) не перевищує нормативних вимог у 500 м та в середньому становить 200 м, що вказує на підвищену щільність зупинок на ВДМ центра міста.



Рисунок 3 – Пішохідна доступність зупинок.

В сучасному місті у зв'язку з постійним зростанням інтенсивності руху транспорту збільшується кількість перетинів у вигляді саморегульованих кільцевих перехресть та розв'язок в кількох рівнях. Дослідження показали, що існуючі нормативи не завжди працюють для таких типів перехресть. Виявилось, що для саморегульованих кільцевих перехресть:

1. Відстань між зупинками в середньому складає 321,5 м (рис. 4), що не відповідає вимогам нормативів (відстань між зупинками на магістралях міста 400–600 м).

2. Характер розміщення зупинок відносно таких перехресть (рис. 5) змінюється у бік порушень нормативних вимог, маючи дещо хаотичний характер.

3. Пішохідна доступність зупинок (рис. 6) задовольняє нормативні вимоги [4, 5] і становить в середньому класичні 511,3 м.

4. Дослідження показників в зоні перетинів в двох рівнях показало, що відстань між зупинками (рис. 7) у середньому складає 438,34 м та має тяжіння до нижньої межі за нормативними показниками.

5. Розташування зупинок на магістралях відносно розв'язок в двох рівнях (рис. 8) в більшості випадків співпадає із виходами з підземних переходів та концентрується під шляхопроводами в порушення правил дорожнього руху.



Рисунок 4 – Відстань між зупинками.

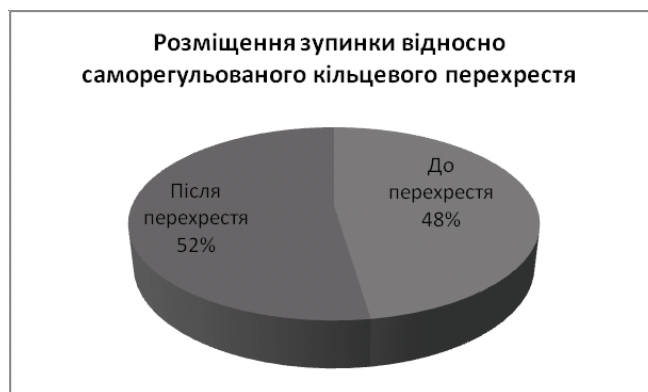


Рисунок 5 – Розміщення зупинок відносно саморегульованого кільцевого перехрестя.

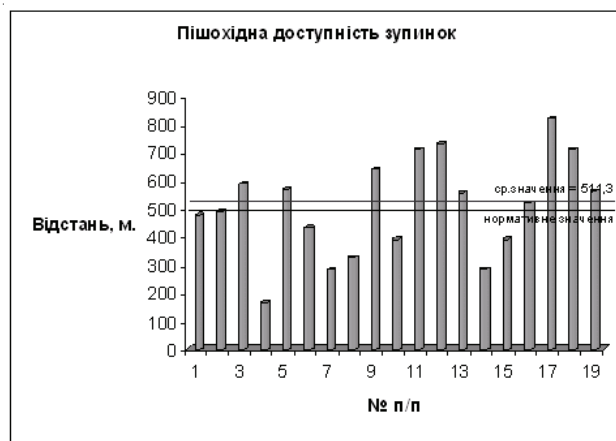


Рисунок 6 – Пішохідна доступність зупинок.

6. Пішохідна доступність до зупинок (рис. 9) для таких перехресть в середньому складає 509,7 м, що беззаперечно вписується у нормативні вимоги.

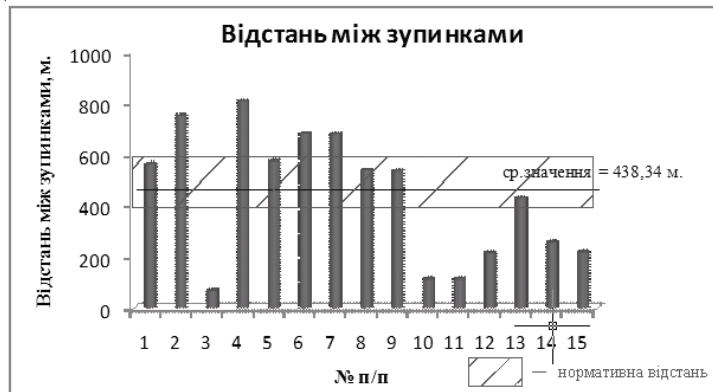


Рисунок 7 – Відстань між зупинками.

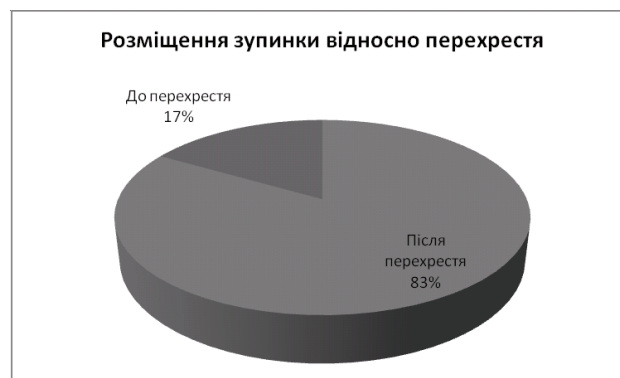


Рисунок 8 – Розміщення зупинок відносно перехрестя.

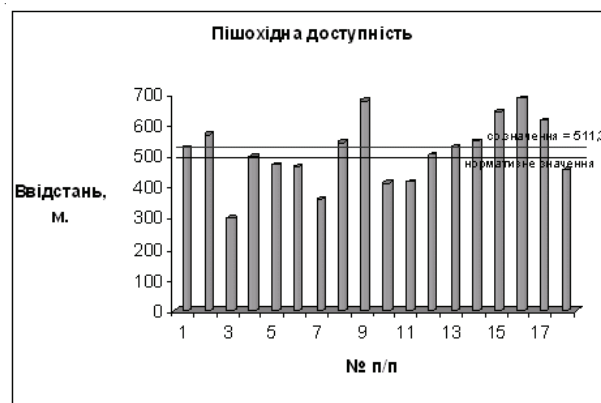


Рисунок 9 – Пішохідна доступність зупинок в зоні перетинів в двох рівнях

ВИСНОВОК

Дослідження зупинок міського пасажирського транспорту за показниками відстані між ними, характером розташування відносно різних типів перехресть та пішохідної доступності показали, що для саморегульованих кільцевих перехресть та розв'язок в двох рівнях потрібно провести не тільки детальне дослідження, але і внести поправки до існуючих нормативів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст] : ДБН 360–92**. – [Чинний від 19.03.2002 г.]. – К. : Укрархбудінформ, 1993. – 107 с. – (Державні будівельні норми).
2. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів [Текст] : ДБН В.2.3–5–2001. – [Чинний від 01.10.2001]. – К. : Держбуд України, 2001. – (Державні будівельні норми України).
3. Правила розміщення та обладнання зупинок міського електро та автомобільного транспорту [Електронний ресурс] : [Затверджено Наказом Державного комітету України по житлово-комунальному господарству від 15.05.95 р. № 21]. – Режим доступа : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/law2/main.cgi?nreg=z0160-95&chk=4/UMfPEGznhhUF8.ZiePnC3XHI4Fos80msh8Ie6>.
4. Внешний транспорт в планировке городов и пригородных зон [Текст] : межведомств. республ. науч.-технич. сб. / Б. В. Дзбановский, В. И. Зарицкий, А. Д. Иванова [и др.] ; Под общ. ред. И. И. Наймарк, В. М. Орехов. – К. : Будівельник, 1970. – 195 с.
5. Городской транспорт [Текст] : межведомств. республ. науч.-технич. сб. / Д. И. Богород, Б. В. Дзбановский, В. И. Зарицкий [и др.] ; Под общ. ред. Н. Ф. Рыбачук. – К. : Будівельник, 1967. – 182 с.

Отримано 03.10.2011

И. А. ЗВАРЫЧ

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Рассмотрены особенности расположения остановок наземного городского пассажирского транспорта на улично-дорожной сети крупнейшего города. Даны рекомендации по улучшению их размещения относительно пересечений улиц.

городской пассажирский транспорт, остановка, расположение

IGOR ZVARYCH

FEATURES OF STOPS DISPOSITION OF MUNICIPAL PASSENGER TRANSPORT

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The features of municipal land passenger transport stops disposition of megalopolis road networks have been considered in the paper. The recommendations on the improvement of their disposition with respect to road intersection have been provided.

municipal passenger transport, stop, disposition

Зварич Ігор Анатолійович – аспірант кафедри міського будівництва Київського національного університету будівництва та архітектури (КНУБА). Наукові інтереси: містобудування та архітектура, міський пасажирський транспорт з вивченням перспективних напрямків його розвитку, існуючих проблем його функціонування в місті та чинників, які впливають на якість обслуговування населення. Оцінка та вивчення дієвої нормативної документації в сфері міського пасажирського транспорту з визначенням існуючих недоліків.

