

Міністерство освіти і науки України

**Київський національний університет
будівництва і архітектури**

ВЕНТЛЯЦІЯ, ОСВІТЛЕННЯ ТА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 14

Київ 2009

Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. Випуск 14. Головний редактор Е.С. Малкін. – К.:КНУБА, 2010. – ???с.

Редакційна колегія: Е.С. Малкін(головний редактор), Ю.К. Росковшенко(заст. головн. ред.), М.В. Степанов (відп. секретар), В.М. Михайленко, О.Л. Підгорний, В.Є. Писарєв, В.В. Трофимович, П.М. Єнін, Н.А. Швачко, А.Ф. Строй, В.П. Корбут, С.Ю. Прокоф'єв, Г. Глінцерер, С.І. Борисенко.

Адреса редакції: Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА
03680, Київ, Україна

Рекомендовано до випуску Вченою Радою КНУБА, протокол №??? Від ?????????

Визнаний ВАК України як наукове фахове видання (постанова Президії ВАК України № 1-05/6 від 12.06.2002 р.)

Збірник «Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання» представлений на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського www.nbuv.gov.ua

«ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УКРАЇНІ» – 3 НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Л.Л. Покровский, *вице-президент Академии
строительства Украины, академик, профессор.*
Г.М. Семчук - *первый заместитель Министра
Минжилкомунхза Украины, к.т.н.,*
П. Ю. Зембицкий, *директор института
«УкрНИИИнжпроект».*

СТРАТЕГИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

Введение

Кризис, который охватил Украину, обусловила напряженную ситуацию в национальной экономике, в том числе и коммунальной электротеплоэнергетике. Одной из основных преград для развития экономики есть неблагоприятная ситуация с обеспечением топливно-энергетическими ресурсами. Возникновение этой ситуации связано с преимущественно экстенсивным развитием топливно-энергетического комплекса, результатами чего является неуклонное наращивание объемов использования традиционных топливно-энергетических ресурсов, запасы которых близки к истощению.

В то же время несовершенная структура национальной экономики, морально и физически устаревший производственный потенциал и перегрузки энергоемкими производствами стали причиной весьма высокого уровня энергетических затрат в областях экономики и низкой эффективности производства.

Несмотря на то, что основным источником топливно-энергетических ресурсов в Украине есть угли, баланс первичных естественных топливных ресурсов на протяжении 5-7 лет на 58% состоял из нефти и газа, т.е. топлива преимущественно импортного происхождения и еще при наличии почти монопольного поставщика. За импортные топливные ресурсы с переходом на мировые цены Украина платит значительные суммы, которые являются большой нагрузкой для экономики и представляет собой основные источники дефицита платежного баланса. Разбалансирование финансовой системы, постоянное сокращение поставок из-за границы нефти и природного газа и резкое повышение цен на топливо и электроэнергию привели к значительному ухудшению работы большинства предприятий, в том числе и предприятий подсферы коммунальной электротеплоэнергетики.

Это отрицательно влияет на процессы стабилизации и развития всей экономики.

Несмотря на затруднительное финансово-экономическое положение, предприятия коммунальной электротеплоэнергетики благодаря поиску и внедрению качественно новых подходов на протяжении многих лет, в основном, стабильно обеспечивают население, коммунально-бытовых и других потребителей тепловой энергией.

Однако, сегодня в период прохождения осенне-зимнего максимума тепловых нагрузок 2010/2011 года в коммунальной электротеплоэнергетике сложилась чрезвычайная ситуация. Теплоснабжение населения и других потребителей осуществляется в критических условиях. Отсутствуют достаточные запасы угля и жидкого топлива на складах теплоснабжающих предприятий.

Не хватает средств для закупки в необходимых объемах природного газа и резервного вида топлива, для замены устаревших неэффективных котлов на более экономические, проведения реконструкции котельных агрегатов и внедрения других энергосберегающих мероприятий. Реализация тепловой энергии населению, другим потребителям за установленными областными и городскими государственными администрациями тарифами является убыточной для коммунальной электротеплоэнергетики. Состояние расчетов потребителей за тепловую энергию крайне неудовлетворительное. В то же время теплоснабжающие предприятия задолжали предприятиям Минтопэнерго Украины за потребленные в 2000-2010 года природный газ и электрическую энергию. Задолженность за потребленный газ по состоянию на 01.08.2010 г. составляет 5,6 млрд. гривен, за электроэнергию - 4,7 млрд. гривен.

Накопление этих нерешенных вопросов отрицательно влияет на подготовку предприятий к работе в осенне-зимний период, разрушает технологическую стойкость, сдерживает внедрение энергосберегающих мероприятий и развитие коммунальной электротеплоэнергетики.

Для выхода из кризисной ситуации, с целью определения основ и приоритетов государственной политики Украины в сфере коммунальной электротеплоэнергетики, обеспечение её эффективного функционирования необходима разработка стратегии коммунальной электротеплоэнергетики Украины на период до 2030 года и дальнейшую перспективу.

Как основа разработки, в Стратегии заложены:

- распоряжение Президента Украины от 27.02.2001 № 42/ 3001-рп "О разработке Энергетической стратегии Украины до 2030 года и дальнейшую перспективу";
- Комплексная Государственная программа энергосбережения Украины и региональные программы энергосбережения;

- Закон Украины "Об энергосбережении";
- Национальная энергетическая программа Украины на период до 2010 года;
- перспективные схемы развития теплоснабжения городов и населенных пунктов Украины;
- определение основных направлений научных исследований и внедрение достижений научно-технического прогресса в народном хозяйстве относительно повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов;
- материалы предприятий коммунальной электротеплоэнергетики об энергетической стратегии Украины на период до 2030 года.

В Стратегии изложены совокупность наиболее актуальных научных идей, положений и практических мероприятий по изменению внутренних пропорций в сфере коммунальной электротеплоэнергетики в соответствии со структурной перестройкой экономики Украины и достижением на этой основе внедрения энергоеффективного оборудования и технологий, надежного и постоянного снабжения топливно-энергетических ресурсов, эффективного использования собственных энергоресурсов, в том числе возобновляемых и альтернативных, с целью обеспечения населения, коммунально-бытовых и других потребителей тепловой энергией.

I. Развитие коммунальной электротеплоэнергетики. Источники тепловой энергии.

Наряду с развитыми мощными теплоснабжающими источниками на базе ТЭЦ, районных и квартальных котельных, теплоснабжение населения и других потребителей обеспечивается свыше 10 тысячами котельных малой мощности, коэффициент полезного действия (КПД) которых не превышает 70-80%.

Общее техническое состояние котельных предприятий коммунальной теплоэнергетики неудовлетворительное. Срок эксплуатации 57% котельных превышает 30 лет, в 38% котельных эксплуатируются малоэффективные устаревшие котлы типа НИИСТУ-5, Универсал, Энергия, КЧМ, МГ, Минск, Тула, Ревокатова, НР-18, Тютюнника и т.п. с низким КПД, устаревшей автоматикой и горелочными устройствами, которые обуславливают значительные затраты топлива.

В нынешних условиях необходимо начинать с соответствия оборудования сегодняшним и перспективным требованиям. Действующие нормативы требуют, чтобы котлы имели КПД не ниже 90%. Только замена или реконструкция этих котлов на современные заметно уменьшит затраты энергоносителей на стадии производства тепловой энергии, но для этого необходимы большие средства, которые не предусмотрены бюджетом.

На среднесрочную перспективу предполагается техническое переоснащение котельных с заменой малоэффективных котлов на

современные типа КВ-ГМ, ВК, Ксва, НКА и других производительностью до 3 Гкал/ч с КПД 90-92%. Альтернативным мероприятием является дальнейшая реконструкция действующих малоэффективных котлов, в частности типа НИИСТУ-5, которые находятся в эксплуатации около 10 тыс. единиц, или 30% количества установленных котлов подотрасли, с повышением КПД до 90-92% и увеличением их мощности. Общая стоимость капиталовложений в реконструкцию одного котла составляет 6 тысяч гривен, которые в несколько раз меньше, чем замена на новый котел типа ВК. Экономия газа только от одного реконструированного котла данного типа составляет 44 тыс.куб, метров за отопительный сезон.

Продолжить работы по выводу из эксплуатации нерентабельных котельных и центральных тепловых пунктов с переключением их тепловых нагрузок на квартальные и районные котельные.

Внедрение автономных источников теплоснабжения может осуществляться в тех районах городов и населенных пунктов, где отсутствуют системы централизованного теплоснабжения при наличии технико-экономического обоснования. Воплощение программы децентрализации теплоснабжения (крышные, встроенные и пристроенные котельные) будет осуществляться для отдельных потребителей, которые расположены на большом удалении от централизованных источников. Как правило, такие котельные используют природный газ и работают в автоматизированном режиме. Практически отсутствуют потери тепла в тепловых сетях, вследствие чего значительно снижается стоимость тепловой энергии, по сравнению с централизованными источниками.

Целесообразным мероприятием является отказ от использования паровых котлов, переводение их работы в водогрейный режим, который будет оказывать содействие повышению КПД котельных и сбережению топлива.

Перспективным направлением в техническом перевооружении тепловых источников есть переводение действующих крупных котельных в режим комбинированного производства тепловой и электрической энергии за счет их надстройки газотурбинными установками и использование турбогенераторных и турбодетандерных установок которые вырабатывают электроэнергию при перепадах давления пара и газа, который приводит к дополнительному получению тепла и конденсационного производства электроэнергии (мини-ТЕЦ), дает возможность усовершенствовать системы учета отпуска теплоэнергии регулирование тепловых режимов.

Это направление известно давно, но не было отечественных турбин малой мощности от 250 кВт до 3 МВт. Разработку и выпуск соответствующего оборудования осуществляет НПО "Турбоатом" г. Харьков, предприятия военно-промышленного комплекса, а также

возможная поставка турбоустановок : Российской Федерации. В частности, предприятие "Турбокон" РФ с 1993 г. разрабатывает и изготавливает турбины малой мощности вместе с Калужским турбинным заводом (г. Калуга РФ). На сегодняшний день выпущен свыше 40 турбогенераторов, работающих в России, Белоруссии, Казахстане, Дании и других стран.

Для каждой конкретной котельной выполняется технико-экономическое обоснование целесообразности установки турбины. Сейчас турбины устанавливаются в промышленных котельных, в основном с паровыми котлами ДКВР и где работают в схеме котельной вместо РОК, на перепаде давления пара от котла производственного отбора пара или теплообменника.

Предприятиями коммунальной электротеплоэнергетики приняты на баланс, от промышленных предприятий, котельные с паровыми котлами, мощность которых оказалась невостребованной на производственные нужды. В связи с этим в таких котельных необходимо размещать турбогенераторы малой мощности для производства электроэнергии как для собственных нужд, так и для коммерческой реализации другим потребителям.

Актуальным есть внедрение когенерационных технологий на базе научных разработок Института теплофизики НАН Украины. Пристройка к существующим котлам дизель-генераторов мощностью до 30 МВт на газовом топливе производства Харьковского завода им. Малышева для городов Украины дает возможность при уже сформированном рынке услуг на тепловую энергию решить вопрос локального обеспечения и электрической энергией с высоким коэффициентом использования первичных энергоносителей. Экономический эффект составляет 3,5 млн. гривен от одной котельной мощностью 40 Гкал/час. Срок окупаемости около 3-х лет. В Украине, Российской Федерации и Белоруссии разработаны проекты установки и опытные образцы турбин в отопительных котельных коммунальной электротеплоэнергетики, которые будут работать в системах горячего водоснабжения, мощностью турбин 100-150 квт.

Переоборудование котельных в мини-ТЕЦ дает возможность обеспечивать собственные нужды предприятия в электрической энергии. Себестоимость электроэнергии, произведенной таким способом, как показывают расчеты, затраты условного топлива на производство 1 квт.час электроэнергии ориентировочно составляют 150-160 грамм вместо 370-372 грамм в среднем по тепловым электростанциям Минтопэнерго Украины.

Переоборудование котельных в мини-ТЕЦ обеспечит сокращение суммарных затрат топлива на производство тепловой и электрической энергии не меньше как на 20 процентов, уменьшение в 2-3 раза затраты

средств в сравнении со строительством новых конденсационных электростанций, сокращение в 2-5 раз сроков окупаемости в сравнении с ТЭС, сокращение потерь электроэнергии в линиях электропередач, а также улучшит состояние естественной окружающей среды в первую очередь, уменьшение выбросов токсичных веществ в атмосферу.

В перспективе в области коммунальной электротеплоэнергетики предполагаются также следующие мероприятия, которые касаются развития источников теплоснабжения:

- применение современных горелок котельных с низкой эмиссией оксидов серы и азота;

- организация выпуска и применение более эффективной и надежной автоматики регулирования и защиты котлоагрегатов и в целом котельных;

- внедрение микроконтролерной системы управления технологическим процессом работы котлов;

- кольцевание действующих источников тепла и создание возможности их параллельной работы;

- диспетчеризация системы учета и контроля технологического процесса распределения тепловой энергии;

- компьютеризация, автоматизация систем управления и контроля за процессами производства тепловой энергии;

- корректирование управления процессов горения газа за содержанием СО в выходящих газах с регулированием тягодутьевыми машинами с помощью **теристорных** преобразователей;

- оборудование котельных эффективными утилизаторами тепла отводящих газов от котлов, которое дает возможность экономить природный газ;

- внедрение новой технологии химической подготовки воды котельных и ТЭЦ с использованием катионита "Пьюролайт С-100";

- внедрение высокоэффективной технологии приготавливания и сжигание в топках котлов жидкого топлива - топливных эмульсий и оборудование для ее реализации. Эта технология дает возможность сжигать высоковязкие и некондиционные мазуты. Экономия топлива составляет до 7 процентов;

- внедрение стационарных газоанализаторов оптимизации процесса горения;

- внедрение электронасосных агрегатов с широким диапазоном рабочих характеристик, которые разрешают оптимизировать затраты энергии на приводах насосов.

Тепловые сети

На балансе предприятий коммунальной электротеплоэнергетики находится 34,6 тыс.км в двухтрубном исчислении магистральных, разветвленных и распределительных тепловых сетей диаметром от 50 до 800 мм. Подача тепловой энергии (транспортирование) от источников

тепла к потребителям осуществляется по сетевым трубопроводам, теплоносителем является вода с температурой от 95 до 150 °С.

Тепловые сети проложенные преимущественно в непроходимых железобетонных каналах разных конструкций изоляцией из минеральной ваты, имеют большое количество повреждений изоляции, не защищенные от проникновения грунтовых вод и других вод из сопутствующих коммуникаций. Это приводит к замачиванию теплоизоляции, интенсивной внешней коррозии металла труб и, как следствие, до многих повреждений с появлением свищей и разрывов трубопроводов.

В целом состояние тепловых сетей неудовлетворительное. Свыше 3000 км тепловых сетей, или 14% находятся в обветшалом и аварийном состоянии, 7700 км, или 34,7% самортизовано. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется 70 повреждений. Потери тепловой энергии в трубопроводах магистральных сетях превышают 10%, а суммарные потери с учетом распределительных сетей до 30%, что эквивалентно потерям 1 млн.тн. условного топлива на год.

Общий износ тепловых сетей составляет близко 70%. Свыше нормативного износа имеют тепловые сети и распределительные сети жилых домов и объектов соцкультбыта (больниц, детсадов, школ и др.). Объем замены физически сработанных трубопроводов тепловых сетей не отвечает нормативам и надежности теплоснабжения.

Из-за ограниченности средств объемы перекладки и замены тепловых сетей ежегодно уменьшаются. Так, в Харьковском областном производственном объединении тепловых сетей "Харьковтеплоэнерго" при годовой норме перекладки распределительных сетей 190 км переводится в год в среднем около 50 км, или 28% нужного объема, а магистральных теплосетей за последние 5 лет заменено около 20 км вместо необходимых 30 км в год. На предприятиях "Донецктеплокомунэнерго", "Днепротеплоэнерго", "Киевжилтеплокомунэнерго", "Комуненергия" г.Ровно, "Тернопольтеплокомунэнерго", "Черкастеплокомунэнерго", «Севтепло энерго» и других заменяется дефектных трубопроводов тепловых сетей от 20 до 40% в год.