Зварыч Игорь Анатольевич – аспирант кафедры городского строительства Киевского национального университета строительства и архитектуры (КНУБА). Научные интересы: градостроительство и архитектура, городской пассажирский транспорт с изучением перспективных направлений его развития, существующих проблем его функционирования в городе и факторов, влияющих на качество обслуживания населения. Оценка и изучение действующей нормативной документации в сфере городского пассажирского транспорта с определением существующих недостатков.

Igor Zvarych – a postgraduate of the Municipal Construction Department of the Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (KNUCEA). Research interests: urban development and architecture, municipal passenger transport with the study of promising trends of its development, existing problems of its functioning in a city and the factors impacting on the quality of the public service; evaluation and study of ruling standard documentation in the sphere of the municipal passenger transport by determination of existing deficiencies.

УДК 681.5

К. В. НЕСПАЙ

Луцький національний технічний університет

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ДОСТУПНОГО ЖИТЛА

У статті наведено схему планування доступного житла, описано основні вимоги до нього, результати досліджень ставлення людей до будівництва типових будинків, наведено приклади житла економ-класу Іспанії, США, Франції.

доступне житло, здешевлення житла, «хрущовки», житло економ-класу, політика енергоефективності, принципи проектування «економок»

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні існує колосальна проблема недостатньої кількості житла для населення. Особливо в цьому переконуються громадяни середнього і нижче середнього класу, оскільки не мають можливості придбати квартири за нинішніми цінами. Для вирішення цього питання у Міністерстві регіонального розвитку та будівництва України завершено розробку проекту закону «Про забезпечення громадян доступним житлом». Він визначає загальні правові, організаційні та економічні засади забезпечення громадян доступним житлом. Наразі в черзі на житло перебуває 1,3 млн сімей в Україні, з них 400 тис. претендують на соціальне житло, решта – потенційні претенденти на доступне житло.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кожен із нас може сам обирати спосіб забезпечення житлом: або побудувати власне, або орендувати, а можна претендувати на доступне чи так зване соціальне житло. Як пояснюють фахівці, соціальне житло розраховане на найбільш незаможні верстви населення. Зведення соціального житла фінансують із міського або державного бюджету. Воно є власністю міста, його безоплатно надають найбіднішим прошаркам населення. При цьому таке житло не може бути приватизоване, продане або здане в оренду, передане у спадок. Соціальне житло розраховане на забезпечення певного санітарно-гігієнічного мінімуму проживання, а за рівнем комфорту поступається доступному житлу. У документах Кабміну площа доступного житла становить 20 м² (рис.), соціального – 14 м². Головна вимога до соціального житла – воно повинне бути максимально дешевим. Здешевлення відбувається завдяки вибору оптимального способу будівництва та зменшення метражу. Можливий варіант, коли людина, котра отримала соціальне житло, поліпшила своє матеріальне становище і може взяти кредит для придбання кращого помешкання. Як зазначається в законопроекті, розробленому Мінрегіонбудом, доступне житло створюється шляхом нового будівництва, розширення, реконструкції, капітального ремонту житла, переобладнання нежитлових будівель у житлові, у тому числі на пайових засадах, а також придбання житла. При цьому вважають, що третину його вартості має сплатити держава. Це можливо лише, якщо місто безкоштовно надасть земельну ділянку, підведе інженерні мережі. Доступне житло використовується лише за призначенням відповідно до правил користування приміщеннями житлових будинків. Протягом п'яти років забороняється здавати його в оренду. У разі відчуження доступного житла раніше п'ятирічного терміну громадянин зобов'язаний повернути державі надані йому кошти як допомога на будівництво цього житла, – зазначається в законопроекті «Про забезпечення громадян доступним житлом» [1, 2, 3].

Не секрет, що найбільшим попитом у нашій країні користується житло економного класу. І не дивно, адже в основній масі людей просто не вистачає грошей на придбання або оренду більш якісної

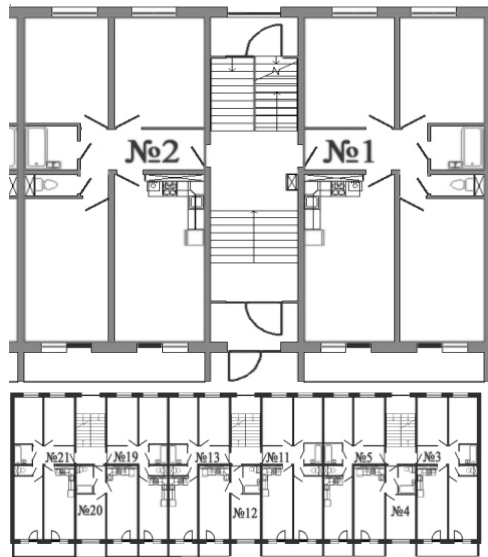


Рисунок 1 – Планування доступного житла.

житлоплощі. А з нашими цінами на житлову нерухомість, навіть про власні апартаменти економного рівня багатьом доводиться тільки мріяти. У Мінрегіонбуді уважно вивчається питання здешевлення будівництва житла. Досвід підказує, що його вартість можна зменшити завдяки широкому використанню місцевих будівельних матеріалів, які в багатьох випадках не поступаються якістю імпортним аналогам, але водночас значно дешевші в порівнянні з ними. На мою думку, це одне з найважливіших джерел здешевлення, тому що у вартості житла будматеріали займають понад 50 %. Мінрегіонбуд має намір підготувати перелік будівельних матеріалів, що завозяться в Україну з-за кордону і яких потребують будівельники для того, щоб Мінфін міг створити умови для будівництва заводів, які вироблятимуть їх вітчизняні аналоги. Це сприятиме зменшенню вартості будівництва житла. На вартість будівництва впливає тривалість будівельно-монтажних робіт. Як правило, чим довше споруджується будинок, тим дорожчими стають його квадратні метри. Нові технології будівництва дозволяють побудувати малоповерхові 2–4-квартирні будинки за три місяці, при цьому багатоповерхівки будуються від 8 до 12 місяців.

Важливо також внести відповідні зміни чи здійснити уточнення генеральних планів міст із визначенням земельних ділянок, які будуть відведені під будівництво доступного житла. Має бути змінена нормативна база для зменшення навантаження на забудовника. Це все робиться з метою здешевлення житла. Надання безкоштовних ділянок землі на 5–7 % здешевить квадратні метри доступного житла. До додаткових витрат, що збільшують вартість будівництва, відносять сплату пайової участі на розвиток інфраструктури міста, будівництво комунальних мереж, відрахування коштів на будівництво об'єктів соціальної сфери та ряд інших відрахувань. Як стверджують представники будівельних компаній, додаткове навантаження на вартість будівництва житла іноді сягає до 40 % його вартості.

Економія за рахунок використання типових проектів дасть можливість здешевити будівництво на 1,7–1,8 %. Термін експлуатації – як і у «хрущовок Y» – до 50 років. На розробку проекту знадобиться 3–4 місяці, важливим є і те, що влада має виділити землю та забезпечити комунікації. Щоб максимально здешевити соціальне житло, будинки до чотирьох поверхів слід зводити без ліфтів. Потрібно також розширити палітру проектування на користь галерейних будинків, зараз найпопулярніших на Заході. Зручні вони й з огляду на правила пожежної безпеки. Оброблення і фасад будівель – не головне. Головне – типовість проектування, використання вітчизняних будівельних матеріалів і економичність споруди.

Вартість квадратного метра доступного житла буде відрізнятися за територіальним принципом. Будівництво «економок» потрібно проводити в передмістях. Пріоритетом є регіони, де будівельні роботи і земля набагато дешевше від міста. Рано чи пізно будь-яке місто почне розширювати свої межі, оскільки території для забудови в центрі буде недостатньо для того, щоб забезпечити житлом

усіх бажаючих. У ряді досліджень була наведена модельована ситуація, в якій населенню пропонували вирішити, чи зацікавить їх придбання квартири в новому відокремленому районі, звідки потрібно добиратися транспортом, з нерозвинутою інфраструктурою чи ні. В результаті для 60 % людей подібна пропозиція була б цікавою, тим більше що в новому районі ціни на житло нижчі, а інфраструктура через декілька років проявиться. В той же час 40 % жителів міста категорично не згодні і відмовилися б куди-небудь переїжджати із заселених центральних районів. Таким чином, будівництво в передмістях не є критичним-головне, щоб таке житло взагалі існувало, хоча потрібно приділяти увагу і задовольняти потреби тих, хто, не зважаючи на ціни, мають бажання проживати в центральних районах міста.

Здешевити житло допоможе малоповерховість зведених будинків. Мова йде про будинки в 4–5 поверхів, де можна не використовувати дорогі монолітно-каркасні технології, для них не потрібні ліфти, а це суттєво здешевлює будівництво. У підсумку квартира в 30 м² обійдеться покупцеві в \$ 10,5 тис. Звісно, це мала площа, але для молодого сім'ї або однієї людини це хороший варіант на декілька років.

Порівнюючи з цінами минулих років наведемо статистику: якщо в 2002 році один квадратний метр житла в панельному будинку коштував в межах 1 602 гривні, то у 2005 р. опосередкована вартість одного м² житла складає 2390 гривень, а у 2007 – вже більш як 6 045 гривень, пізніше становить 53 77,96 грн. за м² в 2009 р. і 4 829,48 грн. за м² у 2010 р. Враховуючи, що в будівництві одного будинку задіяно до 40 суміжних компаній, такий державний підхід зміг би створити мільйони робочих місць і істотно вплинути на економічне зростання країни. Завдяки таким рішенням будівельна галузь стала б поштовхом для оновлення і розвитку економіки, вирішення соціальних проблем України.

Але було б помилкою окремо проектувати квартал соціального житла, окремо – доступного, окремо – бізнес-класу. Як свідчать дослідження, житловий квартал за своєю структурою має максимально відповідати структурі суспільства. Тому слід намагатися будувати соціальне житло з іншим, що вигідно навіть з економічних мотивів. Адже завдяки комерційному житлу можна вирішити питання інженерної інфраструктури. Соціальне житло передбачає щільне заселення території. Це – найсуттєвіший момент, який може призвести до антисоціальних явищ.

ВИСНОВКИ

Прикладом для сьогоденного будівництва житла економ-класу є повернення у минуле. Йде мова про так звані «хрущовки». Головний принцип проектування цих будівель – відсутність архітектурних надмірностей та мінімум непотрібного, слід економити на всьому і за рахунок якості домагатися кількості. Це квартири з мінімально допустимими площами, суміщеними санвузлами у 5-поверхових будинках, побудованих з панелей або цегли. «Хрущовки» – тісне, але відносно дешеве житло – прийшли в Україну в еру повоєнної відбудови. У 60–70 роках люди, що мешкали в підвалах та бараках, мріяли про квартири в тодішніх новобудовах. Деякі серії будувалися з великим запасом міцності і були розраховані на 50 і більше років, а при обстеженні виявилось, що є будинки, здатні простояти і 150 років. Хоч вони виявилися такими довговічними, але на майбутнє нам потрібне не тільки дешево, але й комфортне і якісне житло.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шепеляв, Н. П. Реконструкция городской застройки : [Текст] учеб. / Н. П. Шепеляв, М. С. Шумилов. – М. : Высшая школа, 2000. – 271 с.
2. Афанасьев, А. А. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий [Текст] / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев. – М. : [б. и.], 2008. – 67 с.
3. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст] : ДБН 360–92**. – [Чинний від 19.03.2002 г.]. – К. : Укрархбудінформ, 1993. – 107 с. – (Державні будівельні норми).
4. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення [Текст] : ДБН В.2.2–15–2005. – На заміну СНиП 2.08.01-89, ДБН 79-92 ; чинні від 2006–01–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Державні будівельні норми).

Отримано 21.09.2011

К. В. НЕСПАЙ

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДОСТУПНОМУ ЖИЛЬЮ

Луцкий национальный технический университет

В статье приведена схема планирования доступного жилья, описаны основные требования к нему, результаты исследований отношения людей к строительству типовых домов, приведены примеры жилья эконом-класса Испании, США, Франции.

доступное жилье, удешевление жилья, «хрущовки», жилье эконом-класса, политика энергоэффективности, принципы проектирования «экономок»

KATERINA NESPAY

PRESENT-DAY PROCURABLE DWELLING REQUIREMENTS

Lutsk State Technical University

The article presents the planning diagram of procurable dwelling, principle requirements to it, findings of investigations of people's attitude towards the prefabricated residential buildings construction. The economy class dwellings in Spain, the USA and France have been exemplified.

procurable dwelling, reduction in cost of dwelling, standard precast buildings, economy class dwelling, design principles of economy class dwelling

Неспай Катерина Володимирівна – студент Луцького національного технічного університету. Наукові інтереси: житлове будівництво, інвестиції, міжвидовий каркас.

Неспай Катерина Владимировна – студент Луцкого национального технического университета. Научные интересы: жилищное строительство, инвестиции, межвидовой каркас.

Katerina Nespay – an undergraduate of the Lutsk National Technical University. Research interests: housing construction, investments, interspecific frame.

УДК 662.997; 621.383 : 535.215

І. В. РУЗАК

Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВАКУУМНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

У статті розглянуті основні напрямки використання сонячної енергії на території України. Показані принципи роботи плоских та вакуумних сонячних колекторів. Визначені переваги використання вакуумних сонячних колекторів.

сонячна енергія, плоскі сонячні колектори, вакуумні сонячні колектори, вакуумна трубка, геліосистема

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Клімат нашої планети визначає сонячна енергія. Потік її змінюється протягом року залежно від широти місцевості й обумовлює різницю температур, вологості, тиску і вітру на Землі.

Україна розташована у Центральній-Східній Європі, у південно-східній частині Східноєвропейської рівнини. Сонячна енергія, що реально надходить за три дні на територію України, перевищує енергію всього річного споживання електроенергії в нашій країні.

Середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні (1 235 кВт год/м²) є достатньо високим і набагато вищим ніж, наприклад, в Німеччині – 1 000 кВт год/м² чи навіть Польщі – 1 080 кВт год/м². Отже, ми маємо хороші можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання на території України. «Ефективне використання» означає, що геліоустановка працюватиме з віддачею в 50 % і більше, а це 9 місяців в південних областях України (з березня по листопад), і 7 місяців – в північних областях (з квітня по жовтень). Взимку ефективність роботи падає, але не зникає. Отже і в умовах нашого клімату сонячні системи працюють цілорічно, правда тільки що з перемінною ефективністю.

Для оцінки енергетичного потенціалу сонячної енергії та обсягів заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів проведено розподіл на три різновиди – загальний, технічний і доцільно-економічний. Загальний потенціал – це максимально можлива кількість енергії, яку отримує якась конкретна область України. Технічний потенціал – це частка енергії загального потенціалу, яку можна реалізувати за допомогою сучасних технічних засобів. Доцільно-економічний потенціал – кількість енергії, яку доцільно використовувати з метою заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів, враховуючи при цьому такі фактори, як: економічний, екологічний, технічно-технологічний, соціальні та політичні.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сонячна енергетика доступна в кожній точці нашої планети, це екологічно чисте джерело енергії, яке можна використовувати у великих масштабах без негативного впливу на навколишнє середовище. Вона є невичерпним джерелом енергії, яке буде доступне і через мільйон років.

Основними напрямками використання сонячної енергії є: перетворення її в електричну енергію та отримання тепла шляхом абсорбції сонячного випромінювання.

Колектори бувають 2 видів: плоскі та вакуумні. Плоскі – працюють на основі парникового ефекту, тобто випромінювання, що падає на поверхню сонячного колектора і практично повністю пропускається склом. Плоский сонячний колектор є технічно досить простим пристроєм. Найбільш

високотехнологічним елементом у його конструкції є поглинальне покриття. Для підвищення ефективності роботи конвектора необхідно, щоб покриття поглинало більшу частину енергії падаючих сонячних променів, а при нагріванні випромінювало як можна менше поглиненої енергії. Як покриття використовують звичайне або загартоване скло, рідше полікарбонат. Для України, в літній сонячний день продуктивність плоских колекторів може досягати 50 літрів води, нагрітої до 50–60 °С з 1 м у день (рис. 1).