В целом по подотрасли жилищно-коммунального хозяйства коммунальной электротеплоэнергетике при нормативной потребности перекладывания тепловых сетей в объеме 900 км ежегодно заменяется лишь около 500 км, или 55 процентов. За последние 5 лет приложено труб с пенополиуретановой изоляцией на сумму свыше 3 млрд. гривен.

Вследствие снижения объемов замены физически изношенных трубопроводов магистральных тепловых сетей удельный вес повреждений за последние 6 лет увеличилась с 0,9 на 1 км в год до 1,25 повреждений в 2009 году, или на 26 процентов.

Для обеспечения качественного теплоснабжения потребителей, уменьшения потерь теплоэнергии в трубопроводах необходимо

теплосети тщательно теплоизолировать и защищать их от коррозии. Наибольший эффект с точки зрения потенциальной экономии топливно-энергетических ресурсов, увеличение срока службы теплосетей, как показывает опыт эксплуатации, при строительстве новых, реконструкции и капитальном ремонте существующих тепловых сетей дает применение теплоизоляционных материалов с улучшенными характеристиками и применение предварительно изолированных трубопроводов. Широчайшее использование в транспортирующих системах получили трубопроводы на базе предварительно изолированных труб с использованием пенополиуретана.

Опыт областного производственного объединения "Харьковтеплоэнерго", теплоснабжающих предприятий г. Киева, Житомира, Днепропетровска, Донецка, Луганска, Львова, Ровно, Черкасы, Чернигова и других городов в прокладке и ремонте трубопроводов тепловых сетей в пенополиуретановой изоляции показывает, что эксплуатация таких труб имеет значительные преимущества. Трубы прокладываются очень быстро и надежно. Они имеют в 2 раза лучшие теплотехнические показатели изоляции, уменьшают в три раза нормативно-эксплуатационные затраты, потери тепла практически сокращаются к минимуму, срок службы их свыше 30 лет, не требуется особых профилактических мероприятий.

Минрегионстроем Украины согласно распоряжению Кабинета Министров Украины от 31 марта 1999 года рекомендовано проектным организациям в процессе разработки проектно-сметной документации для сетей горячего водоснабжения и отопления, а также предприятиям и организациям, которые осуществляют строительство, реконструкцию, ремонт и эксплуатацию таких систем, применять предварительно изолированные стальные трубы с пенополиуретановой изоляцией и защитной оболочкой из полиэтилена низкого давления, предварительно изолированные трубы из полипропилена с пенополиуретановой изоляцией и защитной оболочкой из полиэтилена низкого давления, предварительно изолированную трубопроводную продукцию "Энофлекс" (трубы из сотового полиэтилена с защитной гофрированной оболочкой из полиэтилена низкого давления).

Применение современной трубопроводной продукции из полимерных материалов позволяет более чем в 10 раз снизить энергетические потери в системах горячего водоснабжения и отопления.

Тем не менее, основным недостатком применения труб с пенополиуретановой изоляцией является высокая стоимость и значительный срок окупаемости. В связи с этим замена трубопроводов тепловых сетей на предварительно изолированные с пенополиуретановой изоляцией проводится во многих городах и населенных пунктах Украины медленно. В связи с этим предприятиями

коммунальной электротеплоэнергетики и другими организациями проложено предварительно изолированных труб в пенополиуретановой изоляции по Украине только 5 процентов от общей протяжности тепловых сетей.

При замене существующих тепловых сетей и прокладке новых применить единую техническую политику в производстве и внедрении промышленных теплоизолированных труб. Поставка всей системы в полной комплектации: труба, фасонные элементы, задвижная арматуры, материалы для изоляции стыков и система оперативного дистанционного контроля. При прокладке предварительно изолированных труб необходимо предусматривать систему сигнализации для выявления повреждений тепловых сетей. Отпуск тепловой энергии от источников осуществлять, как правило, за повышенными температурными графиками 150°-70°С, 170°-70°С, с верхней срезкой на 100-120 °С. Это даст существенную экономию электроэнергии и топлива, а также даст возможность уменьшить диаметры теплопроводов.

В ряде городов Украины для повышения надежности и экономичности работы систем теплоснабжение предполагается:

- широкое применение системы диагностики повреждений тепловых сетей и проведение на ее основе мероприятий, которые значительно уменьшают объемы капитальных вложений на замену изношенных теплосетей;

- применение частотного регулирования на установках горячего водоснабжения теплораспределительных станций и насосных установках котельных, вследствие чего потребление электроэнергии уменьшается в 1,5-2 раза. Срок окупаемости около 1 года;

- замена или оснащение индивидуальных тепловых пунктов автоматикой по поддержанию температуры горячей воды и теплоносителя согласно графику (температур воздуха в помещениях) и учета потребленного тепла. Это дает возможность сократить затрату воды в магистральных тепловых сетях, электроэнергии и топлива.

С целью повышения надежности теплосетей с предварительно изолированными трубами в пенополиуретановой изоляции предприятия коммунальной электротеплоэнергетики намечают привлекать производителей теплоизоляционных материалов (промышленных предприятий) на строительство, теплосетей "под ключ", т.е. включая проектирование, поставку материалов, строительство и сервисное обслуживание. Кроме этого, владея значительными основными фондами, промышленные предприятия имеют возможность дать реальную гарантию на весь комплекс работ. Такая практика существует в большинстве стран с переходной экономикой.

Преобразование производителей теплоизоляционных материалов в генподрядчиков имеет и другое экономическое преимущество. В

частности, предприятия-производители, которые оперируют весомыми оборотными средствами, при реализации проектов могут взять на себя кредитование не только материалов, а и строительно-монтажных работ, которые составляют в Украине до 30% стоимости оборудования. Эта возможность широко используется во многих странах, но почти не практикуется в Украине.

Центральные тепловые пункты и бойлерные

Тепловые пункты центральные (ЦТП) и индивидуальные (ИТП) в зависимости от назначения и этажности домов, а также от условий присоединения к внешним инженерным сетям обеспечивают потребность систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. Для этой цели в тепловых пунктах устанавливаются теплообменники (водонагреватели) и насосные агрегаты, системы автоматизации, контрольно-измерительные приборы и другое оборудование.

В районах массовой застройки управления Инженерными системами осуществляется через ЦТП, которые, как правило, оборудуют в отдельных домах. ЦТП, которые рассчитаны на обслуживание групп домов или микрорайонов, используют повторно применяемые проектные решения что позволяет унифицировать сложные инженерные системы и оборудование и обеспечить их изготовление в виде готовых систем и крупных блоков полной заводской готовности.

ИТП монтируются в подвальных или пристроенных к зданиям помещений для нужд горячего водоснабжения.

Главным элементом тепловых пунктов является теплообменник. На многих тепловых пунктах эксплуатируются устаревшие кожухотрубные водоподогреватели с низким коэффициентом теплопередачи, находящиеся в неудовлетворительном техническом состоянии, присоединение их к тепловым сетям зачастую не отвечает требованиям действующих норм и правил, а также занимают значительную площадь помещения. Около 40% тепловых пунктов находится в обветшалом и аварийном состоянии, что приводит к постоянным перебоям в системах горячего водоснабжения и в следствие чего к перерасходу топливно-энергетических ресурсов.

Теплообменники, которые имеют вышеуказанные недостатки, необходимо заменять на новые. Имеет место, когда в действующих домовых тепловых пунктах отсутствуют теплообменники, а горячее водоснабжение обеспечивается от ЦТП, который расположен за пределами дома. В этом случае целесообразно установить новый водоподогреватель в индивидуальном тепловом пункте дома. Расчеты показывают о целесообразности постепенной ликвидации ЦТП чотырехтрубной системы теплоснабжения, переводение потребителей на двухтрубную с реконструкцией тепловых сетей и монтаж индивидуальных домовых тепловых пунктов для нужд горячего

водоснабжения. Здания ЦТП, которые освободились, возможно использовать для переоснащения под котельные. По реконструкции ЦТП с переоборудованием в котельные заслуживает опыт областного коммунального предприятия "Лугансктеплокомунэнерго". Так, в г. Теплогорске жилищный фонд обеспечивался теплом от котельной шахты, которая работала на угле с КПД меньше 70%. Протяженность транзитной теплосети от котельной до ЦТП и ближайших потребителей тепла составляет больше 2 км.

Потери тепла в теплосети превысили 40%. После закрытия шахты потребители на протяжении нескольких лет практически не получали тепла. Предприятием выполнены работы по реконструкции действующего ЦТП с переоборудованием его под котельную. Кроме социального эффекта, достигнута существенная экономия энергоресурсов. За счет приближения котельной к потребителю, сокращения потерь тепла в теплосетях, использования высокоэффективных котлов Ксва-зг "Луганск" с КПД 92% сэкономлено свыше 30% топлива. Аналогичная работа проводится и с другими ЦТП. В перспективе переоснащения ЦТП намечается в Житомире, Виннице, Черкассах, Чернигове и других городах Украины.

Предполагается в дальнейшем развернуть реконструкцию ЦТП и бойлерных. В г. Запорожье и других городах все бойлерные будут переоснащены пластинчатыми подогревателями с качественным и количественным регулированием. В г. Виннице и других городах области намечено переоборудование ЦТП высокоэффективными автоматизированными водонагревательными модулями на базе пластинчатых теплообменников. В г. Харькове и городах области в перспективный период будет продолжена работа по переводу системы теплоснабжения с четырёхтрубной схемы на двухтрубную с ликвидацией ЦТП и установкой блочного автоматизированного ИТП у каждого абонента. Это уменьшает потери тепла при его транспортировании на 5-6 процентов.

Техническое перевооружение существующих ЦТП будет продолжено в г. Ровно, других городах Украины. Для чего предполагается:

- выполнение работ по замене скоростных водоподогревателей на современные пластинчатые типа "Альфа-Лаваль" (Швеция), ТТАІ (тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицирован) с высокой целостностью теплового потока, которые выпускаются предприятием "Теплообмен" (г. Севастополь), пластинчатые теплообменники производства АО «Содружество-Т» (г. Харьков), которые свыше 3000 единиц уже эффективно работают в городах 24 областей. В г. Киеве установлено 2000 единиц оборудования;

- оборудование существующих ЦТП, которое эксплуатируется, современными приборами учета горячей воды с интеллектуальными датчиками давления и температуры;

- проведение замены существующей запорной арматур на узлах учета горячей воды в ЦТП на современную с классом герметичности затвора-0;

- применение независимых схем присоединения потребителей к тепловым сетям с устройством ЦТП (ИТП) по независимыми схемами с приготовлением теплоносителя для систем отопления и горячего водоснабжения;

- применение схем присоединения потребителей горячего водоснабжения по независимым схемам и применение емкостных подогревателей горячего водоснабжения с целью уменьшения максимальных тепловых нагрузок на систему теплоснабжения.

Стоимость мероприятий по техническому перевооружению и реконструкции ЦТП, установкой ИТП для подотрасли коммунальной электротеплоэнергетики жилищно-коммунального хозяйства Украины оценивается величиной 650 млн. гривен.

Учет топливно-энергетических ресурсов

Для обеспечения систематического контроля за потреблением тепловой энергии и коммерческого учета внедряются в каждой котельной, ЦТП, дома современные счетчики тепла.

Системы учета тепловой энергии должны базироваться на передовых мировых технологиях и разрешать организацию мониторинга потребления энергии каждым потребителем. Приоритет безусловно за ультразвуковыми приборами учета.

Установка современных систем учета тепловой энергии обеспечивает точность учета, постоянный контроль их к внедрению мероприятий из экономного расходования теплоэнергии. Сегодня отсутствует однозначный метрологический подход к приборам измерений на объектах учета тепла. Стандарты в Украине не стимулируют создания высококачественных приборов измерения тепла, а также надлежащим образом не подтвержденные экспериментально. Еще не сделано научно-обоснованных правил оценки метрологических характеристик указанных систем измерений. Есть необходимость сопровождения приборов учета тепловой энергии совершенной метрологической базой.

Необходимо исключить счетчики с Госреестра устаревшего типа: ТОР-50, 65, 100; ОПТ-90 и прочие, которые не отвечают современным требованиям.

Для недопущения ошибок при выборе средств измерения тепловой энергии и напрасного расходования государственных средств разрабатываются рекомендации к порядку оснащения узлов учета тепла потребителей. При этом учитывается, что на тепловых счетчиках, где расходомерами используются счетчики воды, погрешность измерения при эксплуатации значительно увеличивается. Поэтому учет тепловой энергии, как правило, осуществляется на ультразвуковыми, электромагнитными или вихревыми счетчиками воды.

Опыт эксплуатации показывает, что измерительные средства целесообразно внедрять с передатчиками Информации от счетчиков тепла на единые центры. Уже проводится работа по созданию в городах Украины сервисных центров энергоучета с установкой регуляторов тепловых потоков на абонентских вводах потребителей, оснащенных городской автоматизированной системой дистанционного контроля и управления, создание информационно-управляющих систем теплоснабжения.

Важной является установка приборов учета тепла у потребителей, внедрение энергосберегающих мероприятий в жилищно-коммунальной и бытовой сфере, которая обеспечивает наибольшую экономию топливно-энергетических ресурсов в цепи производство, передача, распределение и потребление тепла. Поэтому предприятиями коммунальной электротеплоэнергетики разработаны программы оснащения существующего жилищного фонда приборами учета и регулирования. Внедрение программы поэтапного оснащения жилищного фонда приборами учета и регулирования воды и тепловой энергии до 2010 года и об оснащении объектов бюджетной сферы счетчиками воды и тепловой энергии, которые утверждены постановлениями Кабинета Министров Украины, находятся под постоянным контролем. Тем не менее, внедрение этих программ тормозится отсутствием централизованных денежных средств.

Для обеспечения поквартирного учета тепла домов разрабатываются проекты жилых домов с оборудованием горизонтальных поквартирных подключений нагревательных приборов. Для этого возникает потребность просмотра нормативных документов по проектированию внутренних систем отопления многоэтажных домов. Заводом-изготовителем приборов учета теплоэнергии необходимо разработать и запустить в производство отечественные приборы учета тепловой энергии.

Организация выпуска современных отечественных систем учета тепла и их применение необходимо осуществлять с классом точности 1,0-1,5 и надежных водомеров с классом точности 1,0-1,5 для достоверного учета воды и их замена в котельных и у потребителей.

В связи с массовым внедрением приборов учета в отоплении и горячем водоснабжении появляется необходимость осуществлять плановый учет распределения потребленной теплоэнергии в единой единице измерения - Гкал, так как невозможно проводить учет такой, который проводится в нынешних условиях - в метрах квадратных, метрах кубических и Гкал. Уже сейчас свыше 30% населения Украины платят за тепло по тарифу за 1 Гкал в отопительный сезон. Те потребители, которые не имеют приборов учета, платят в расчете на протяжении года и этим категориям потребителей невозможно выставить счет за фактически потребленную теплоэнергию.

Еще больше этот вопрос обостряется вследствие требований газоснабжающих организаций за предыдущую оплату и оплату за фактически потребленный природный газ в полном объеме. Поэтому распределение тепловой энергии пропорционально тепловой нагрузке каждого потребителя является единым методом учета фактического потребления теплоэнергии.