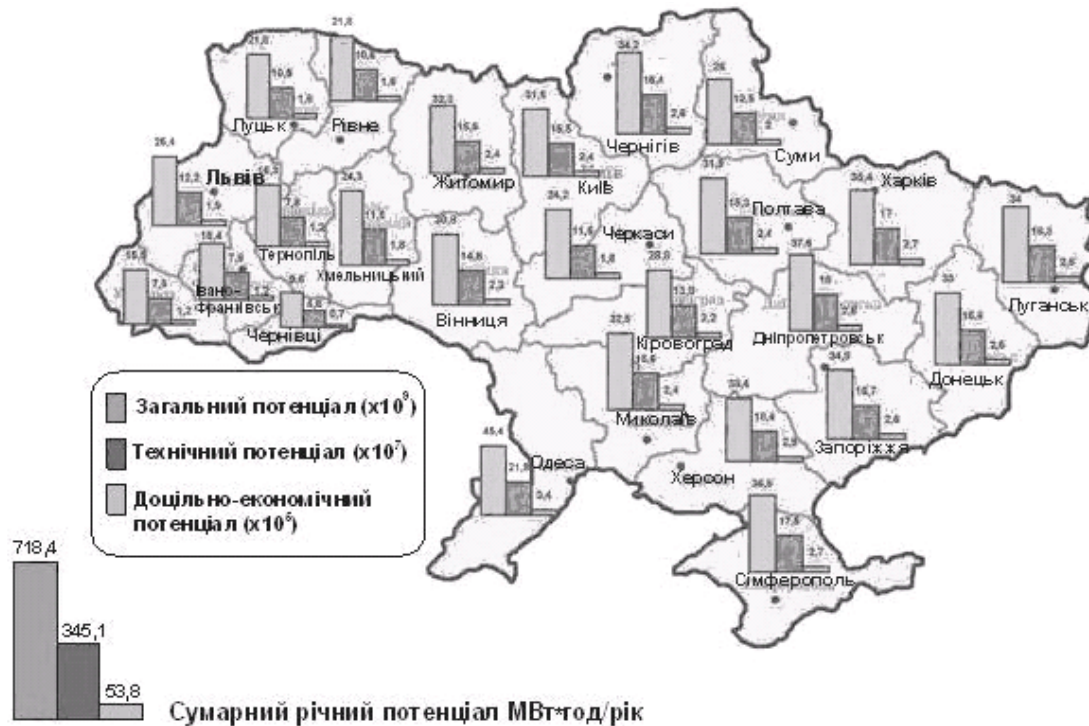


Рисунок 1 – Потенціал сонячної енергії на території України.

Іншим видом сонячних колекторів є колектори на основі вакуумних трубок. Їх принцип роботи наступний: нагрітий в колекторі теплоносіє, протікаючи по нижньому змійовику бойлера, віддає тепло воді. Бойлер працює акумулятором тепла. В сонячних системах використовується двоконтурний бойлер. Це такий бойлер, який може одночасно нагрівати воду від двох джерел енергії. Його під'єднують до сонячної системи і газового котла. Коли недостатньо сонячного випромінювання і вода в бойлері не нагрівається до потрібної нам температури, тоді вмикається котел і догріває воду до заданої величини. Влітку котел вмикається рідко або взагалі не вмикається. Взимку, особливо в похмуру погоду, сонячна система просто не здатна підняти температуру води до 60 °С, але реально нагріє її до +30...+40 °С, а догріє воду до потрібного рівня котел. Відтак в будь-яку пору року ми гарантовано матимемо гарячу воду [1, 2].

Протягом року мінімальна геліосистема – 1 колектор (1,8 м геліополя), бак-акумулятор на 150 літрів – в середньому зможе виробити 1 692 кВт год теплової енергії. Цього достатньо, щоб забезпечити гарячою водою (55 °С) сім'ю з 2 осіб.

Якщо система більших розмірів (3 колектори, 300 літровий бак) і монтується на приватну садибу, в якій проживають 4–6 осіб, то економія 18–20 %, а термін окупності 6–7 років. Якщо система налічує 8 і більше колекторів та 500 літровий бак, а на території є басейн (особливо відкритий) або сонячна система, крім підігріву води, працює ще й на підтримку опалення, то економія газу орієнтовно складе 23–25 %, а термін окупності 4 роки (рис. 2).

Тобто, чим більша потреба в гарячій воді та опаленні, тим менший термін окупності.

Геліосистеми з використанням вакуумних сонячних трубок здатні працювати цілий рік на відміну від плоских геліоколекторів.

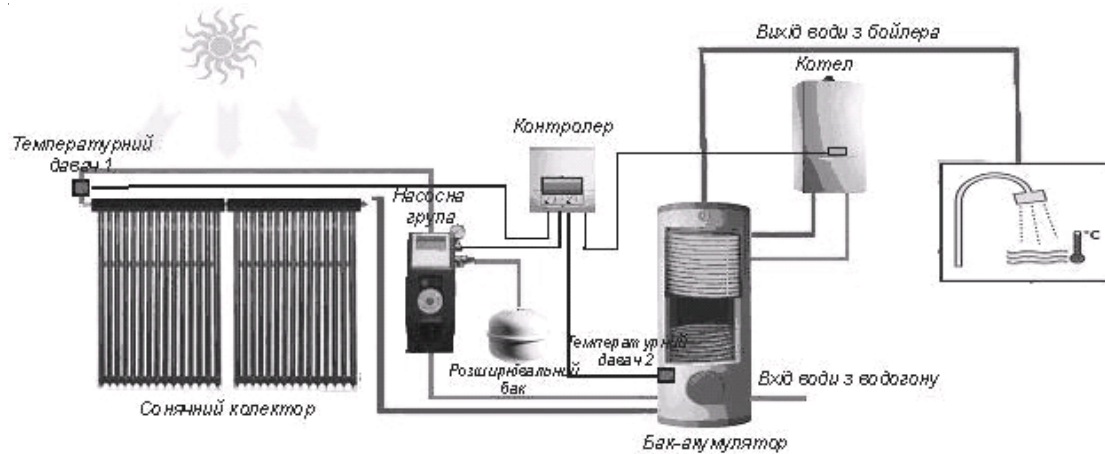


Рисунок 2 – Принцип роботи геліосистеми.

Вакуумна теплова трубка виготовляється зі спеціального зміцненого боросилікатного скла. Зовнішня труба є прозорою, а внутрішня – покрита високоякісним селективним покриттям, яке забезпечує максимальне поглинання сонячного тепла при мінімальному рівні відбиття сонячних променів назад у атмосферу.

Для уникнення втрат тепла між зовнішньою та внутрішньою трубками передбачено вакуум. Для підтримки вакууму застосовують бар'євий газопоглинач, який під час експлуатації часто піддається впливу високих температур. Через це низ вакуумного термоса покривається шаром чистого барію, який поглинає гази CO , CO_2 , N_2 , O_2 , H_2O та H_2 , що можуть виділятися з труби в процесі зберігання та експлуатації. Цей шар служить індикатором вакуумного статусу. Тобто, коли вакуум порушується, бар'євий шар зі сріблястого робиться білим. Це полегшує роботу монтажника при визначенні працездатності трубки [3, 4, 5].

Поглинання сонячного тепла проходить у мідній трубці, яка розташована всередині вакуумної труби. Мідна трубка є порожнистою і містить всередині певну неорганічну і нетоксичну рідину. При нагріванні ця рідина закипає і починає випаровуватися. Це відбувається навіть при мінусових температурах, оскільки в трубці вакуум. Нагріта пара піднімається до верхнього наконечника (конденсатора) теплової трубки, де передає тепло теплоносію (антифризу), що циркулює в трубці теплопроводу. Потім пара конденсується й стікає вниз – процес починається знову. Сонячний водонагрівач з вакуумними трубками показує хороші результати навіть у хмарні дні, оскільки труби сонячного колектора здатні поглинати енергію інфрачервоних променів, які проходять через хмари. Системи на основі вакуумних сонячних колекторів успішно нагрівають воду, навіть коли на вулиці -35°C .

Сонячні колектори бажано розташовувати з південної сторони будівлі. Так досягається максимум ефективності. Можливий каскадний варіант монтажу системи. Коли площа даху є невеликою, одна частина колекторів розташовується на південній частині, а друга – на західній чи східній. Монтаж колекторів проводиться, як правило, під тим же кутом, який має і дах. Тобто монтаж відбувається паралельно покрівлі. Оптимальний кут нахилу колектора відносно землі для України складає 45° . При такому розташуванні геліосистема однаково ефективно працює і взимку, і влітку. Якщо кут нахилу збільшувати до 80° , то це буде підвищувати ефективність системи у зимовий період. І навпаки, зменшуючи кут – збільшуємо ефективність у літній період. Оптимальний кут падіння сонячних променів – 90° . Якщо сонячне світло буде падати під кутом менше ніж 30° , то велика його кількість буде відбиватися.

Комплект геліосистеми включає в себе: трубчастий вакуумний колектор, який служить для перетворення енергії сонця в теплову корисну енергію та передачі її теплоносію. Бувають різних геометричних розмірів; бак-акумулятор – служить для накопичення та зберігання тепла. Баки бувають від 80 до 1 000 літрів. Використовуються, як правило, двоконтурні баки. Інколи комбіновані, такі що одночасно працюють і на опалення, і на гаряче водопостачання; насосна група – служить для циркуляції теплоносія. Насос керується термостатом і вмикається, як тільки температура сонячного колектора стане вищою ніж в бойлері. Потужність насосної групи складає 50 Вт; контролер – служить

для контролю за станом геліосистеми та процесом нагріву від сонячних колекторів. Контролер регулює швидкість потоку теплоносія, вмикає-вимикає котел, захищає обладнання від перегріву; розширювальний бачок – служить для вирівнювання тиску в системі; теплоносії – служить для передачі тепла від колектора до бака-акумулятора з водою (рис. 3).

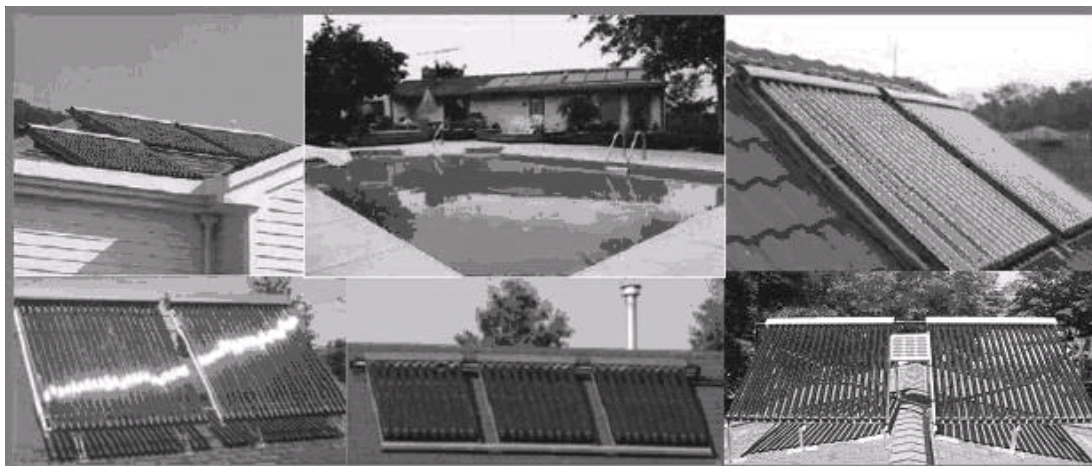


Рисунок 3 – Приклади монтажу колекторів на різних типах покрівлі та в різних виконаннях за кількістю та кутами нахилу.

Якщо дотримуватись правил використання, типовий сонячний колектор зможе забезпечити 60–70 % річного споживання гарячої води на рік. Сонячні системи для нагріву гарячої води повинні бути якомога більш простими і не дуже великими.

ВИСНОВКИ

Перевагами систем із використанням трубок є висока теплова ефективність завдяки використанню сучасних методів передачі тепла та високоякісного поглинального покриття; широкий спектр роботи (оскільки здатна працювати при високій хмарності); кожна трубка працює не залежно одна від одної, що дає змогу продовжувати працювати колектору навіть у випадку фізичного пошкодження, оскільки теплоносії (антифриз) не затікає у середину трубки, а його доступ обмежується теплообмінником; мала вага колектора; трубка здатна витримувати морози до -35°C завдяки вакууму.

Після року використання геліосистеми з мінімальним набором параметрів газу спалюється менше ніж минулого року орієнтовно на 10–12 %, зменшується кількість циклів ввімкнення-вимкнення котла (збільшується його ресурс експлуатації), менше працює циркуляційний насос. Приблизний термін окупності таких пристроїв становить – 10–12 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев, В. М. Основы энергосбережения [Текст] : [учебно-метод. комплекс] / В. М. Беляев, В. В. Ивашин. – М. : изд-во МИУ, 2004. – 111 с.
2. Фокин, В. М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена [Текст] / В. М. Фокин, Г. П. Бойков, Ю. В. Видин. – М. : Машиностроение, 2005. – 192 с.
3. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен [Текст] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – М. : МЭИ, 2005. – 550 с.
4. Вайнберг, А. М. Математическое моделирование нелинейных термодинамических процессов в многокомпонентных струйных течениях [Текст] / А. М. Вайнберг. – М. : Наука, 1998. – 456 с.
5. Бардзокас, Д. И. Математическое моделирование физических процессов в композиционных материалах периодической структуры [Текст] / Д. И. Бардзокас, А. И. Зобнин. – М. : [б. и.], 2003. – 356 с.

Отримано 07.09.2011

И. В. РУЗАК

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Луцкий национальный технический университет

В статье рассмотрены основные направления использования солнечной энергии на территории Украины. Показаны принципы работы плоских и вакуумных солнечных коллекторов. Определенные преимущества использования вакуумных солнечных коллекторов.

солнечная энергия, плоские солнечные коллекторы, вакуумные солнечные коллекторы, вакуумная трубка, гелиосистема

IVAN RUZAK

DETAILS OF VACUUM SOLAR COLLECTORS EXPLOITATION

Lutsk State Technical University

The article deals with fundamental trends of solar energy utilization in Ukraine. The principles of flat and vacuum solar collectors have been demonstrated. The certain advantages of vacuum solar collectors exploitation have been pointed out.

solar energy, flat solar collectors, vacuum solar collectors, vacuum tube, solar system

Рузак Иван Володимирович – студент Луцького національного технічного університету. Наукові інтереси: забудова та реконструкція міських територій.

Рузак Иван Владимирович – студент Луцкого национального технического университета. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Ivan Ruzak – an undergraduate of the Lutsk National Technical University. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

УДК 624

С. Н. ЧЕПУРНАЯ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОТКРЫТЫЕ ПРОСТРАНСТВА ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА КАК ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ И КОМПОЗИЦИОННЫЙ РЕСУРС

Рассматривается опыт функционального и архитектурно-пространственного преобразования открытых пространств исторической застройки города. Формируются задачи их исследования, направленные на решение проблемы интенсификации использования территориальных и композиционных ресурсов открытых пространств в условиях реконструкции. Выполнен анализ открытых пространств в структуре исторического центра и в зависимости от особенностей процессов их изменения, показаны типы открытых пространств. Представлена типология открытых пространств с различных позиций. Показаны экономические методы увеличения архитектурно-художественного и композиционного потенциала исторической части города в условиях реконструкции.

открытые пространства, реконструкция, историческая среда, архитектурно-художественный, композиционный потенциалы, экологические требования

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Историческая ценность города зависит как от его возраста, так и от меры сохранности его пространства. Ценность среды не прямо и не всецело зависит от конкретных исторических зданий, которые могут обладать сами по себе высокой исторической ценностью, но это еще не гарантия того, что окружающее их пространство является столь же ценным.

Понять и рассмотреть историческую ценность пространства города можно лишь при всестороннем изучении эволюции города, которая создает основу его своеобразия. Иногда необходимо сохранить пространство города, которое не содержит особо выдающихся исторических элементов, но само по себе является отражением эпохи.

В условиях новых социально-экономических реалий жизнедеятельности общества возникают и новые предпосылки развития городских территорий. Проблемы, что стали сегодня перед украинскими городами, много в чем следствие экономической реформы. Много в чем механизм эволюции наших городов уже начинает напоминать западные города.

Одной из важных проблем на пути создания адекватной современным требованиям материально-пространственной среды является интенсификация использования территориальных ресурсов города.

Освоение пространственных ресурсов центров городов Украины проходит быстрыми темпами. Такое положение в целом характерно для переходного периода.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Различные аспекты проблемы открытых пространств исторической застройки центральной части крупных и крупнейших городов рассматривались многими учеными [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. По мнению П. А. Нагорного [6] «...долгожданная свобода творчества стала выделять на улицах наших городов невероятный канкан», стало также хаотичное, малоэффективное, а порой наносящее прямой ущерб историко-культурным и композиционным ресурсам использование открытых пространств.

© С. Н. Чепурная, 2011

Разрушение исторически ценной структуры градостроительства, утрата необходимой среды памятников архитектуры является неизбежным результатом этого процесса.

Образуя взаимосвязанную систему открытых и закрытых пространств, городская среда всегда представляет своеобразный ресурс в функциональном, историко-культурном и архитектурно-художественном аспектах. Как справедливо указывают ряд авторов [3, 5], роль центра города велика в обеспечении максимально благоприятных условий для осуществления обмена информацией и контактов людей формальных и свободных, организованных и случайных, в получении разнообразных услуг.

Городской центр позволяет создать особую среду, которая может влиять на формирование общественно-культурных процессов.