В связи с этим все тарифы на тепловую энергию отопления и подогрев воды необходимо рассчитывать только на единицу ее измерения - 1 Гкал независимо от начисления оплаты за потребленную тепловую энергию приборами учета или расчетным способом. Оплата тепловой энергии для отопления жилых домов платится населением равными долями ежемесячно на протяжении года. Это вызывает у населения справедливые вопросы, так как летом отопление отключено, а платить теплоснабжающим предприятиям за него необходимо. Поэтому предусматривается переход на дифференцированную оплату за тепловую энергию, в зависимости от времени года без увеличения ее среднегодовой величины. Такой подход дает возможность реальной оплаты, и выполнять требования газоснабжающих предприятий, а также иметь денежные ресурсы на оборотные средства, ремонтные фонды, на обновление основных средств производства, в том числе на выполнение энергосберегающих проектов. Представляется в полном объеме использовать внутренние инвестиционные возможности. При действительном положении нет возможности использовать посторонние и привлеченные финансовые ресурсы при действующем налоговом законодательстве, бюджетной политике, отсутствии государственной поддержки.

Переход на дифференцированные тарифы на протяжении года в подотрасли коммунальной электротеплоэнергетики дает возможность ритмично работать предприятиям. В тот же время это ставит задачу переосвидетельствованию ценообразования на тепловую энергию и тарифной политики и признание тепла товаром. Действующая система регулирования цен на энергию и энергоносители неэффективная, поскольку в ней не заложены механизмы стимулирования энергосбережения, снижение энергоемкости, элементов конкуренции.

Дальнейшее углубление экономических реформ, намеченное повышение жизненного уровня населения и ускоренное развитие социальных преобразований создадут благоприятные условия для постепенной отмены дотации потребителям тепловой энергии в жилом секторе. Это означает, что введение цен на тепловую энергию для населения должно быть таким, которое бы обеспечило покрытие всех затрат на производство, передачу и распределение тепла с учетом инвестиций на развитие и техперевооружение подотрасли коммунальной электротеплоэнергетики.

Основа ценообразования на тепловую энергию в коммунальной электротеплоэнергетике в условиях рыночных отношений должна базироваться на следующих принципах:

1. Цена на теплоэнергию должна обеспечивать надежность теплоснабжения и содержание резерва тепловых мощностей.

2. Цены на тепловую энергию в период формирования рыночных отношений должны контролироваться государством.

3. Цена должна учитывать интересы, как производителей, так и потребителей тепловой энергии.

4. Цена должна возмещать нормативные затраты (себестоимость) и включать рентабельность не меньше 20%.

5. Цена должна стимулировать инвесторов вкладывать средства в развитие коммунальной электротеплоэнергетики.

6. Цены на тепловую энергию должны стимулировать внедрение энергосберегающих технологий, нетрадиционных и возобновительных источников энергии.

На протяжении реализации программы развития коммунальной электротеплоэнергетики, внедрение реформ ценообразования необходима реализация проблем с тарифами:

- изучение спроса на тепловую энергию;
- внесение изменений в законодательство в части пересмотра Правил пользования тепловой энергией;
- отмены НДС в тарифах на услуги теплоснабжения, которые предоставляют населению и бюджетным организациям теплоснабжающие предприятия;
- обновление в перспективе на новом техническом уровне измерительной базы;
- использование новых типов счетов и усовершенствование действующего порядка расчетов;
- создание совершенного информационно-вычислительного комплекса для контроля за использованием новых тарифов.

Анализ деятельности предприятий коммунальной электротеплоэнергетики показывает, что теплоснабжение в последние годы является убыточным вследствие постоянного роста затрат (себестоимости) по независящим от предприятий причинам. Эти изменения в законодательстве и нормативных актах, изменения размеров тарифов и цен на энергоносители и прочие. В связи с этим тарифы на тепловую энергию нуждаются в постоянной корректировке.

Как показывает практика, просмотр и утверждение тарифов в обл/гор/госадминистрациях занимает продолжительное время. Местные органы власти, которые осуществляют государственное регулирование тарифов на тепловую энергию, по разным причинам задерживают своевременный пересмотр тарифов. Как правило, одной из причин есть отсутствие в их штатах квалифицированных специалистов, способных своевременно провести в жизнь это важное решение.

Необходимо применение гибкой тарифной политики. Реформирование тарифов на услуги теплоснабжения должно вестись путем установления только предельного уровня рентабельности вместо фиксированного размера без перемен на протяжении нескольких лет. А право утверждения конкретных размеров тарифов предоставить предприятиям коммунальной электротеплоэнергетики на основании законодательных актов. Для чего, уже сегодня необходимо создавать теплоснабжающим предприятиям условия для своевременного самостоятельного регулирования тарифов на основании обоснованных факторов.

Нетрадиционные и обновленные источники энергии

Вопрос экологии и дефицита топливно-энергетических ресурсов в Украине обуславливают необходимость разработки и внедрения технологий, использование альтернативных топливных ресурсов и источников энергии.

Наиболее весомым из этих источников в коммунальной электротеплоэнергетике есть солнечная энергия. Она экологическая, сохраняет энергетические ресурсы и неуклонно снижает вредные выбросы в атмосферу. Солнечное тепло является независимыми от повышения цен на энергию. Целесообразно и, безусловно, удобно использовать солнечные коллекторные установки для подогрева воды.

Использование солнечных теплообменников целесообразно на таких объектах, как детские садики, предприятия общественного питания, санатории, дома отдыха, плавательные бассейны, теплицы, оранжереи, зимние сады и т.п.

В южных регионах Украины есть возможность применять гелиоустановки с доведением производства тепла до 10-15% от общей потребности. В летнее время до 50% потребления горячей воды можно обеспечить от гелиоустановок.

В г. Херсоне в перспективный период предполагается устройство гелиосистем для систем горячего водоснабжения в домах при новом строительстве.

Климатические данные Украины дают возможность эффективно внедрять установки по использованию тепла из окружающей среды: фунта, воды, воздуха. Все они аккумулируют солнечную энергию. Для практического использования этих источников тепла учитывается достаточная доступность, накопительское свойство, температурный уровень, достаточная регенерация, польза разработки в финансовом плане, затраты на техобслуживание.

Для отопления и приготовления горячей воды рассматривается возможность использования тепловых насосов. Для этого намечается максимальное использование геотермальных водных месторождений Крыма и Карпат. Предполагается также использование глубинного тепла Земли на нужды теплоснабжения в г. Херсоне и теплонасосных

установок. Кроме этого, в г.Херсоне, Одессе и других городах и населенных пунктах намечено внедрение установок с использованием биогаза, который образовывается при биохимическом распаде бытового мусора, а также сельскохозяйственных отходов, некоторых промышленных отходов.

В период 2010-2030 год учитывается использование других нетрадиционных и возобновительных источников энергии с постоянным наращиванием их объемов на период до 2030 года. Всего предполагается освоить использование указанных альтернативных видов энергии в эквивалентном перерасчете, который будет отвечать 3,5 млн. тонн условного топлива. На этот объем будет сокращена потребность в традиционных топливно-энергетических ресурсах и в первую очередь импортированного природного газа.

Для частичного покрытия тепловых нагрузок и сокращения топлива предусматривается использование мусоросжигательных установок в городах Украины, а также использование в котельных собственных видов топлива - торфа, дров и отходов дерева, угля, соломы, отходов сельскохозяйственного и промышленного производства и других децентрализованных заготовок разных видов местного топлива. По экспертным оценкам ресурсы топлива при надлежащей организации этой работы оцениваются до 350 тыс.тут в год.

Потребность в топливе и топливообеспечение ТЭЦ и котельных

При расчетах потребности в топливе принято возможное сокращение затрат топочного мазута и природного газа и увеличение использования угольной продукции собственной добычи и новые технологии его сжигания, а также нетрадиционных видов топлива, возобновительных источников энергии и вторичных топливно-энергетических ресурсов. Природный газ предусматривается использовать на более экономичном теплоэнергетическом оборудовании (газотурбинные надстройки, парогазовые установки, мини-тэц). В тот же время возможности высвобождения природного газа ограничиваются низким качеством угля, недостаточностью собственных ресурсов угольной продукции и наличием котельных агрегатов, которые работают только на газе.

Общие затраты органического топлива на производство и отпуск электрической и тепловой энергии в 2010 г. составляют 10-10,5 млн. туп, а в 2030 г. - оценочно 12 млн. т условного топлива, из него около 80% природного газа.

Ресурсы собственного угольного топлива для теплоисточников могут быть обеспечены при условии реализации программы угольной промышленности Украины и ее социальной сферы.

Уровни теплоснабжения

В расчет определения оптимальных уровней потребления тепловой энергии приняты основные принципы прогнозирования, которые учитывают будущие -структурные сдвиги в экономике Украины и в

коммунальной электротеплоэнергетике сферы жилищно-коммунального хозяйства. В расчетах прогнозного периода заложено максимально ожидаемое удовлетворение потребности в тепловой и частично электрической энергии социальной сферы. При этом учтен прогноз объемов прироста и вывод из эксплуатации жилищного фонда, помещений, сооружений коммунально-бытового и социально-культурного назначения, прогнозной численности населения, а также климатологических особенностей географических регионов Украины.

Расчетная потребность в топливно-энергетических ресурсах жилищно-коммунального хозяйства на период до 2010 года, определенная в Национальной энергетической программе и удовлетворяет полностью социальную сферу, а на дальнейшую перспективу будет определена при разработке программ Стратегии.

Обеспечение нормального функционирования коммунальной электротеплоэнергетики Украины так и национальной экономики Украины за определенными уровнями энергопотребления возможно при осуществлении государственной политики энергосбережения.

Энергосбережение, стратегические направления и цели

Обеспечение нужд подотрасли коммунальной электротеплоэнергетики в топливе и энергии, которые будут возрастать, как в современных условиях, так и на перспективу возможно при систематическом уменьшении удельных затрат их на единицу отпущенной тепловой и электрической (на ТЕЦ) энергии.

Экспертная оценка прогноза снижения затрат энергоносителей в коммунальной электротеплоэнергетике возможна. В ближайшие годы, при наличии соответствующих условий без затрат, или с незначительными финансовыми и материальными затратами есть возможность обеспечить до десятипроцентное снижение затрат ПЕР, что составляет свыше 1 млн. туп на год. Еще более весомое уменьшение ПЕР будет достигаться при широком применении учета, затрат топлива и энергии, прогрессивной ценовой и тарифной политике, осуществлении мероприятий по структурной перестройке подотрасли и привлечение значительных инвестиций в новые технологии.

Предполагается переводение подотрасли коммунальной электротеплоэнергетики, как и всей экономики Украины, с энергорастрачиваемого пути на энергосберегающий на основе воплощения новой стратегии государственной политики энергосбережения. Проведение энергосберегающей политики в подотрасли предусматривает в соответствии с Законом Украины "Об энергосбережении", который принят Верховной Радой Украины от 1 июля 1994 года. В указанном Законе предусмотренные разработки первоочередных законодательных актов, экономических механизмов, направленных на приобретение развития энергетического кризиса и заложенные основы для реализации политики энергосбережения.

Предполагается ужесточить требования к предприятиям коммунальной электротеплоэнергетики относительно разработки и применению ныне и на перспективу энергетических паспортов и внедрение энергосберегающих мероприятий и технологий при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Энергосбережение должно обеспечить сокращение затрат топливно-энергетических ресурсов, стать основным фактором оздоровления коммунальной электротеплоэнергетики, усовершенствование противозатратного механизма ценообразования и тарифной политики в теплоснабжении, оказывать содействие дальнейшему эффективному развитию систем теплоснабжения. Эти перспективные задачи, намеченные в Национальной энергетической программе Украины, комплексной государственной программе по энергосбережению, региональных программах энергосбережения и приобретут дальнейшую разработку и выполнение в перспективный период до 2030 года.

Политика энергосбережения, технического перевооружения коммунальной электротеплоэнергетики должны осуществляться через бюджетное финансирование.

Основные направления научно-технического прогресса в коммунальной электротеплоэнергетике

На период до 2030 г. и дальнейшую перспективу основными направлениями есть:

- дальнейшее развитие производства, передачи и распределения тепловой энергии на базе собственных топливных ресурсах и отечественном энергомашиностроении.

Для этого определены:

- создание теплоэнергетического и электротехнического оборудования, которые отвечают требованиям надежности, эффективности и экологичности и в первую очередь котельных агрегатов малой и средней мощности;
- обеспечение комплексной автоматизации технологических процессов производства, транспортирование и распределение тепловой энергии;
- создание информационных управляющих систем теплоснабжения.

Для обеспечения выполнения работ, связанных с исследованиями и разработкой новых технологий, предусматривается создание соответствующих подразделов в научно-исследовательских и проектных организациях системы жилищно-коммунального хозяйства.

ОАО "Проектному и научно-исследовательскому институту по газоснабжению, теплоснабжению и комплексному благоустройству городов и населенных пунктов Украины «УкрНИИижпроект»", Мынрегионстроя Украины целесообразно восстановить разработки перспективных на 10-15 лет схем теплоснабжения городов и населенных пунктов Украины. В схемах обосновывается экономическая

целесообразность проектирования и строительства новых, расширение и модернизация действующих тепловых источников и тепловых сетей, разумное объединение централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения с учетом оптимальных капитальных вложений, применение энергосберегающих технологий, охраны окружающей среды.

Внедрение энергосберегающих технологий и техники закладывается уже на стадии проектирования.

Разработка схем теплоснабжения населенных пунктов позволит оптимизировать систему их теплообеспечения путем закрытия или модернизации нерентабельных объектов коммунальной теплоэнергетики, внедрения когенерационных и тригенерационных установок, а при необходимости строительство новых котельных с использованием новейших энергосберегающих технологий. На 02.08.2010 в Минжилкохоз Украины подано 192 схемы теплоснабжения населенных пунктов, из них 116 схем возвращены на доработку, в Реестр внесено 55 схем, в разработке находится 21 схема.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Постановка проблеми. Проблема енергозбереження в усіх галузях виробництва, споживання та обслуговування набула стратегічного значення в зв'язку зі зменшенням запасів природних енергоносіїв на Землі, значним підвищенням трудовитрат та коштів на їх видобування, погіршення екології та негативний вплив на клімат від їх спалення. В Україні все це відбувається на фоні високого питомого енергоспоживання в порівнянні з передовими країнами.

В будівництві високе енергоспоживання закладається ще в процесі проектування, що пов'язане з недосконалими об'ємно-планувальними рішеннями будівель, неврахуванням впливу кліматичних параметрів на їх форму, недостатньою проектною теплоізоляційною здатністю огорожувальних конструкцій, нераціональною площею світлопрозорих конструкцій. Енергоспоживання також збільшується із-за низького рівня виконання будівельних робіт, несвоєчасним проведенням заходів із збереження теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій та ліквідації втрат в системі тепlopостачання.

Спираючись на проведені дослідження і досвід з їх реалізації, вчені з прикладної геометрії можуть внести свою долю у вирішення проблеми енергозбереження, беручи участь у вдосконаленні інформаційного, науково-методологічного та нормативного забезпечення процесу проектування в рамках «Галузевої програми підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 р.р.» [1] (далі – Галузева програма), яка є основою реалізації «Енергетичної стратегії України до 2030 р.» [2] в будівельній галузі.

Аналіз основних досліджень. Дослідження в Україні з прикладної геометрії стосовно проблеми енергозбереження розпочалися в 1972 р. в КІБІ на кафедрі архітектурних конструкцій під керівництвом д.т.н. Підгорного О.Л. при підготовці наукових кадрів через аспірантуру та докторантуру на базі розділів архітектурно-будівельної фізики: кліматологія і теплотехніка, природне освітлення, інсоляція та сонцезахист (Підгорний О.Л., Дворецький О.Т., Пугачов Є.В., Плоский В.О., Сергейчук О.В., Орел С.І, Висоцькій А.М., Мартинов В.Л., Козлов А.П., Буравченко В.С.).

З часом доктори наук Дворецький О.Т. та Пугачов Є.В. розгорнули наукову роботу з проблеми енергозбереження в НАПКБ (м. Сімферополь) та НУВГПК (м. Рівне), а к.т.н. Мартинов В.Л. – в КДУ (м. Кременчук).