Целью работы является решение задач мониторинга динамики функционального насыщения центра, особенностей территориального размещения вновь формирующихся объектов и характера преобразований открытых пространств. Появляется потребность в создании механизма постоянного анализа, прогноза и оценки последствий градостроительной деятельности.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Анализ открытых пространств в структуре исторического центра и особенностей процессов их изменения позволит выявить следующие типы:

1. Открытые пространства – коридоры улиц характеризуются сокращением озеленения, ширины пешеходной части тротуаров за счет организации входов в торговые и прочие учреждения; недопустимым разном в использовании типов мощения тротуаров, что, несомненно, разрушает композиционную целостность улицы и снижает ее эстетический потенциал.

2. Открытые озелененные пространства общего пользования садов, скверов и курдонеров жилых и общественных зданий хаотично насыщаются элементами торговли, питания, развлечений, сокращается площадь зеленых насаждений, что неизбежно ведет к ухудшению микроклиматических и санитарно-гигиенических параметров городской среды. Разрушаются композиции сложившихся архитектурно-планировочных ансамблей, сформированные определенной структурой и соотношением открытых и застроенных участков, представляющие градостроительную и историко-культурную ценность, что значительно снижает композиционный потенциал исторической части города.

3. Открытые озелененные пространства жилых дворов теряют свою первоначальную функцию, насыщаясь стихийными автостоянками служебного автотранспорта учреждений, разместившихся в подвальных и первых этажах жилых зданий, служебными входами и загрузочными устройствами, многочисленными хозяйственными пристройками к первым этажам.

4. Открытые пространства преимущественно нежилых дворов, вновь сформировавшихся за счет значительного вытеснения жилой функции, являются наиболее запущенными, с точки зрения их благоустройства.

5. Открытые пространства нежилых дворов ранее существовавших, или вновь возникших государственных и частных учреждений приобретают чаще всего закрытый характер, «отгораживаясь» от пространства улицы высокими заборами.

Использование открытых пространств и участков ветхой застройки для нового строительства путем сноса последней является эффективным средством интенсификации использования территориальных ресурсов при условии решения не только функционально-утилитарных, но и экологических, архитектурно-художественных, санитарно-гигиенических задач.

Важной задачей для решения указанной проблемы является типологизация открытых пространств с позиций:

1. Характеристики территориальных ресурсов (площади и конфигурации участков открытых пространств и ветхой застройки, особенности их расположения относительно элементов планировочного каркаса).

2. Возможности функционального использования отдельных участков открытых пространств с учетом экологических и санитарно-гигиенических, композиционных последствий их освоения.

3. Возможности формирования пешеходных пространств и увеличения рекреационной емкости центральной части города.

4. Архитектурной и историко-культурной ценности открытых пространств и возможностей повышения их композиционного потенциала.

Использование такой типологии на стадии предпроектного анализа позволит составить программу реконструкции застройки исторической части города, наиболее полно реализующую как

территориально-функциональные, так и композиционные ресурсы открытых пространств, разработать эффективные методы их освоения.

Эффективным методом увеличения архитектурно-художественного потенциала исторической части города в условиях реконструкции является создание новых возможностей в визуальном восприятии ее объектов. В качестве средства раскрытия композиционного потенциала возможно использовать архитектурно-пространственное формирование пешеходных маршрутов, проходящих через «бывшие» жилые дворы и позволяющих «открыть» памятники архитектуры и ценную историческую застройку в новых интересных ракурсах.

Другим средством организации новых визуальных раскрытий типа «панорама» могут явиться видовые площадки, расположенные на последних этажах реконструируемых зданий.

Значение композиционного ресурса приобретают также виды, раскрывающиеся из окон кафе, ресторанов, других мест общественной активности, вновь созданных на месте жилых квартир.

Одним из условий достижения разнообразия и художественной выразительности в организации открытых пространств исторической части города является отказ от ортодоксальных моделей, построенных на нормативных подходах к озеленению территории, переход к индивидуальной разработке дизайна среды с учетом стилистики окружающей застройки, а также экологических требований.

ВЫВОДЫ

Результатом освоения в ходе реконструкции существующих на сегодня ресурсов открытых пространств должна стать устойчивая тенденция на повышение их функционального, композиционного и экологического потенциала, что является жизненно важным для развития систем «центр города».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гунтов, А. Э. Эволюция градостроительства [Текст] / А.Э. Гунтов. – М. : Стройиздат, 1984. – 25 с.
2. Ежов, В. И. Полвека глазами архитектора [Текст] / В. И. Ежов. – К. : КНУСА, 2001. – 304 с.
3. Нефедов, В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды [Текст] / В. А. Нефедов. – СПб : [б. и.], 2002. – 295 с.
4. Фомін, І. О. Основи теорії містобудування [Текст] / І. О. Фомін. – К. : Наукова думка, 1997. – 192 с.
5. Соколов, Л. А. Центр города – функции, структура, образ [Текст] / Л. А. Соколов. – М. : Стройиздат, 1992. – 352 с.
6. Нагорный, П. А. Структурно-типологические основы формирования объектов дизайна городской среды [Текст] / П. А. Нагорный // Коммунальное хозяйство городов : Научно-технический сборник. – К. : Техника, 2002. – Вып. 26. – С. 43–47.
7. Мироненко, В. П. Стиль и мода в процессе формирования архитектурной среды города / В. П. Мироненко, П. А. Нагорный // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – Харків, 2002. – № 6. – С. 144–147.

Получено 30.09.2011

С. М. ЧЕПУРНА

ВІДКРИТІ ПРОСТОРИ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИ-
НИ МІСТА ЯК ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ І КОМПОЗИЦІЙНИЙ РЕСУРС

Харківська національна академія міського господарства

Розглядається досвід функціонального і архітектурно-просторового перетворення відкритих просторів історичної забудови міста. Формуються завдання їх дослідження, які направлені на вирішення проблеми інтенсифікації використання територіальних і композиційних ресурсів відкритих просторів в умовах реконструкції. Виконаний аналіз відкритих просторів в структурі історичного центру і залежно від особливостей процесів їх зміни показані типи відкритих просторів. Представлена типологія відкритих просторів з різних позицій. Показані економічні методи збільшення архітектурно-художнього і композиційного потенціалу історичної частини міста в умовах реконструкції

відкриті простори, реконструкція, історичне середовище, архітектурно-художній, композиційний потенціал, екологічні вимоги

SVITLANA CHEPURNA

OPEN SPACES OF DOWNTOWN HISTORICAL DEVELOPMENT AS WELL AS
TERRITORIAL AND COMPOSITIONAL RESOURCE

Kharkiv National Academy of Municipal Economy

The experience of functional and architectural and spatial transformation of open spaces of downtown historical development has been considered in the paper. Investigation problems oriented to the solution of the task of intensification development of territorial and compositional resources of open spaces in conditions refurbishment have been formed. The analysis of open spaces in the historical downtown centre structure has been made. The open space types have been demonstrated in accordance with the peculiarities of their amendment processes. The open spaces typology has been offered from various stands. The economic methods of architectural and artistic and compositional potential enlargement of the historic downtown under refurbishment have been demonstrated.

open space, refurbishment, historical environment, architectural and artistic, compositional potentials, ecological requirements

Чепурна Світлана Миколаївна – асистент кафедри містобудування Харківської національної академії міського господарства. Наукові інтереси: забудова та реконструкція міських територій.

Чепурная Светлана Николаевна – ассистент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: застройка и реконструкция городских территорий.

Svitlana Chepurna – a teaching fellow of the Town-Planning and Construction Department of the Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Research interests: development and refurbishment of municipal areas.