Результати геометричних досліджень доповідались на Першій всеукраїнській науково-практичній конференції «Економія теплоти та енергії в проектуванні та будівництві» (м. Полтава, 1996 р.), опубліковані у працях міжнародних та всеукраїнських конференцій з прикладної геометрії, серед яких 7 Кримських конференцій, спеціалізованих щодо геометричного моделювання в питаннях енергозбереження.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз проведених в прикладній геометрії напрацювань з проблеми енергозбереження та визначення перспективних напрямків геометричних досліджень в руслі «Галузевої програми підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 р.р.».

Основна частина. Проведені дослідження з геометричного моделювання з питань енергозбереження виконувались за такими напрямками:

- інформаційне забезпечення проектування енергоефективних будівель;
- теоретичне та науково-методологічне забезпечення теплотехнічних розрахунків та оптимізації форми об'єктів будівництва;
- нормативне забезпечення проектування, зведення, експлуатації об'єктів будівництва та натурних і лабораторних випробувань огорожувальних конструкцій і матеріалів;
- отримання та використання сонячної радіації як альтернативного джерела енергії;
- використання геліоосвітлення внутрішніх об'ємів будівель.

У Галузевій програмі встановлені такі основні завдання зниження енергоємності будівель:

- оптимізація форми будівель;
- оптимізація теплоізоляційної оболонки будівель;
- оптимізація інженерних систем кліматизації будівель;
- використання поновлюваних джерел енергії;
- розробка і застосування нових теплоізоляційних матеріалів.

Зіставимо завдання Галузевої програми з напрямками досліджень у прикладній геометрії з метою визначення можливої участі вчених-геометрів у реалізації програми.

Інформаційне забезпечення проектування енергоефективних будівель. Усі завдання, що поставлені Галузевою програмою, можуть бути вирішені при якісному та достовірному інформаційному забезпеченні, яке включає:

- розрахункові кліматичні параметри;

- методи поповнення відсутніх кліматичних параметрів;
- розробка геометричних моделей, зручних для використання;
- насичення додатковою інформацією існуючих засобів проектування;
- визначення функціональних взаємозалежностей між різними напрямками енергозбереження.

Помилки у вхідних розрахункових кліматичних параметрах зводять нанівець всі зусилля, пов'язані з вирішенням оптимізаційних завдань, у тому числі і завдань зниження енергоємності будівель.

Достовірність кліматичних параметрів зазвичай пов'язують з числом років їх спостереження і реєстрації. При цьому враховується однорідність спостережень. Вважається, що чим більший період і однорідність умов спостережень, тим більш достовірні кліматичні параметри, які отримуються методами статистичної обробки метеорологічної інформації. Тому в будівельних нормах з кліматології [3] приймаються періоди спостережень 50-80 років, а неоднорідність спостережень (вплив зростання міст, вирубки лісу і ін.) спеціальним чином нівелюється.

Проте, в основу розрахунку нормативних параметрів, доцільно закладати прогностичні принципи, що базуються на аналізі можливих змін клімату в результаті антропогенного чинника, які почали розроблятися в 70-80 рр. XX століття і правильність яких вже можна частково перевірити. Розробка методів прогностичної обробки кліматичних параметрів може розглядатися в геометричній постановці і стати одним з напрямів геометричних досліджень.

Ще однією проблемою при вирішенні оптимізаційних завдань по енергоефективності будівель є брак кліматичних параметрів, які закладені в нормах. Заповнення необхідної кліматичної інформації може бути здійснене геометричними методами на основі аналізу фізичних закономірностей зміни в часі або в просторі кліматичних параметрів [4]. Такі методи необхідно розробляти.

Прикладом зручної геометричної моделі для проектування у будівництві є модель руху Сонця по небесній сфері у вигляді дискретної множини сонячних конусів [5]. Зокрема, на її основі вдалося суттєво підвищити інформативність відомого інструменту для оптимізації геометричних параметрів сонцезахисних пристроїв – сонячних карт [6].

Встановлення взаємозв'язку між різними напрямками енергозбереження може базуватися на системному підході, геометрична модель якого розроблена у [7].

Теоретичне та науково-методологічне забезпечення розрахунків та оптимізації об'єктів будівництва. Підвищення енергозбереження у будівельній галузі неможливе без розвитку сучасних методів розрахунку та оптимізації енергоефективності об'єктів будівництва. Це, зокрема, стосується оптимізації форми будівель, їх теплоізоляційної оболонки,

систем кліматизації, удосконалення методів випробувань теплотехнічних характеристик матеріалів та конструкцій.

Найважливіше місце в підвищенні енергоефективності будівель, як це наголошується в Програмі, займає проблема оптимізації їх форми, оскільки вона служить основою подальшої оптимізації. Для оптимізації форми необхідно мати її геометричну модель, яку можна побудувати, застосовуючи методи прикладної геометрії. Розробка оптимальної моделі вимагає комплексного аналізу і моделювання формоутворювальних чинників, які включають природно-кліматичні умови, нормативні вимоги, фізико-технічні процеси в конструкціях і середовищах, що розділяють їх, технологічні вимоги. Таке моделювання в прикладній геометрії тільки почало розроблятися [8] і торкається, в основному, врахуванню впливу сонячної і теплової радіації. Подальшого розвитку вимагають питання оптимізації форми будівель на заданому класі форм (прямокутні будівлі, блоковані будівлі і тому подібне) [9], врахуванню впливу вологості, вітру, навколишньої забудови, інсоляції приміщень через вікна та інших чинників.

Істотним потенціалом енергоефективності будівель є розвиток застосування пасивних систем використання сонячної енергії, за рахунок оптимізації об'ємно-планувальних вирішень будівель, їх форми і орієнтації, оптимізації площі вікон залежно від орієнтації і перерозподілу світла в глибину приміщень. Розв'язання цих питань потребує участі фахівців з прикладної геометрії.

Потребують подальшого вдосконалення методи геометричного моделювання світлових полів [10], тепломасопереносу [11], оптимізації систем кліматизації [12].

Нормативне забезпечення проектування, зведення, експлуатації об'єктів будівництва та натурних і лабораторних випробувань огорожувальних конструкцій і матеріалів. Українські норми з будівельної кліматології щойно затверджені. У них включено широкий набір кліматичних параметрів, достатній для проведення оптимізаційних розрахунків з енергозбереження в будівництві. Для отримання енергетичних характеристик короткохвильової та довгохвильової атмосферної радіації, була використана геометрична модель атмосферної радіації, адаптована для цілей будівництва, розроблена в КНУБА [8].

Фахівцями з прикладної геометрії разом з кліматологами та архітекторами розроблено також нове архітектурно-будівельне кліматичне районування території України, яке стане основою для удосконалення типологічних вимог до будівель та містобудівних утворень.

В Україні діють нові норми з проектування теплоізоляційної оболонки будівель [13], в розробленні яких приймали участь геометри. Ці норми істотно підвищили вимоги до енергозбереження. Однак вони

потребують подальшого удосконалення. Відзначимо наступні основні недоліки цього документа.

1. Утеплення стін не диференційоване залежно від їх орієнтації.
2. Енергозбереження будівель розглядається тільки з точки зору мінімізації питомих витрат енергії на опалювання будівель.
3. Недостатньо уваги приділено проектуванню світлопрозорих конструкцій будівель.

Перше питання нерозривно пов'язане з оптимізацією форми будівель і вимагає їх сумісного розгляду. Воно частково вирішене для двох окремих випадків – оптимізації розподілу утеплювача при заданій формі будівлі і оптимізації форми будівлі при заданому законі розподілу утеплювача залежно від орієнтації елементарної ділянки поверхні [8]. Загальний випадок – одночасна оптимізація форми і розподілу утеплювача в прикладній геометрії не розглядалася.

Мінімізація енергоспоживання будівель в літній період є важливим напрямом досліджень для України, оскільки все ширше використовується кондиціонування приміщень. Це питання безпосередньо пов'язане з оптимізацією проектування світлопрозорих конструкцій [14].

Світлопрозорі огорожі є найуразливішими елементами зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівель, через які здійснюється найбільш інтенсивний теплообмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем. Визначення і застосування в приміщеннях мінімально необхідної науково обґрунтованої площі скління, як наголошується в Галузевій програмі, дасть істотне збереження енергоресурсів, що витрачаються для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в будівлях.

Істотним недоліком нормативів проектування світлопрозорих огорожень будівель є те, що вимоги до освітлення приміщень, їх інсоляції і теплозахисту регламентуються різними нормативними документами. Наприклад, вимоги до інсоляції приміщень житлових і громадських будівель встановлюються санітарними нормами [15], які орієнтуються лише на дію ультрафіолетової радіації, що складає менше 4% сонячної енергії. Норми з природного освітлення [16] враховують тільки видиме світло (приблизно 46%) за умови суцільної хмарності. Норми з теплової ізоляції будівель [13] враховують надходження сонячного тепла лише в період опалювання. Проектування сонцезахисних пристроїв взагалі лише декларується без встановлення необхідних методик їх розрахунку, це притому, що інфрачервона радіація складає більше 50% сонячної енергії.

Норми з природного освітлення приміщень [16] вимагають істотної переробки. В даний час за ініціативою і за участю фахівців з прикладної геометрії закінчена робота над українським стандартом з розрахунку інсоляції [6], розробляються зміни до [16], планується розробка стандарту з розрахунку і проектування сонцезахисних пристроїв. Проте, як це підкреслюється в Галузевій програмі, актуальним завданням є

розробка нових державних норм з комплексного проектування світлопрозорих огорож.

При проведенні лабораторних випробувань теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій виникає необхідність штучного імітування зміни кліматичних параметрів у часі та просторі. Для цього використовуються геометричні моделі розповсюдження сонячної та теплової радіації. Ці методи знайшли своє відображення у державних стандартах з методів визначення опору теплопередачі та показників теплостійкості огорожувальних конструкцій, які зараз знаходяться у друку.

Використання поновлюваних джерел енергії. Вітчизняна нормативна база у галузі застосування устаткування на основі поновлюваних джерел енергії практично відсутня. У зв'язку з чим, потрібна розробка відповідних документів щодо вимог до теплових насосів, геліоустановок, і тому подібне або ухвалення як ідентичних стандартів ЄС. У Програмі заходу щодо нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії визначені як пріоритетні.

Участь вчених по прикладній геометрії в цьому напрямі в даний час обмежена розробкою систем геліоконцентраторов [18]. При цьому практично неохопленим є питання дослідження впливу на оптимальну форму геліоконцентраторов реальних кліматичних умов в конкретних районах будівництва. Дуже бажаним було б так само розробка відповідних стандартів для проектувальників.

Використання геліоосвітлення внутрішніх об'ємів будівель. Новітні тенденції розвитку архітектури спрямовані на розвиток комплексних систем геліоосвітлення шляхом введення прямих і відбитих потоків сонячного світла у внутрішні частини будинків, в які за традиційними рішеннями воно не могло б потрапити. Ефективним засобом регулювання потоку денного світла може виступати модель добових конусів відбитих сонячних променів [19]. На цій основі розроблені геометричні основи керування потоками сонячних променів в задачах геліотехніки і геліоосвітлення [20]. Необхідна розробка відповідного нормативного забезпечення використання геліоосвітлення в архітектурі.

Висновок. Аналіз галузевої програми підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 рр. показує можливі напрями геометричних досліджень, спрямованих на підвищення енергоефективності в будівництві.

Список літератури

1. Галузева програма підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 рр. / Мінрегіонбуд України : Програма затверджена наказом Мінрегіонбуду України від 30.06.2009 р. № 257. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 110 с. [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://www.budinfo.org.ua/doc/584406.jsp>

2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. / Кабінет Міністрів України : Схвалено КМУ від 15.03.2006 р., № 145-р. — К. : Кабінет Міністрів України, 2006. — 129 с. [Електронний ресурс] — Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc
3. Строительная климатология и геофизика : СНиП 2.01.01-82. — [Введены в действие с 1 янв. 1984 г.] / Госстрой СССР. — М. : Стройиздат, 1983. — 136 с. — (Державні будівельні норми України).
4. Сергейчук О.В. Геометричний аналіз кліматичних показників / О.В. Сергейчук, В.П. Шитюк // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. — Мелітополь : ТДАТА, 2009. — Вип. 4 : прикл. геометрія та інж. графіка. — Т. 43. — С. 81—87.
5. Подгорный А. Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчетов / А. Л. Подгорный // Прикл. геометрия и инж. графика : республ. межвед. науч.-техн. сб. — К. : Будівельник, 1981. — Вип. 31. — С. 12—15.
6. Державний стандарт України. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення : ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. — [Чинні від 2011-01-01] / Мінрегіонбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2010. — 90 с. — (Державний стандарт України).
7. Плоский В.О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Плоский Віталій Олексійович. — К., 2007. — 277 с.
8. Сергейчук. О. В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. — Київ, 2008. — 425 с.
9. Мартинов В.Л. Щодо оптимальних параметрів малоповерхових енергоекономічних будівель при їх блокуванні / В.Л. Мартинов // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. (спецвипуск) : Збірник праць XII Міжнародної наук.-практ конференції «Сучасні проблеми геометрії, моделювання», Мелітополь, 8-11 чер. 2010 р. — Мелітополь : ТДАТА, 2009. — С. 48—55.
10. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Пугачов Євген Валентинович. — К., 2001. — 341 с.
11. Плоский В. О. Системне уявлення та конструювання геометричної моделі задачі тепловологопереносу у вологонасиченій бетонній огорожуючій конструкції / О. В. Плоский, А. П. Козлов // Вісник Херсонського державного технічного університету. — Херсон : ХДТУ, 2003. — № 3 (19). — С. 351—353
12. Плоский В.О. Фактори формування музейного середовища / В.О. Плоский, В.Б. Довгалюк // Технічна естетика і дизайн : межвід. наук.-техн. зб. — К. : КНУБА, 2010. — Вип. 7. — С. 41—44.

13. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — К.: Укрархбудінформ, 2006. — 65 с.— (Державні будівельні норми України).
14. Світлопрозорі огороження будинків : навч. посібник для студ вищ. навч. закл. / О. Л. Підгорний, І. М. Щепетова, О. В. Сергейчук та ін; під ред. О. Л. Підгорного — К. : Домашевська О.А., 2005. — 282 с.
15. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки : СН 2605-82. [Введены в действие со 2 июля 1982 г.] — М. : Минздрав СССР, 1982. — 3 с. — (Державні санітарні норми України).
16. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).
17. Сергейчук О.В. Геометричні питання удосконалення нормативної методики розрахунку природного освітлення приміщень / О.В. Сергейчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом “Інженерна механіка”) — Вип. № 22 : Сучасні проблеми геом. моделювання. — Частина 1. — Луцьк: ЛДТУ — 2008. — С. 308—313.
18. Дворецкий А. Т. Геометрическое моделирование отраженных энергетических потоков в гелиотехнике : дисс. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Дворецкий Александр Тимофеевич. — Симферополь, 2001. — 325 с.
19. Підгорний О.Л. Добовий конус відбитих сонячних променів / О.Л. Підгорний // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ. Будівельник, - 2004.- Вип. 74. С. 9 – 13.
20. Підгорний О. Л. Геометричні основи керування потоками відбитих сонячних променів в задачах геліотехніки і геліоосвітлення / О. Л. Підгорний // Зб. наук. праць Київського національного університету технологій та дизайну (спецвипуск) : Геометрич. та комп'ют. моделювання : енергозбереження, екологія, дизайн : доповіді 2-ї Кримської наук.-практ. конференції, Сімферополь-Новий Світ, 19-23 вер. 2005 р. — К. : КНУТД, 2005. — С. 5—11.

ВЗГЛЯД НА ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПЕРЕХОДА НА ЭФФЕКТИВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ В УКРАИНЕ

Цель настоящей публикации - поделиться своими взглядами на пути и перспективы решения проблемы энергетического кризиса в Украине и перехода на эффективное потребление реальных энергоресурсов страны.

Прежде всего, хочу оговориться, что некоторые мои соображения несколько отличаются от публикуемых материалов.

Состояние с энергопотреблением в Украине широко известно: оно не менее, чем в 4,5 раза превышает удельное энергопотребление в высокоразвитых странах. Хотя известно, что с развитием общества, удельные энергозатраты увеличиваются.

Следовательно, энергосбережение не на словах, а на деле, должно быть краеугольным камнем развития страны. Проблема решения этой задачи базируется на следующих основных этапах:

1. выбор для систем энергоснабжения оптимальных энергоносителей, имеющихся в пределах Украины;
2. обоснование схем генерации энергии, её доставки и потребления;
3. обоснование глобальных для страны перспективных направлений решения поставленной задачи для постепенного перевода страны на эти основы;
4. определение путей модернизации существующих систем с целью повышения эффективности и стабильности их работы на период постепенного перехода на оптимальные системы энергоснабжения.

Состояние с традиционными и нетрадиционными источниками энергии в Украине:

1. Уголь. Имеются еще оставшиеся значительные запасы, однако, в основном, расположенные на значительной глубине 1500м и более в основном в пластах небольшой высоты. Соответственно уменьшается процент добычи коксующихся углей и увеличивается доля угля в диспергированной форме. Одновременно растет опасность добычи углей с таких глубин, благодаря отсутствию надежных данных о запасах и циркуляции на этих глубинах взрывоопасных газов. Для обеспечения безопасности работы шахт в передовых странах, перед началом эксплуатации шахт, даже находящихся в более безопасных условиях, на протяжении до 20 лет сначала проводят откачку и сжигание метана, и только после этого начинают эксплуатацию шахты. Безусловно, все эти затраты ложатся на себестоимость угля, который не может быть дешевым.
2. Природный газ - добыча в настоящее время составляет приблизительно 20-25% от потребности, не известны относительно точные запасы газа в Украине. В мире разведанные запасы

уменьшаются, а новые залежи, в основном, находятся в труднодоступных местах. Таким образом, изменение цены на газ следует в перспективе ожидать в сторону увеличения. Соответственно, хотя и в меньших размерах, следует ожидать повышения цены и на отечественный газ.

3. Уран. Украина имеет большие запасы урана, но, к сожалению, не владеет технологией производства ядерного топлива. Поэтому она занимается невыгодным обменом стратегического сырья на дорогое топливо из этого сырья. Необходимо освоить технологию получения ядерного топлива.

Таким образом, освоение технологии производства ядерного топлива и развитие на основе этой технологии атомной энергетики является, по нашему мнению, одним из основных путей увеличения количества выработанной эксергетически наиболее эффективной электрической энергии.

4. Бурые угли и торф. Безусловно, запасы бурых углей и торфа следует использовать. Однако, эти энергоносители для Украины, с нашей точки зрения, имеют региональное, а не общегосударственное значение. Это положение вызвано тем, что низкая теплотворная способность и высокая зольность бурых углей делают экономически нецелесообразным транспортировку их на большие расстояния. В отношении торфа к этим соображениям добавляется опасность осушки болот и ухудшения водного баланса в реках Украины. К этому следует добавить значительную зольность и наличие вредных, как с энергетической, так и с экологической точки зрения, веществ в выбросных газах.

5. Геотермальная вода. Украина имеет запасы геотермальной воды. Однако, эти воды расположены, преимущественно, на больших глубинах, а также они, в основном, сильно минерализованы и коррозионноактивны и, в большинстве случаев, имеют недостаточно высокую температуру (45°C – 65°C) и давление. Следовательно, при широком использовании геотермальных вод Украины нужно нести большие затраты: на бурение скважин с соответствующим дебитом, на деминерализацию и снижение коррозионной активности термальной воды. Всё вышеизложенное, приводит к тому, что в широком масштабе использование термальных вод для теплоснабжения для Украины вряд ли целесообразно. Эти воды могут применяться для теплоснабжения узорегионального значения с использованием существующих низкодебитных геолого-разведовательных скважин. коммунального сектора единого энергоносителя - электроэнергии для нужд аккумуляционных систем отопления и горячего водоснабжения, вентиляции, приготовления пищи и т.п.

6. Ветроэнергетика. Ветроэнергетика уже в настоящее время нашла достаточно широкое применение в ряде стран: Японии, Дании, Германии и т.д., т.е. в странах с морским климатом и со среднегодовой скоростью ветра $>6\div 8$ м/с, которая превышает пороговую для экономической целесообразности ветроэнергетики, при современном ее уровне, скорости ветра $7,0\div 7,5$ м/с. В

большинстве же регионов Украины среднегодовая скорость ветра составляет от 2 до 4,5 м/с и лишь в очень небольшом количестве регионов, включая Крымские горы и Карпаты, среднегодовая скорость ветра достигает 5-6 м/с. Причем наблюдается резкое отличие средней скорости ветра между летом и зимой. В таких условиях обеспечение работы ветродвигателей на централизованную систему электроснабжения с четким поддержанием постоянных параметров электрического тока (напряжение, частота и т.д.) является достаточно сложной и дорогостоящей задачей, что приводит к увеличению стоимости электроэнергии. Что же касается децентрализованного электроснабжения, вплоть до индивидуального, с ветродвигателями малой мощности и менее жесткими требованиями постоянства параметров тока, то такие системы вполне могут использоваться для целей, не требующих жесткого поддержания постоянства параметров тока (нагрев объектов, не требующих стабильности мощности и т.д.).

7. Гелиоэнергетика. Проблема развития гелиоэнергетики связаны с практическим неумением человечества аккумулировать низкопотенциальную тепловую энергию. Поэтому важнейшими проблемами, которые нужно решить, являются вопросы разработки основ долговременного аккумулирования низкопотенциальной тепловой энергии и создания сезонных аккумуляторов. Пока же в мировой практике наибольшее распространение получили децентрализованные маломощные системы с суточными баками-аккумуляторами. В отношении мощных гелиоэнергетических систем, то намечается уклон в сторону гелиотермоэлектрических станций, не взирая на чрезвычайно низкий КПД (до 12%). Представляется, что Украина в области гелиоэнергетики будет идти по двум путям: аналогичным зарубежному опыту и широких исследований и внедрению новых методов аккумуляции тепловой энергии.
8. Гидроэнергетика. К сожалению, основное количество рек в Украине (по крайней мере, больших) является равнинными, т.е., за исключением паводкового периода, их кинетическая энергия относительно невелика (среднегодовая мощность не превышает 10 % от расчетной). Наличие же морей, плотин и суточных колебаний уровней рек за плотинами приводит к ухудшению экологических условий и увеличению расходов на поддержание в нормальном состоянии плотин и станций в целом. Представляется целесообразным дальнейшее развитие гидроэнергетики осуществляется путем использования теплового потенциала рек и озер с помощью тепловых насосов.
9. Биогаз. Биогаз является важным потенциальным источником энергоресурсов. Однако, широкое развитие этого направления возможно осуществлять после (или одновременно) с развитием коммунального хозяйства городов со строительством современных очистных сооружений, а также с переводом АПК на современные рельсы.
10. Бытовые и промышленные отходы. Сжигание бытовых и

промышленных отходов является важным источником тепловой энергии, одновременно выполняя важнейшую функцию улучшения экономической обстановки в стране и освобождения значительных земельных площадей.

Исходя из вышеизложенного, считаю, что основным перспективным направлением развития энергоснабжения в стране должен быть постепенный переход на электрическую энергию, получаемую от атомных и тепловых (на угле) электростанций.

Безусловно, для решения этой проблемы в масштабах Украины необходимо введение в строй новых энергоблоков атомных электростанций (путь по которому идут многие страны мира: Франция, США, Германия, Финляндия и т.д.) и сбалансированное увеличение мощности угольных электростанций (введение новых или расширение существующих). В этой схеме ТЭС должны выполнять роль амортизаторов сезонного несоответствия выработки и потребления электроэнергии, учитывая, что нормальная работа атомных электростанций осуществляется при постоянной величине выработки электроэнергии. Суточные несоответствия решаются с использованием гидроэлектростанций и применением электроаккумуляционных систем отопления с накоплением теплоты в ночное время и систем горячего водоснабжения с суточными баками-аккумуляторами для аккумуляции в ночное время суточной нормы горячей воды. Широкое развитие систем потребления электроэнергии должно обеспечиваться коренным изменением систем и сетей электроснабжения (как это делается, например, в США). Все вышеизложенное свидетельствует о том, что введение новой стратегии электропотребления потребует некоторого времени. На переходный период, когда еще, в основном, будет превалировать теплоснабжение объектов при помощи водяных и паровых систем, необходимо в соответствующих районах и предприятиях проводить модернизацию путем: повышения теплоизоляционных свойств ограждений; снижения энергозатратности технологических процессов; разукрупнения систем централизованного теплоснабжения на основе оптимизационного районирования; частичным переводом их на сбросные отходы, а также на местное низкокалорийное топливо; переход на независимое подключение систем отопления к тепловым сетям; постепенный полный переход на автономные холодильно-теплонасосные системы горячего водоснабжения.

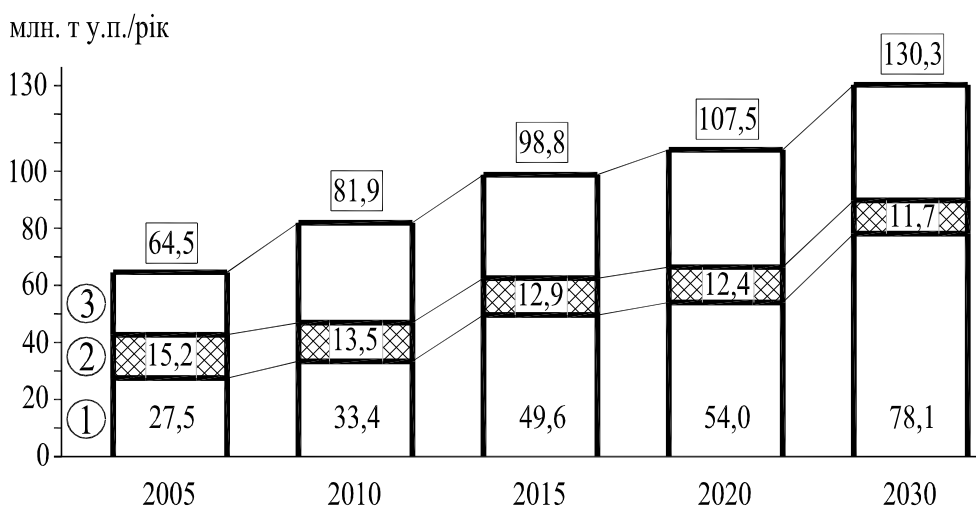
В новых районах представляется целесообразным предусматривать децентрализованное или автономное отопление и горячее водоснабжение, а там, где это возможно, предусматривать на введение в объекты жилищно-коммунального сектора единого энергоносителя - электроэнергии для нужд аккумуляционных систем отопления и горячего водоснабжения, вентиляции, приготовления пищи и т.п.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В МОДЕРНІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Вступ

Враховуючи дефіцит в Україні основних традиційних видів палива природного газу і нафти, залежність від імпортованих енергоносіїв, а також існуючий стан структури паливно-енергетичного комплексу із значною часткою твердого палива, зокрема вугілля, у виробництві теплової енергії тема цієї доповіді є актуальною.

З метою зменшення енергетичної залежності, рівень якої становить близько 40 %, від імпорту газу, нафти, урану та виходячи з економічної доцільності державними програмами [1-4] передбачено зростання в паливному балансі власних ресурсів твердого палива. Серед власних енергоресурсів України більшу частку (більше 20 %), із прогнозованим збереженням тенденції, складає вугілля. Так, збільшення виробничих потужностей вугільної галузі на кінець 2030 р. планується до 130,3 млн. тонн на рік, тобто порівняно з сучасним рівнем майже в 1,7 рази (рис. 1).



*Рис. 1. Видобуток та споживання вугілля в Україні:
1 – електростанції; 2 – комунальне господарство та ін.;
3 – коксохімічна промисловість*

Така ж тенденція в балансі світового споживання паливно-енергетичних ресурсів, передбачається зростання частки твердого палива, зокрема вугілля (рис. 2).

Планується швидке нарощування темпів в Україні енергетичного використання біомаси (рис.3), у 2030 р. – близько 9,2 млн.т у.п [3]. Передбачається розширення обсягів споживання торфу – 2,9 млн.т у.п.

та використання як палива твердих побутових відходів – 1,1 млн.т у.п. Також розвиватиметься технологія одержання і використання біогазу, виробництво етанолу та біодизеля.

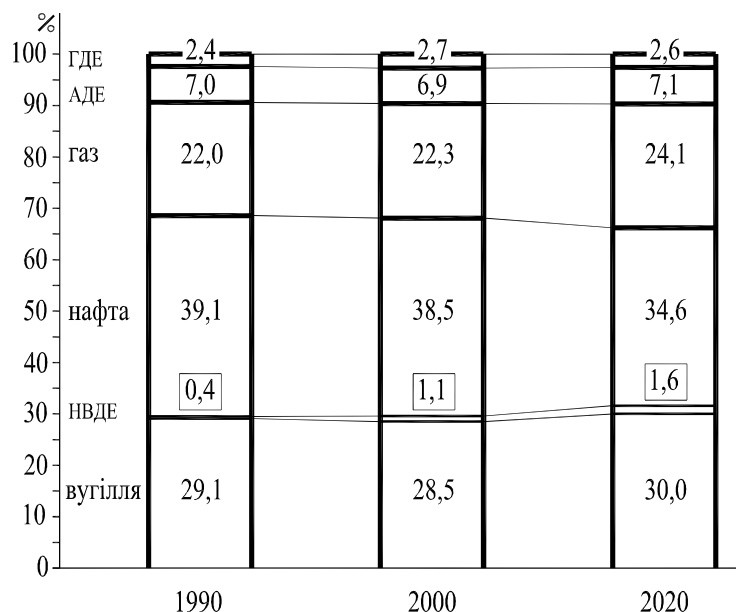


Рис. 2. Світове споживання паливно-енергетичних ресурсів

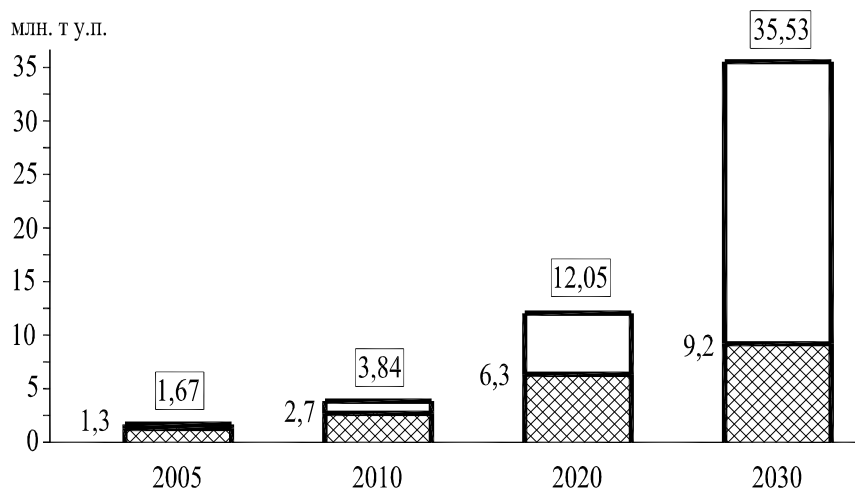


Рис. 3. Використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії в Україні

Запаси твердого палива

Відомо, що Україна володіє великими запасами різних видів твердого палива: вугілля, торфу, відходів деревини лісового господарства, лісозаготівельних та деревообробних підприємств, а також відходів сільськогосподарського виробництва. Потенціал біомаси обраховується в кількості близько 13,5 млн.т у.п. /рік (залишки сільгоспкультур – солома, стебла тощо, дрова та відходи деревини і ін.) [5].