ЗМІСТ

МАРКІН В. В. Особливості основних методів обробки і утилізації осаdів стічних вод	3
ОМЕЛЬЧЕНКО М. П., СИТНИК Г. Ю., КОВАЛЕНКО Л. І. Використання озоно-сорбційного очищення при підготовці питної води із забруднених поверхневих джерел	10
СИНЄЖУК І. Б., ЗАЙЧЕНКО Л. Г. Розрахунок балансових схем регенерації натрій-катионітових фільтрів з повторним використанням відпрацьованих регенераційних розчинів	15
ЛУК'ЯНОВ О. В., НАЙМАНОВ А. Я., АНТОНЕНКО С. Є. Експериментальні дослідження утворення накипу у паровому котлі при підживленні електрохімічно пом'якшеною водою	23
КОЛОСОВА Н. В., ЧЕБОТАРЬОВА О. В., СЕРБІН В. А. Процеси теплообміну в метантенку при зброджуванні біомаси	31
ЛУК'ЯНОВ О. В., ОСТАПЕНКО В. В., ПОСТНІКОВ В. А. Експериментальна установка з акумулятором теплової енергії на основі фазового переходу	38
ГОЛОВАЧ Ю. О., ЗАХАРОВ В. І. Визначення показників надійності роботи газорозподільних мереж	43
БАЛІНЧЕНКО О. Й. Електрохімічні методи, пропонувані для очищення мулової води від іонів важких металів	50
ТРЯКІНА А. С. Аналіз якості поверхневих вод, які використовуються для питних потреб	59
НЕЗДОЙМІНОВ В. І., ЧЕРНИШОВА О. О. Математична модель процесу розподілу важких металів у ґрунті для різних сільськогосподарських культур	64
АНАСТАСОВ В. А., УДОВИЧЕНКО З. В., НІКІТЮК О. Г. Дослідження додаткових навантажень від деформацій земної поверхні на поліетиленовий газопровід	71
КРАВЕЦЬ В. А., ЛОЦМАН Г. О., НАСАНОВА Ю. В. Властивості суспендованих часток, що виділяються в атмосферу при переливах чавуну	77
ОЛЕКСЮК А. О., ДОЛГОВ М. В. Саморегульовальні енергоощадні системи теплопостачання від ІТП з підігрівально-акумуляторними установками для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання ЖКГ міст України	87
МАКСИМОВА Н. А. Порівняльний аналіз роботи систем охолоджувальних стель і центрального кондиціонування	93
ВИБОРНОВ Д. В. Шахтний водовідлив – джерело теплової енергії	98
ДМИТРОЧЕНКОВА Е. І., МОНАХ С. І. Розробка конструктивної схеми й підбір технологічного устаткування когенераційної установки для децентралізованого тепло- і електропостачання	106
ТОЛСТИХ А. С., ВАСИЛЬЄВ О. О., ЖЕЛЕЗНЯК К. О. Дослідження абсорбції NO _x лужними розчинами в газліфтних абсорберах	112
МОНАХ С. І., АШИХМІНА Т. В., БУЛГАКОВ С. С. Дослідження порівняльних характеристик сучасних тепло-ізоляційних матеріалів для термомодернізації існуючих будівель	117
НАСОНКІНА Н. Г., СЄВКА В. Г., ШАТАЛОВ В. І., НЄШЕВА О. О. Сучасні житлові проблеми та реконструкція житлового фонду (на прикладі Донецької області)	122
БАЧУРІН О. М., ДЕГТЯРЬОВ О. П., МЕЛЬНИК В. В. Пластмасова труба з поліетилентерафталатовим покриттям	131
ОКРУШКО В. Ю., ШАПОВАЛОВА О. Ю. Аналіз підходів до обеззараження ТПВ у Донецькій області	135
СИТНИЧЕНКО М. В. Аналіз огорожувальних конструкцій будівель масового будівництва на прикладі міста Макіївка	140
НАЙМАНОВ А. Я. Резервування у кільцевій водопровідній мережі	146
САХНОВСЬКА В. Н. Нові технології підвищення надійності мереж водопостачання і водовідведення	149

ЗОТОВ М. І. Сучасні проблеми в проектуванні, будівництві й експлуатації об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства	153
ЖУК В. М. Коефіцієнт нерівномірності течії дощових вод у відкритих лотках і каналах	158
САЛІСВ Е. І. Реформування управління підприємствами водопровідно-каналізаційного господарства в Автономній Республіці Крим	163
СИНІЙ С. В., ШОСТАК А. В., СУНАК П. О. Аналіз впливу загальноміського центру на формування транспортної мережі Луцька	169
ФОМЕНКО М. С. Пропускна спроможність однієї смуги руху на перегоні міської вулиці чи дороги та фактори, що впливають на неї	177
МЕЛЬНИК О. В. Прогнозування деформацій гідротехнічних споруд за результатами довготривалих геодезичних спостережень (на прикладі греблі водосховища ХАЕС)	183
БОЛОШЕНКО Ю. Г. Особливості роботи бетонів різних видів в умовах малоциклового навантаження	190
КАПЦОВ І. І., МАЛЯВІНА О. М. Дослідження видів пошкоджень трубопроводів розподільчих теплових мереж	198
ЗАВАЛЬНИЙ А. В., ЛЕОНТЬЄВ С. Л. Використання САПР для моніторингу ризику обвалень житлових будинків і споруд на прикладі комплексу Компас-Графік	202
ГЛАЗІРІН В. Л., ВАЩИНСЬКА Е. А. Перспективи розвитку водного виду пасажирського транспорту в Одесі	205
ЖИДКОВА Т. В., РУССУ Д. С. Методи ущільнення забудови центральної частини міста	209
АПАТЕНКО Т. М., ГУБІНА М. В. Використовування територій з порушеним рельєфом для містобудівельних цілей	212
БЕЗЛЮБЧЕНКО О. С., ЧЕРНОНОСОВА Т. О. Використання мансардних поверхів при реконструкції забудови	216
ДОЛЯ В. К., ЛИННИК І. Е., САНЬКО Я. В. Прогнозування еволюції системи «водій – транспортний прилад – транспортна мережа – середовище»	220
ГОРДІЄНКО С. М., РОМАНЕНКО І. І. Основні можливості виходу з кризи житлового будівництва	224
ЗВАРИЧ І. А. Особливості розташування зупинок міського пасажирського транспорту у містах	227
НЕСПАЙ К. В. Сучасні вимоги до доступного житла	233
РУЗАК І. В. Особливості використання вакуумних сонячних колекторів	237
ЧЕПУРНА С. М. Відкриті простори історичної забудови центральної частини міста як територіальний і композиційний ресурс	242

СОДЕРЖАНИЕ

МАРКИН В. В. Особенности основных методов обработки и утилизации осадков бытовых сточных вод	3
ОМЕЛЬЧЕНКО Н. П., СЫТНИК А. Ю., КОВАЛЕНКО Л. И. Использование озono-сорбционной очистки при подготовке питьевой воды из загрязненных поверхностных источников	10
СИНЕЖУК И. Б., ЗАЙЧЕНКО Л. Г. Расчет балансовых схем регенерации натрий-катионитовых фильтров с повторным использованием отработанных регенерационных растворов	15
ЛУКЬЯНОВ А. В., НАЙМАНОВ А. Я., АНТОНЕНКО С. Е. Экспериментальные исследования накипеобразования в паровом котле при подпитке электрохимически умягченной водой	23
КОЛОСОВА Н. В., ЧЕБОТАРЕВА О. В., СЕРБИН В. А. Процессы теплообмена в метантенке при сбраживании биомассы	31
ЛУКЬЯНОВ А. В., ОСТАПЕНКО В. В., ПОСТНИКОВ В. А. Экспериментальная установка с аккумулятором тепловой энергии на основе фазового перехода	38
ГОЛОВАЧ Ю. А., ЗАХАРОВ В. И. Определение показателей надежности работы распределительных газопроводов	43
БАЛИНЧЕНКО О. И. Электрохимические методы, предлагаемые для очистки иловой воды от ионов тяжелых металлов	50
ТРЯКИНА А. С. Анализ качества поверхностных вод, используемых для питьевых целей	59
НЕЗДОЙМИНОВ В. И., ЧЕРНЫШЕВА О. А. Математическая модель процесса распределения тяжелых металлов в почве для различных сельскохозяйственных культур	64
АНАСТАСОВ В. А., УДОВИЧЕНКО З. В., НИКИТЮК О. Г. Исследование дополнительных нагрузок от деформаций земной поверхности на полиэтиленовый газопровод	71
КРАВЕЦ В. А., ЛОЦМАН А. А., НАСАНОВА Ю. В. Свойства взвешенных частиц, выделяющихся в атмосферу при переливах чугуна	77
ОЛЕКСЮК А. А., ДОЛГОВ Н. В. Саморегулирующие энергосберегающие системы теплоснабжения от итп с подогревательно-аккумуляторными установками для независимых систем отопления и горячего водоснабжения жкх городов украины	87
МАКСИМОВА Н. А. Сравнительный анализ работы систем охлаждающих потолков и центрального кондиционирования	93
ВЫБОРНОВ Д. В. Шахтный водоотлив – источник тепловой энергии	98
ДМИТРОЧЕНКОВА Э. И., МОНАХ С. И. Разработка конструктивной схемы и подбор технологического оборудования для когенерационной установки для децентрализованного тепло- и электроснабжения	106
ТОЛСТЫХ А. С., ВАСИЛЬЕВ А. О., ЖЕЛЕЗНЯК К. А. Исследование абсорбции NO_x щелочными растворами в газлифтных абсорберах	112
МОНАХ С. И., АШИХМИНА Т. В., БУЛГАКОВ С. С. Исследование сравнительных характеристик современных теплоизоляционных материалов для термомодернизации существующих зданий	117
НАСОНКИНА Н. Г., СЕВКА В. Г., ШАТАЛОВ В. И., НЕШЕВА Е. О. Современные жилищные проблемы и реконструкция жилищного фонда (на примере Донецкой области)	122
БАЧУРИН А. Н., ДЕГТЯРЕВ А. П., МЕЛЬНИК В. В. Пластмассовая труба полиэтилен-терафталатовым покрытием	131
ОКРУШКО В. Е., ШАПОВАЛОВА Е. Ю. Анализ подходов к обезвреживанию ТБО в Донецкой области	135
СЫТНИЧЕНКО Н. В. Анализ ограждающих конструкций зданий массового строительства на примере города Макеевка	140