Також в процесі життєдіяльності людини накопичуються значна кількість твердих побутових відходів – в кількості 0,2-0,3 т/рік, в невеликих містах чисельністю до 150 тис. чол. – до 35 т/добу.

Найбільші природні запаси складають поклади вугілля. Запаси вугілля у світі, як і в Україні, переважають серед основних паливно-енергетичних ресурсів (рис. 4). У структурі світових запасів органічного палива на вугілля припадає 67, нафти – 18 і на природний газ – 15 відсотків, а в Україні ці показники становлять відповідно 95,4, 2 і 2,6 відсотка.

Вугілля – це основна енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для забезпечення енергетичної безпеки України. Вугільна промисловість є пріоритетною галуззю.

За оцінкою експертів у надрах України може бути зосереджено близько 300 млрд. тонн вугілля. Якщо вважається, що світових запасів нафти і газу вистачить на 80-100 років, вугілля – на 300-350 років, то вітчизняних запасів вугілля (з урахуванням нарощування видобутку) – на 450–500 років.

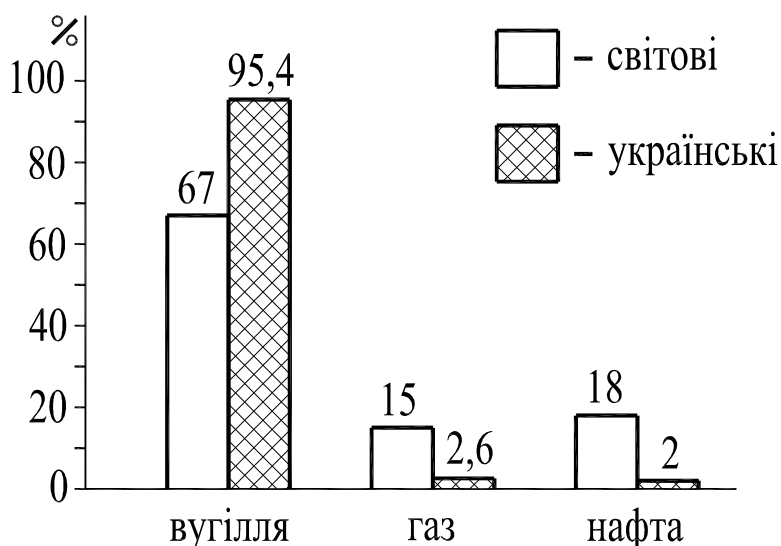


Рис. 4. Запаси енергетичної сировини

Кам'яновугільні родовища зосереджені на південному сході (українська частина Донецького басейну) і північному заході (Львівсько-Волинський басейн) країни. Райони видобутку бурого вугілля розкидані на значній площі – Дніпровський буровугільний басейн. На даний час в Україні налічується близько 300 діючих кам'яновугільних шахт (в 40% з них видобувається коксове вугілля). Крім того, підготовлена до експлуатації 41 резервні ділянки для шахтного будівництва сумарною потужністю 92 млн тон кам'яного вугілля в рік.

До глибини залягання 1500 м поклади вугілля оцінюються в 117 млрд. т, але поки що передано в промислове освоєння 96 ділянок кам'яного вугілля із запасами 12,8 млрд. т. Основні розвідані вугільні поклади для промислового видобутку по регіонам (областям) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні розвідані вугільні запаси по регіонах України

Назва регіону (області)	Кількість місцеутворень, шт	Запаси, млн. тонн
Вугілля кам'яне		
Донецька	303	18550
Луганська	286	17980
Дніпропетровська	55	13990
Харківська	6	210
Львівська	28	1360
Волинська	11	80
Всього	689	52170
Вугілля буре		
Дніпропетровська	21	1580
Кіровоградська	42	800
Харківська	1	40
Черкаська	8	90
Закарпатська	3	40
Житомирська	2	10
Всього	77	2560

Нарощування обсягів споживання твердого палива повинно супроводжуватися підвищенням ефективності його використання із забезпеченням як економічних так і екологічних показників на рівні сучасних вимог.

Це особливо актуально при використанні зольного твердого палива: торфу, відходів деревини лісозаготівельного виробництва, побутових відходів, вугілля, якість якого з тривалою розробкою вугільних родовищ знижується (80 % запасів вугілля знаходиться в шарах до 1 м).

Зольне тверде паливо переважає в загальному балансі і його частка буде зростати. Зокрема, відбувається зменшення видобутку якісного вугілля – антрациту, а збільшення долі кам'яного і бурого вугілля з

високою зольністю і вологістю, з великим вмістом дрібних часток і летких речовин. Тому в опалювальні котельні поставляється в основному рядове вугілля з середньою зольністю 20-25 %.

Парк котлів та спалювання в них твердого палива

В комунальній сфері наявний парк на кінець 2009 р. складав близько 9700 твердопаливних котельних установок теплопродуктивністю до 3,0 МВт, в яких розміщено близько 30 тис. котлів [4]. Майже третина з них обладнана котлами з ручними топками для спалювання вугілля типу „НИИСТу-5”, „Универсал”, які розраховані на спалювання сортового антрациту у цьому випадку можуть бути забезпечені нормативні показники по ефективності і екології. Спалювання в них рядового зольного вугілля призводить до недопустимого зниження ККД на рівні 50-60% та до ненормованого зростання шкідливих викидів у відхідних газах. (при завантаженні чергової порції свіжого палива в топку викиди перевищують в десятки раз сучасні норми), а також великої трудомісткості при експлуатації котлів.

Підвищення ефективності використання твердого палива, в т.ч. вугілля, в котлах може досягатися такими основними способами:

- 1) ширше впровадження нових технологій по спалюванню палива, а саме механізованого способу спалювання;
- 2) застосування багатоступінчатих схем організації спалювання твердого палива;
- 3) проведення попередньої підготовки палива до спалювання: гранулювання, брикетування, пакування тощо;
- 4) глибоке очищення відхідних газів.

В опалювальних котельних установках з котлами теплопродуктивністю до 2 МВт найпоширеніше спалювання твердого палива в шарі, що обумовлене прийнятними капітальними затратами на впровадження та експлуатацію, а також відносно простотою обслуговування. Така технологія спалювання базуються на класичних схемах організації процесу горіння: протитечійній, прямоточній та поперечній (рис.5).

Протитечійна із киплячим шаром, як правило, застосовується в енергетичних котлах. Застосування її в опалювальних котлах утруднене по причині необхідності трудомісткої підготовки палива (подрібнення і сортування палива до відповідної фракції), тривалого запуску установки на проектну потужність та потреби великого об'єму топкової камери.

Перші дві схеми: протитечійна зі сталим шаром та прямоточна ефективні при спалюванні якісного малозольного палива (антрациту, гранульованих рослинних та деревних відходів тощо). Ці схеми характеризуються відповідно стійкістю процесу горіння при надійному нижньому підпалюванні свіжих порцій палива зустрічними потоками

розігрітих газів та можливістю підвищеного форсування процесу горіння. В Україні в останні роки розширюється впровадження у виробництво різних конструкцій котлів за такими схемами, в яких забезпечуються економічні і екологічні нормативні показники спалювання, здебільшого, попередньо підготовленого гранульованого малозольного палива.

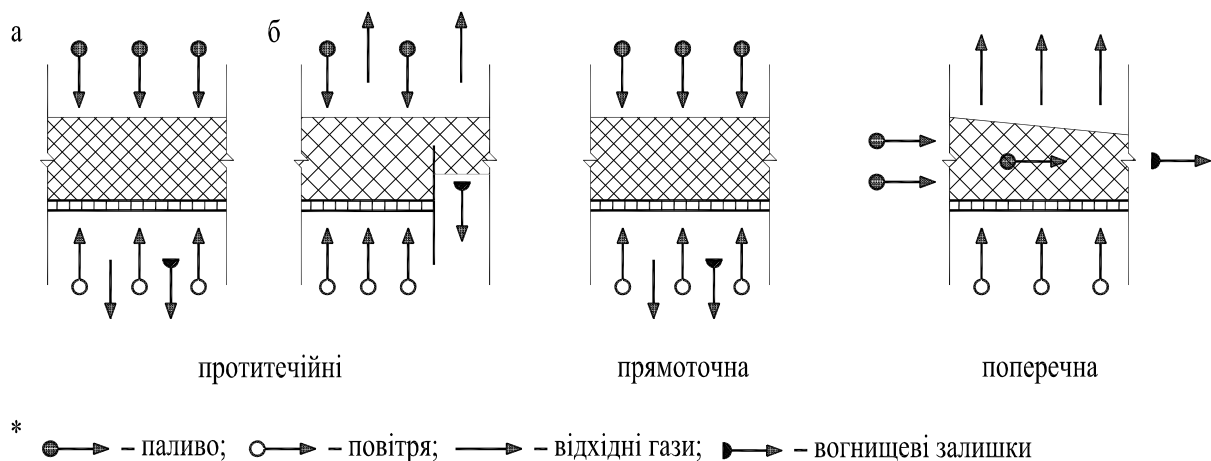


Рис. 5. Схеми організації спалювання твердого палива в шарі

Серед вітчизняних підприємств, які виготовляють такого класу котли є: ЗАО „Житомирремхарчопром” (м. Житомир), НТП „ЮОМІ” (м. Івано-Франківськ), „Теком” (м. Монастирище) та ін. ВАТ «Південтеплоенергомонтаж» за винятковою ліцензією фірми „Passat Energi” (Данія) розпочало випуск теплогенераторів (котлів) для спалювання пакованої соломи. На ринку України твердопаливні котли такого класу представлені також закордонними фірмами „HERZ”, „DACON”, „Viessmann”, „Buderus” та ін.

Зольне паливо найефективніше використовується при механізованому спалюванні за поперечною схемою горіння. Така схема є найпоширенішою і застосовується практично в усіх механічних топках із спалюванням палива в шарі завдяки можливості організації керованого поточного процесу – послідовності стадій подачі палива, вигорання шару та видалення золи й шлаку.

Механізоване спалювання твердого палива дозволяє значно знизити негативний вплив на екологію довкілля та досягнути великої економії палива при підвищенні ККД котлів. При цьому досягається стабільність і ефективність спалювання та нормативні екологічні показники завдяки забезпеченню рівномірності протікання процесу горіння.

Промислово освоєні конструкції відомих топкових пристроїв для спалювання твердого палива в шарі за поперечною схемою дуже

різноманітні, що пояснюється значною відмінністю в складі робочої маси палива: вмісту баласту – золи та вологи, летких речовин, у фракційному складі, а також здатності до спікливості, теплоті згоряння тощо.

В країнах Європи найпоширеніші механічні топки із штовхачем, в Російській Федерації – із шуруючою планкою, в Казахстані – із хитливими колосниками.

В Україні серійно не виготовляються механічні топки для спалювання зольного палива, зокрема вугілля.

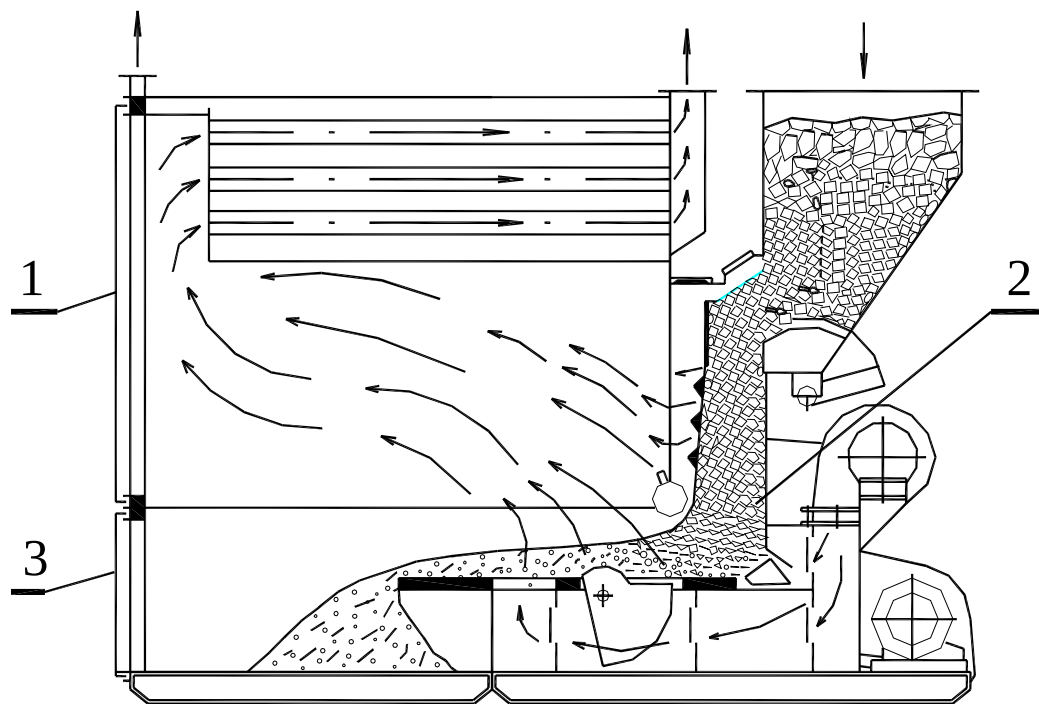
В останні роки в Україні проводиться впровадження у виробництво механічних ретортних топок і з перештовхуючими колосниками для спалювання, здебільшого, деревних відходів з невисокою зольністю.

Водночас, поперечна схема характеризується неефективною підготовкою палива на першій стадії процесу горіння, по причині чого механічні топки такого класу обмежені по діапазону спалюваного палива. Покращення вигорання палива досягається за рахунок інтенсивного шурування шару в зоні допалювання. Подальший розвиток конструкцій механічних топок отримано при поєднанні переваг зустрічної схеми спалювання – ефективної підготовки палива при нижньому підпалюванні та більш інтенсивного шурування шару палива, що горить на решітці. Частково це реалізовано в деяких топках, наприклад, у топках з шуруючою планкою.

Зважаючи на те, що в Україні найбільш розповсюджене і займає основну частку в паливному балансі зольне паливо з великим вмістом летких речовин, яке поставляється, здебільшого, також і в комунальні котельні, співробітниками науково-дослідного інституту (ДНДІСТ, м. Київ) було розроблено топкові механічні пристрої, в яких реалізована двоступінчата та тріступінчата схеми комбінованого способу спалювання твердого палива [6, 7], які реалізовані в конструкції шахтно-шарових механічних топок із штовхачем для сталевих і чавунних механізованих котлів (рис.6).

В такій шахтно-шаровій топці ефективне спалювання різних видів палива досягається завдяки поєднанню паливної шахти з горизонтальною решіткою і перерозподілу дуттьового повітря по зонам. Чітко виділені зони підготовки і газифікації палива, перетворення вихідного різнорідного палива в однорідний кокс, горіння коксу на решітці і допалювання його в зоні ефективного механічного шурування. При спалюванні неспікливого або слабоспікливого вугілля в топці застосовується тільки плунжерний штовхач, а при спалюванні спікливого вугілля додатково встановлені на решітці секторні штовхачі пластинкового типу для розбивання шлакових утворень на решітці, зменшення аеродинамічного опору шару і покращення вигорання

вогнищевих залишків. Частота і величина переміщення плунжерного штовхача визначається необхідною теплопродуктивністю, частота руху секторних штовхачів - інтенсивністю шлакування шару на колосниковій решітці.



*Рис.6. Механізований котел з шахтно-шаровою механічною топкою:
1 – котел; 2 – механічна топка; 3 – зольник*

Ефективність спалювання різних видів палива також досягається гнучким управлінням процесу підготовки та горіння палива за рахунок установки для кожного виду палива оптимального співвідношення кількості дуттьового повітря, що подається безпосередньо в шахту через прозори в отворі задньої стінки шахти по периметру плунжера і зонованої подачі під решітку за межами шахти, а також частоти й довжини ходу плунжера штовхача, при яких забезпечується необхідна подача палива.

Досягнення нормативних вимог по екологічним показникам по спалюванню зольного палива з високим вмістом летких речовин можливе при триступінчатій схемі механізованого спалювання: поєднання шахтного, шарового та високотемпературного в вихровій камері процесів горіння (при механічній: подачі палива в зону горіння та інтенсивному шуруванні шару, що горить, у випадку спалювання високозольного палива). Така схема горіння реалізована в конструкції топкового пристрою для спалювання довгополумєневих палив.

Триступінчата схема з додатковими технічними рішеннями (пусковий газовий або рідкопаливний пальник, пристрій для очищення

конвективної поверхні та подрібнення і видалення вогнищевих залишків тощо) дозволяє реалізувати конструкцію установки по термічному знешкодженню твердих побутових відходів у складі сміттєспалювальної станції, в т.ч. модульної продуктивністю до 1 т/год.

Впровадження механізованих котлів

Ефективність шахтно-шарових схем організації спалювання була випробувана в процесі впровадження та в експлуатаційних умовах механізованих водяних котлів типу КСВ на вугіллях кам'яних і бурих з високою зольністю 30-35 %, а також відходах деревообробного підприємства неоднорідного, з різними фракційністю, зольністю і вологістю, що підтвердило високу ефективність роботи на рівні I класу нормативних вимог по величині ККД та екологічним показникам [8].

Завдяки механізованому спалюванню вугілля в механічних топках експлуатаційний ККД порівняно з котлами із ручними топками вищий на 10-20 %, що забезпечує економію 100-150 т у.п. палива за опалювальний сезон на 1 МВт теплопродуктивності котла, економія на загальну потужність парку котлів з ручними топками – більше як 300 тис.т у.п. палива.

Впровадження у виробництво такого класу вугільних механізованих котлів є актуальним завданням сьогодення. Розвиток власного виробництва можна здійснити на базі вітчизняних наукових розробок, в т.ч. конструкцій механічних шахтно-шарових топок.

Впровадження механізованих котлів на вугіллі може здійснюватися декількома шляхами:

- заміна котлів з ручними топками;
- заміна котлів на газі, які відпрацювали ресурс;
- застосування при проектуванні нових систем теплопостачання або в модернізованих системах за наявності місцевого твердого палива.

Високий рівень централізації теплопостачання в колишньому СРСР зумовив виникнення в наш час проблем, пов'язаних з необхідністю відновлення і модернізації як власне теплових мереж так і котельного обладнання ТЕЦ і районних котельень. Заміна центрального теплопостачання на місцеві теплогенератори (в т.ч. теплові насоси) не може розглядатися як універсальний засіб вирішення проблеми через непридатність більшості житлових будинків для встановлення в приміщення котлів малої потужності (проблеми підведення потрібної кількості природного газу, відсутність належної вентиляції приміщень, проблеми відведення продуктів згорання).

Більш універсальне вирішення проблеми теплопостачання багатоповерхових житлових будинків в межах міської забудови може бути розглянуте з урахуванням можливості використання бойлерних (центрально-теплових пунктів - ЦТП) для підключення автономних

міждомових котелень або резервних джерел теплової енергії, підключених через ЦТП паралельно до центрального джерела теплопостачання. При цьому залишаються системи центрального водяного опалення житлових будинків, розподільні дворові мережі, бойлери, насоси, системи обліку. Автономність роботи котельні можна забезпечити за наявності необхідних площ для установки опалювальних котлів (модульних котелень) та складу з відповідним обладнанням для зберігання 5-7 добового запасу твердого палива, підготовки та подачі його на горіння. Як резервне джерело енергії можуть бути використані модульні котельні повного заводського виготовлення з добовим запасом палива в бункерах, які потребують невеликі площі для їх розміщення.

Джерела енергії на резервному твердому паливі (котли, модульні котельні) доцільно використовувати паралельно з існуючими котельними на газоподібному чи рідкому паливі.

Висновки

- 1 Україна володіє великими запасами твердого палива.
- 2 Використання існуючих запасів твердого палива, в т.ч. покладів вугілля, є економічно доцільним і вигідним з точки зору зменшення енергетичної залежності від дорогих імпорتنих енергоносіїв.
- 3 Ефективність використання твердого палива із забезпеченням екологічних нормативних показників досягається в пристроях з механізованим процесом спалювання.
- 4 Попередня підготовка палива (гранулювання, брикетування, пакування) підвищує ефективність його використання.
- 5 В Україні існують перші виробники серійного устаткування для використання місцевих видів палива, здебільшого для спалювання якісного малозольного палива.
- 6 Впровадження у виробництво механізованих котлів для спалювання зольного палива, в т.ч. вітчизняного вугілля є перспективним напрямком економії паливних ресурсів.
- 7 Комплексний підхід до впровадження твердопаливних котельних установок в системах теплопостачання міст дає можливість розширити сферу застосування місцевих видів палива і зменшити вартість виробленої теплової енергії.
- 8 Застосування найпоширенішого у світовій практиці промислового термічного методу знешкодження сміття з рекуперацією теплової енергії скоротить вилучення значних земельних масивів для полігонів та забезпечить заміщення частини викопного палива. Їх місцеве використання, за можливості дозволеного розміщення, значно скоротить витрати на транспортування сміття на великі відстані до центральних сміттєспалювальних підприємств.

Список літератури

- 1 Енергетична стратегія України на період до 2030 року// Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р.
- 2 Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 448 с.
- 3 Паливно-енергетичні ресурси України. Статичний збірник// Державний Комітет статистики України, Київ, 2009 р.
- 4 Статистичний бюлетень про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України// Державний Комітет статистики України, Київ, 2010 р.
- 5 Концепція розвитку біоенергетики в Україні//Гелетуша Г.Г., Желєзна Т.А., Тишаєв С.В. і ін. – К.: Інститут технічної теплофізики, 2001.
- 6 Макаров А.С., Сенчук М.П. Сучасне енергозберігаюче обладнання для опалювальних котелень/ Збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2002. - № 17. – С. 91-92.
- 7 Сенчук М.П., Макаров А.С., Астаф'єва М.М. Вигоряння твердого палива у топкових пристроях з поперечною схемою живлення шару/ Збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2000. - № 15. – С. 120-124.
- 8 ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4 МВт. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 30 с – Чинний з 01.11.2001.

НАУКОВІ ОСНОВИ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Постановка проблеми. Світова енергетична криза 70-х років ХХ сторіччя привела до появи нового науково-експериментального напрямку в будівництві, пов'язаного з проектуванням будинків з ефективним використанням енергії, в яких за рахунок архітектурних і інженерних конструктивних рішень забезпечується максимальна економія енергетичних ресурсів. З часом розширювався об'єкт вивчення і центр тяжіння переноситься на вирішення проблеми ефективного використання енергії, коли пріоритет віддається тим інженерним конструктивним рішенням, які одночасно не тільки знижують енергоспоживання будинків, але і сприяють підвищенню якості мікроклімату.

Аналіз основних досліджень. Важлива увага в усіх країнах приділяється директивним вимогам до енергоефективності будинків. Так Європейським Парламентом та Радою ЄС була прийнята Директива 2002/91/ЄС [1], яка набрала чинності з першого січня 2003 року і її головною метою є реалізація потенціалу економії енергії, який оцінюється в 50% від існуючих витрат, а також зниження викидів CO₂ в атмосферу на 45 млн. тон в рік. В 2010 р. прийнятий новий директивний документ - Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 On the Energy Performance of Buildings.

В Україні з 2006 р. здійснюється системне реформування нормативної бази із забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів [2-5]. Розроблені та введені в дію ряд принципово нових нормативних документів [6-11], що встановлюють правила проектування та будівництва за характеристиками енергоефективності.

Постановка завдання. Метою статті є розгляд основних наукових положень, що закладені в розробку та створення вітчизняної нормативної бази з енергоефективності будівельних об'єктів.

Основна частина. Забезпечення енергоефективності будівель здійснюється за рахунок розвитку наступних напрямів:

- удосконалення методології проектування енергоефективних будівель на основі системного аналізу, що направлений на пошук альтернативних рішень з визначенням та обґрунтуванням оптимальних варіантів, які встановлюються на підставі співвідношення між початковими енергетичними витратами на виготовлення будівельних об'єктів та експлуатаційними енергетичними витратами на протязі розрахункового терміну їх служби;

- удосконалення нормативно-правової бази щодо енергоефективності;
- здійснення та впровадження процедур енергоаудиту та енергопаспортизації будинків.

В основу методології проектування енергоефективних будівель покладено розгляд будинку, як єдиної енергетичної системи, що складається з незалежних підсистем, які формують тепловий режим будівлі та її енергетичні показники (рис.1). Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будинку (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) належить теплоізоляційній оболонці. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

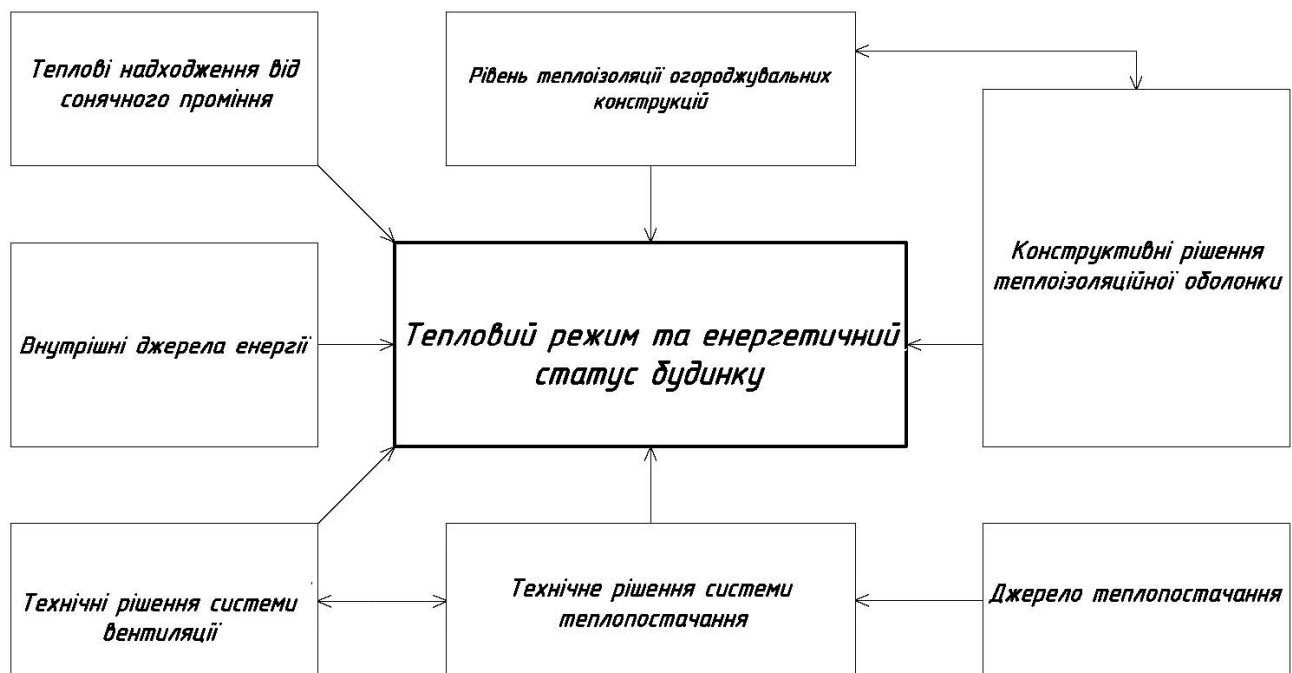


Рис.1 – Схема енергетичної взаємодії основних підсистем будинку

Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні принципи теплоізоляційної оболонки обумовлюють і ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будинку. Саме підсистема, яку називають теплоізоляційною оболонкою [7], має найбільший потенціал в підвищенні енергоефективності будинків житлового та громадського призначення.

Параметри підсистеми вентиляції будинку визначаються санітарно-гігієнічними вимогами до повітря приміщень. Кількість та якість повітря обумовлена фізіологічними потребами людини, але термодинамічні його параметри можуть регулюватися конструктивними елементами підсистеми, ефективність роботи яких впливає на загальну енергоефективність будинку.

Необхідну кількість енергії для забезпечення нормального теплового режиму приміщень слід встановлювати з урахуванням кліматичних впливів, як це наведено на рис.2, де представлений графік тридобової зміни необхідної потужності системи опалення, коли в сонячний час доби необхідна її потужність має від'ємне значення, тобто опалення повинно відключатися на кілька годин, що і дозволить здійснювати економію енергії.

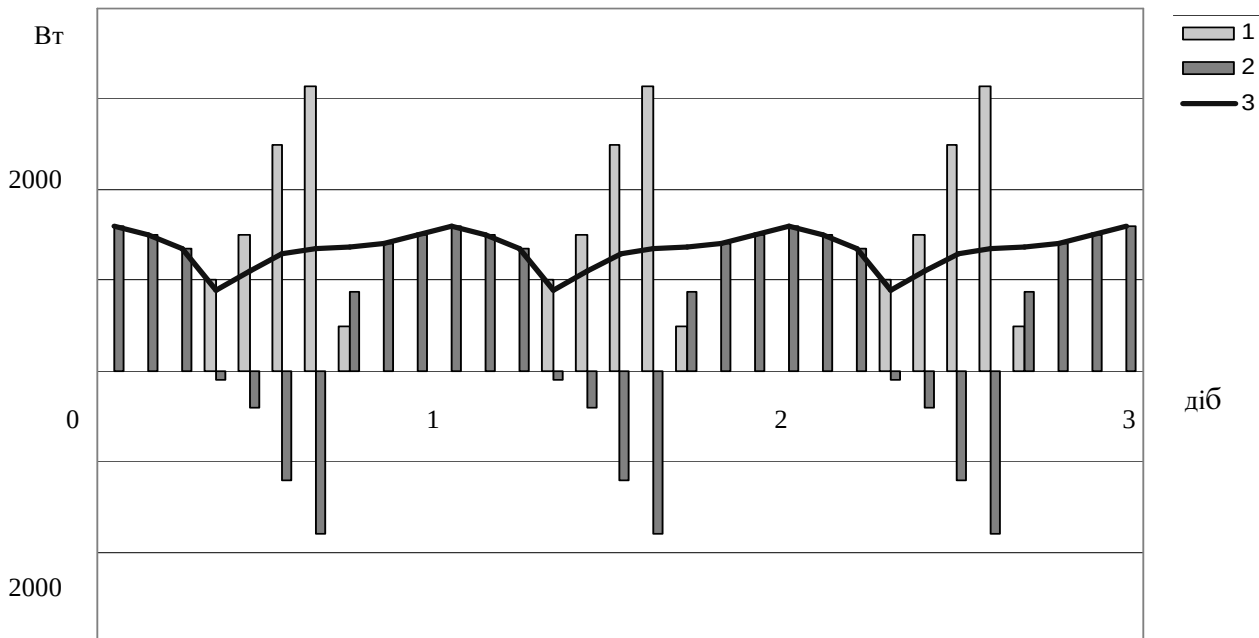


Рис.2 – Графік регулювання системи опалення для забезпечення комфортного теплового режиму приміщень південно-західної орієнтації
1 – потужність сонячної енергії, що потрапляє на вертикальну поверхню за умов хмарності; 2 – необхідна потужність системи опалення; 3 – графік роботи системи опалення

Сучасні огорожувальні конструкції практично завжди є термічно неоднорідними, що потребує обов'язкового застосування під час їх проектування методів математичного моделювання процесів тепломасопереносу. В нормах [7] встановлено, що тепловий режим огорожувальних конструкцій оцінюється на підставі експериментальних їх досліджень або результатів моделювання дво- або тримірних температурних моделей. На рис.3 наведений приклад температурного поля конструкції комбінованого світлопрозорого фасаду, на підставі якого встановлюється відповідність теплових характеристик нормативним вимогам [7]. Для більш складних конструктивних рішень слід застосовувати тривимірні моделі, як це показано на рис.4.