НАЙМАНОВ А. Я. Резервирование в кольцевой водопроводной сети	146
САХНОВСКАЯ В. Н. Новые технологии повышения надежности сетей водоснабжения и водоотведения	149
ЗОТОВ Н. И. Современные проблемы в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов водопроводно-канализационного хозяйства	153
ЖУК В. М. Коэффициент неравномерности течения дождевых вод в открытых лотках и каналах	158
САЛИЕВ Э. И. Реформирование управления предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства в Автономной Республике Крым	163
СИН�Й С. В., ШОСТАК А. В., СУНАК П. О. Анализ влияния общегородского центра на формирование транспортной сети Луцка	169
ФОМЕНКО М. С. Пропускная способность одной полосы движения на перегоне городской улицы или дороги и факторы, которые влияют на нее	177
МЕЛЬНИК А. В. Прогнозирование деформаций гидротехнических сооружений по результатам долговременных геодезических наблюдений (на примере гребли водохранилища ХАЭС)	183
БОЛОШЕНКО Ю. Г. Особенности работы бетонов различных видов в условиях малоциклового нагружения	190
КАПЦОВ И. И., МАЛЯВИНА О. Н. Исследование видов повреждений трубопроводов распределительных тепловых сетей	198
ЗАВАЛЬНЫЙ А. В., ЛЕОНТЬЕВ С. Л. Использование сапр для мониторинга риска обрушения жилых зданий и сооружений на примере комплекса Компас-график	202
ГЛАЗЫРИН В. Л., ВАЩИНСКАЯ Е. А. Перспективы развития водного вида пассажирского транспорта в Одессе	205
ЖИДКОВА Т. В., РУССУ Д. С. Методы уплотнения застройки центральной части города	209
АПАТЕНКО Т. Н., ГУБИНА М. В. Использование территории с нарушенным рельефом под градостроительные цели	212
БЕЗЛЮБЧЕНКО Е. С., ЧЕРНОНОСОВА Т. А. Использование мансардных этажей при реконструкции застройки	216
ДОЛЯ В. К., ЛИННИК И. Э., САНЬКО Я. В. Прогнозирование эволюции системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда»	220
ГОРДИЕНКО С. Н., РОМАНЕНКО И. И. Основные возможности выхода из кризиса жилищного строительства	224
ЗВАРЫЧ И. А. Особенности расположения остановок городского пассажирского транспорта в городах	227
НЕСПАЙ К. В. Современные требования к доступному жилью	233
РУЗАК И В. Особенности использования вакуумных солнечных кол-лекторов	237
ЧЕПУРНАЯ С. Н. Открытые пространства исторической застройки центральной части города как территориальный и композиционный ресурс	242

CONTENTS

MARKIN VYACHESLAV Salient features of principle processing methods and sewage sludge utilization	3
OMELTCHENKO MYKOLA, SYTNIK HANNA, KOVALENKO LIUDMYLA Ozone and sorption treatment of polluted surface sources for getting drinking water	10
SYNIEZHUK INNA, ZAICHENKO LYUDMYLA Design of balanced circuits of sodium and cationic filters by spent regenerative solutions re-use	15
LUKJANOV ALEXANDER, NAJMANOV AUBEKIR, ANTONENKO SVETLANA Experimental studies of scaling in steam boilers at make-up with electrochemically softened water	23
KOLOSOVA NELLY, CHEBOTARYOVA OLGA, SERBIN VLADIMIR Heat exchange in methane tank at biomass fermentation	31
LUKJANOV ALEXANDER, OSTAPENKO VITALIY, POSTNIKOV VALERIY Experimental plant with heat accumulator based on phase transition	38
GOLOVACH YULIA, ZAKHAROV VICTOR Determination of reliability indicators of distribution gas pipeline operation	43
BALYNCHENKO OKSANA Electrochemical methods of sludge water treatment from heavy metals ions	50
TRYAKINA ALENA Qualitative analysis of surface water used for drinking	59
NEZDOIMINOV VIKTOR, CHERNIHEVA OKSANA Mathematical model of heavy metal distribution in soil for various crops	64
ANASTASOV VLADIMIR, UDOVICHENKO ZLATA, NIKITYUK OLGA Study of supplementary loads from ground surface strains to polyethylene gas conduit	71
KRAVETS VASILY, LOTSMAN ANNA, NASANOVA YULIYA Properties of suspended particles releasing into atmosphere at cast iron ladle	77
OLEKSUYK ANATOLIY, DOLGOV NYKOLAY Self-control energy conservation heat supply systems from specific heat supply centers (SHSC) with heating and storage units for independent systems of heating and hot water-supply systems of municipal housing and communal facilities of Ukraine	87
MAKSIMOVA NATALYA Comparative analysis of behaviour of cooling ceilings systems and central air-conditioning	93
VYBORNOV DMITRY Water drainage as heat energy source	98
DMITROCHENKOVA ELLA, MONAH SVETLANA Development of structural schematic drawing and production equipment selection for coherent plant for decentralised heat and power supply	106
TOLSTYKH ANDREI, VASYLYEV ALEKSEJ, ZHELEZNIAK KRISTINA Study of NO _x absorption by alkaline solutions in gas lift absorbers	112
MONAKH SVETLANA, ASHIKHMINA TAMARA, BULGAKOV SERGEY Comparative details study of contemporary heat-insulating materials for thermal updating of existing buildings	117
NASONKINA NADEZHDA, SEVKA VICTORIA, SHATALOV VYACHESLAV, NESHEVA ELENA Present-day housing problems and amount of housing refurbishment (by the example of Donetsk Oblast)	122
BACHURIN ALEKSEY, DEGTYARYOV ALEXANDER, MELNIK VICTORIA Plastic pipe with polyvinylteraftalate coating	131
OKRUSHKO VASILY, SHAPOVALOVA ELENA Analysis of approaches to utilization of municipal solid waste (MSW) in Donetsk Oblast	135
SYTNICHENKO NICK Analysis of nonbearing structures of buildings of mass construction by the example of Makeyevka, Donetsk Oblast	140

NAIMANOV AUBEKIR Redundancy in circulation pipework	146
SAKHOVSKA VIKTORIA Latest increase reliability techniques of water supply net-works and sewerage systems	149
ZOTOV NIKOLAY Present-day problems in designing, engineering and operation of water supply and sewerage units	153
ZHUK VOLODYMYR Factor of nonuniformity of rain water flow in open troughs and canals	158
SALIYEV ENVER Reforming management of the water supply and sewerage facilities of Autonomous Republic of Crimea	163
SYNII SERHIY, SHOSTAK ANNA, SUNAK PAVLO Analysis of downtown impact on Lutsk road network forming	169
FOMENKO MARINA Traffic capacity of one lane of municipal motorway section and factors effecting on it	177
MELNYK ALEXANDR Forecasting of strains of hydraulic structures due to long-term geodetic observations (by the example of the dam reservoir of KhNPP)	183
BOLOSHENKO YULIYA Behaviour of various types of concrete in terms of low-cycle loading	190
KAPCOV IVAN, MALJAVINA OLGA Study of damage types of pipelines of distribution heating networks	198
ZAVALNYJ ALEXSANDR, LEONTEV SERGII Cad usage at risk monitoring of residential buildings and constructions collapses by the example of complex «Kompas-Grafik»	202
GLAZYRIN VLADIMIR, VASHCHINSKAJA ELENA Development outlook of sea and river passenger transport in Odesa	205
ZHIDKOVA TATYANA, RUSSU DMITRIY Methods of reducing spaces for buildings in downtown	209
APATENKO TATYANA, GUBINA MARINA Employment of disturbed terrain areas for urban development aims	212
BEZLJUBCHENKO ELENA, CHERNONOSOVA TATYANA Application of mansards for development refurbishment	216
DOLYA VIKTOR, LINNIK IRINA, SANKO YAROSLAV Forecasting of system evolution: «driver – vehicle – transport network – environment»	220
GORDIENKO SERGIY, ROMANENKO IGOR Principle chances of recovery from recession of housing construction	224
ZVARYCH IGOR Features of stops disposition of municipal passenger transport	227
NESPAY KATERINA Present-day procurable dwelling requirements	233
RUZAK IVAN Details of vacuum solar collectors exploitation	237
CHEPURNA SVITLANA Open spaces of downtown historical development as well as territorial and compositional resource	242