При виконанні вимог [7] вже на стадії проектування можливо встановити, що наведене технічне рішення не відповідає умовам нормальної експлуатації і розробити відповідні коригувальні дії. На рис.5 показано до чого призводить нечітке виконання нормативних

вимог, коли на внутрішній поверхні стіни житлової квартири утворюються зони конденсату і, відповідно, цвілі, які повністю повторюють картину, що була отримана під час моделювання теплової роботи цієї конструкції.

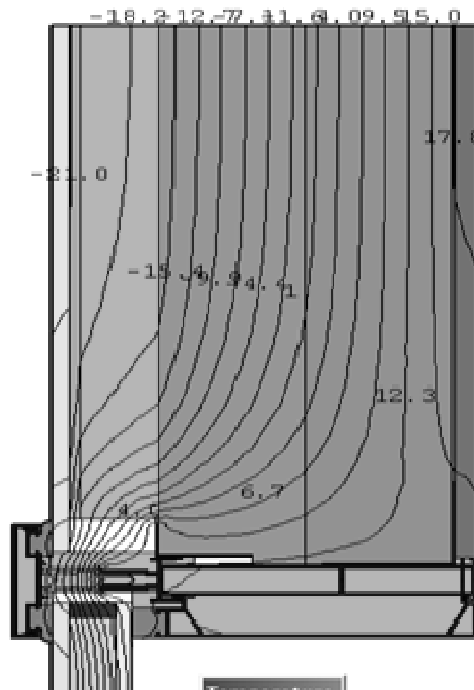


Рис.3 – Температурне поле конструкції світлопрозорого комбінованого фасаду із параметрами, що відповідають нормам

Рис.4 – Температурне поле кутової зони конструкції із недопустимо низькими температурами внутрішньої поверхні (світлі ділянки)



Рис.5 – Фактичний тепловий стан конструкції

Якщо на значення опору теплопередачі не впливає порядок розташування шарів в огорожувальній конструкції, то на вологісний режим саме послідовність шарів по напрямленню теплового і, відповідно, вологісного потоків, є визначальною. На рис.6 показаний розподіл температури та парціального тиску водяної пари в товщі конструкції, в якій не утворюється конденсат, що забезпечує нормальний експлуатаційний режим огороження згідно положень [7]. Якщо під час проектування такої перевірки не здійснено, то це може призводити до таких наслідків, що показані на рис.7, коли було невірно визначений конструктивний принцип розташування теплоізоляційного та конструктивного шарів, що незважаючи на достатньо високе значення опору теплопередачі, обумовило виникнення конденсації в товщі конструкції з подальшим розповсюдження грибкових утворень на всю поверхню стіни житлової кімнати.

Обов'язковою умовою енергоефективності є умова теплової надійності – не може бути будинок енергоефективним, якщо його теплоізоляційна оболонка не є надійною за теплотехнічними показниками. Зміна конструктивних принципів теплоізоляційної оболонки – перехід від одношарових цегляних або бетонних стін до багатошарових стін [2], що обумовлено саме вимогами енергоефективності, потребує і принципової зміни оцінювання експлуатаційної придатності сучасних огорожувальних конструкцій.

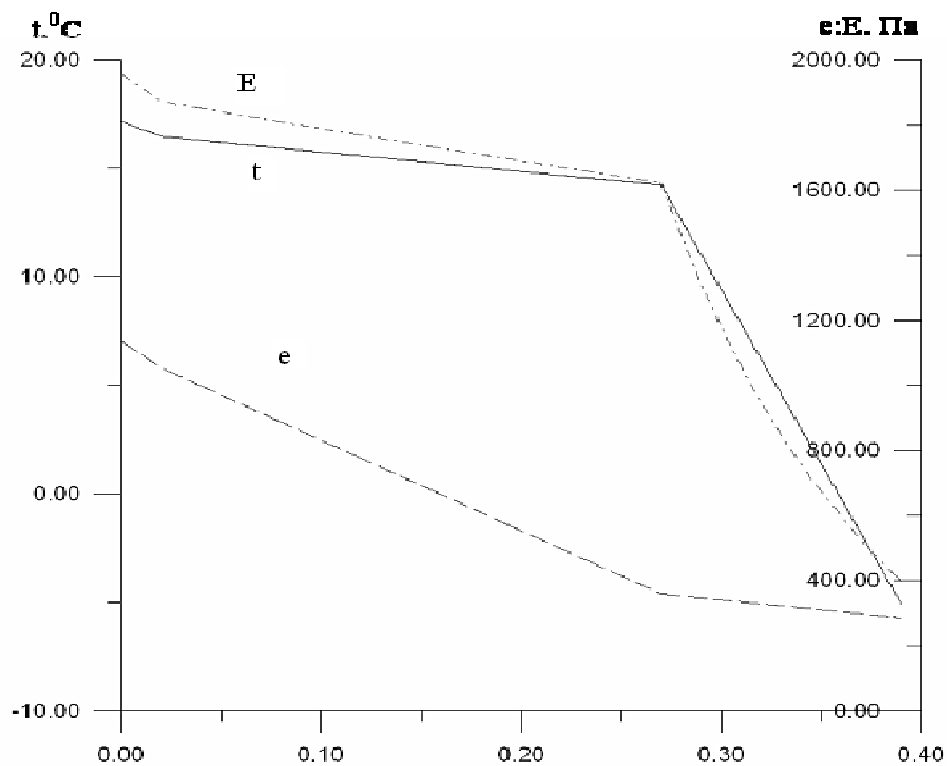


Рис.6 – Тепловологісне поле стінової багатoshарової конструкції, що відповідає нормативним вимогам



Рис.7 – Експлуатаційний стан конструкції з внутрішнім утепленням

Для цегляних та бетонних огорожувальних конструкцій довговічність були апріорі високою, тому для них показники теплової надійності не розглядалися та не оцінювалися. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією є складними інженерними системами,

які потребують обов'язкової оцінки за показниками їх теплової надійності. Тому розвитку положень щодо експериментального визначення цих показників приділяється особлива увага в загальній системі нормативних документів із забезпечення енергоефективності будівель [3-5].

Включення вимог до довговічності будівельних виробів у відповідні нормативні документи встановлено в ДБН В.1.2.-11-2008 [6]. Реалізація цих вимог здійснена у системних нормах ДБН В.2.6-31:2006 [7], у ДБН В.2.6-33:2008 [8], та у ДСТУ Б.В.2.6-34:2008 [9], ДСТУ Б.В.2.6-35:2008 [10], ДСТУ Б.В.2.6-36:2008 [11].

ДБН В.2.6-31:2006 [7] встановлюють вимоги до показника довговічності – терміну ефективної експлуатації теплоізоляційних матеріалів, який повинен бути не менш ніж 25 умовних років експлуатації.

Термін ефективної експлуатації або розрахункова довговічність теплоізоляційних виробів це характеристика виробів, яка визначає їх здатність зберігати теплоізоляційні властивості на рівні проектних характеристик протягом заданого терміну експлуатації будівлі, яка підтверджена результатами лабораторних випробувань і виражена в умовних роках експлуатації (терміну служби). Вимоги стосовно довговічності не слід інтерпретувати як гарантії виробника. Їх слід розцінювати як допоміжний засіб для вибору будівельного виробу відповідно до економічно обґрунтованого терміну служби будівельних об'єктів. Крім того, гарантії виробника стосуються терміну фактичної експлуатації виробу, а характеристика довговічності прив'язана до умовних років експлуатації і залежить від методики експериментального її визначення.

Методика експериментального визначення терміну ефективної експлуатації встановлена в ДСТУ Б В.2.7-182:2010 [12]. Методи, що встановлені у цьому стандарті, поширюються на всі будівельні матеріали, які застосовуються в якості ізоляції (термічної, вологісної) огорожувальних конструкцій від кліматичних впливів зовнішнього середовища.

Суть методу полягає в тому, що матеріал, який випробовується, піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях, та визначають зміни теплофізичних характеристик матеріалу. За результатами вимірювань теплофізичних характеристик оцінюють термін ефективної експлуатації матеріалу в залежності від конструктивного рішення теплоізоляції огорожувальних конструкцій.

Для теплоізоляційних матеріалів термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною теплопровідності в стандартних умовах випробувань. Для повітроізоляційних матеріалів термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною коефіцієнту паропроникності та повітропроникності матеріалу. Для теплоізоляційних матеріалів конструкцій фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним

прошарком термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною теплопровідності в стандартних умовах випробувань та зміною лінійних розмірів.

Об'єктами випробувань є будівельні ізоляційні матеріали та вироби, що використовуються при влаштуванні конструкцій теплоізоляційної оболонки будинку. Випробування проводять на зразках продукції, що виготовлена відповідно до вимог нормативних документів на ці матеріали та вироби. Під час випробувань на дослідні зразки здійснюють температурні впливи, що є характерними для умов експлуатації виробів під час їх експлуатації в складі огорожувальних конструкцій (рис.8).

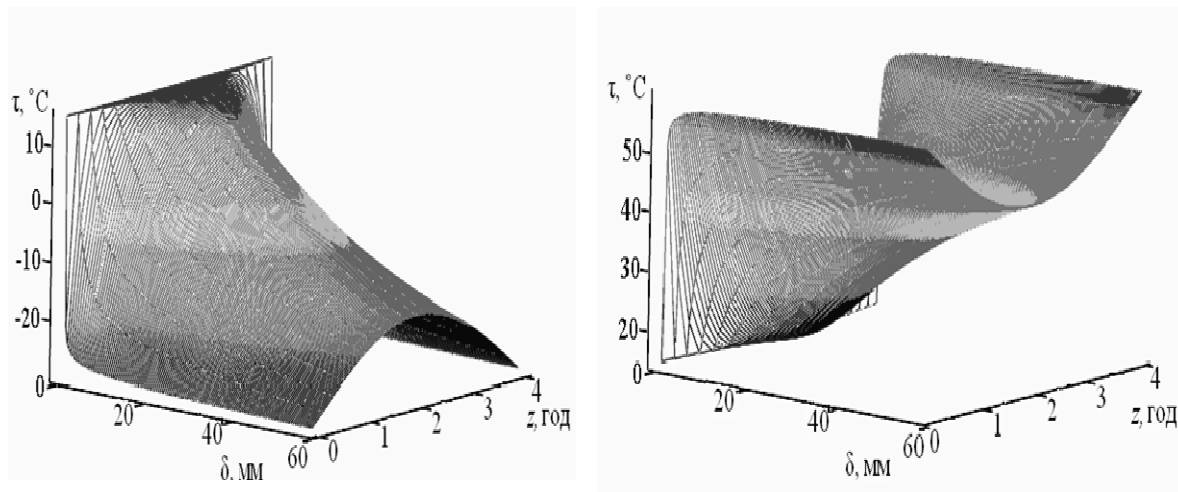


Рис.8 – Зміна температурних полів дослідних зразків під час проведення випробувань терміну ефективної експлуатації теплоізоляційних матеріалів

Інтенсивність кліматичної деструкції в процесі експлуатації теплоізоляційного матеріалу залежить не тільки від його властивостей – хімічного, мінералогічного складу, структури, форми пор, їх розмірів, сорбційних властивостей тощо, але і від того де цей матеріал знаходиться у складі огорожувальної конструкції [13,14]. Тому в залежності від конструктивного типу огорожувальної конструкції в [12] наведені різні коефіцієнти масштабності, що враховують відповідність умов лабораторних випробувань зразків умовам експлуатації теплоізоляційних виробів.

Таким чином, випробування за методикою [12] дозволяють оцінити властивості теплоізоляційного матеріалу за характеристикою його довговічності.

Висновки.

Розроблені методичні положення на підставі розвитку положень класичної будівельної фізики системно вирішують проблему підвищення енергоефективності будинків та споруд, дозволяють здійснювати оцінку показників довговічності сучасних теплоізоляційних виробів та конструктивних принципів на їх основі.

Список літератури

1 Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings // Official Journal. 04.01.2003.- P.65-70.

2 Фаренюк Г.Г. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій //Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка – 2007, №25, с.109-113.

3 Фаренюк Г.Г. Енергетичні аспекти безпеки експлуатації будівель / Фаренюк Г.Г. // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2009. – Вип.54. – С.5-14.

4 Фаренюк Г.Г. Метод посередньої оцінки показників теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк // Реконструкція житла – 2009. – Вип.11. – С.187-192.

5 Фаренюк Г.Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків / Фаренюк Г.Г. // Будівництво України. – 2009. - № 1-2. – С.12-16.

6 ДБН В.1.2-11:2008 “Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Основні вимоги до будівель та споруд. Економія енергії”

7 ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”

8 ДБН В.2.6-33:2008 “Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації

9 ДСТУ Б В.2.6-34 “Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги ”

10 ДСТУ Б В.2.6-35 “Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови”

11 ДСТУ Б В.2.6-36 “Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови ”

12. ДСТУ Б В.2.7-182:2010 «Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах».

13 Соколов А.М. Метод оценки перехода температуры через ноль в разных слоях стены за время отопительного периода / Соколов А.М., Фаренюк Г.Г. // Будівельні конструкції. - 2008. - Вип.68, -С.102-108.

14 Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.

АНАЛІЗ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ТЕПЛОПРОВОДІВ І ТРУБОПРОВОДІВ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Надійність в забезпеченні житлових, громадських і промислових будівель тепловою енергією і гарячою водою можлива лише при надійному функціонуванні трубопроводів теплових мереж.

Необхідність значення розподілу пошкоджуваності трубопроводів теплопостачання подаючого (Т1), зворотнього (Т2) і трубопроводів гарячого водопостачання подаючого (Т3), витікає в першу чергу з забезпеченості надійності Т1 і Т2 особливо в умовах значного недофінансування і відповідно недовиконання планових ремонтних робіт в умовах економічної кризи. Крім того, на основі аналізу пошкоджуваності трубопроводів Т1, Т2, Т3 можливе ефективне планування заходів по їх технічній експлуатації.

Циркуляційний трубопровід гарячого водопостачання Т4 демонтований в значній частині теплових мереж систем централізованого теплопостачання.

Із літератури відомо, що пошкоджуваність трубопроводів Т1 більша, ніж трубопроводів Т2 і змінюється в межах від $1,5 \div 3,5$ до $5 \div 6$ [1-6], а аналіз по пошкоджуваності трубопроводів гарячого водопостачання Т3 відсутній.

Виходячи з цього необхідно уточнити значення пошкоджуваності трубопроводів Т1, Т2, визначити пошкоджуваність трубопроводів Т3 і одержати аналітичні залежності параметру потоку відмов вказаних трубопроводів від строку їх експлуатації.

Основним показником надійності ремонтуємих трубопроводів теплових мереж є параметр потоку відмов ω [7].

Параметр потоку відмов ω , визначається:

$$\omega = n/L \text{ (1/км}\cdot\text{рік)} \quad (1)$$

де: n - число відмов за рік;

L - довжина теплопроводів, км

Для одержання статистичних моделей залежності параметру потоку відмов від строку експлуатації трубопроводів Т1, Т2, Т3 теплових мереж були використані дані по пошкоджуваності теплопроводів за період 2003-2005р.р довжиною 703,2 км, побудованих у 1968-1996р.р., підключених до 84 ЦТП КП ХТМ.

Дослідження надійності трубопроводів теплових мереж проводились з використанням методик [8-9].

Результати досліджень залежності параметру потоку відмов ремонтуємих трубопроводів Т1, Т2, Т3 від строку їх експлуатації приведено на рис.1.

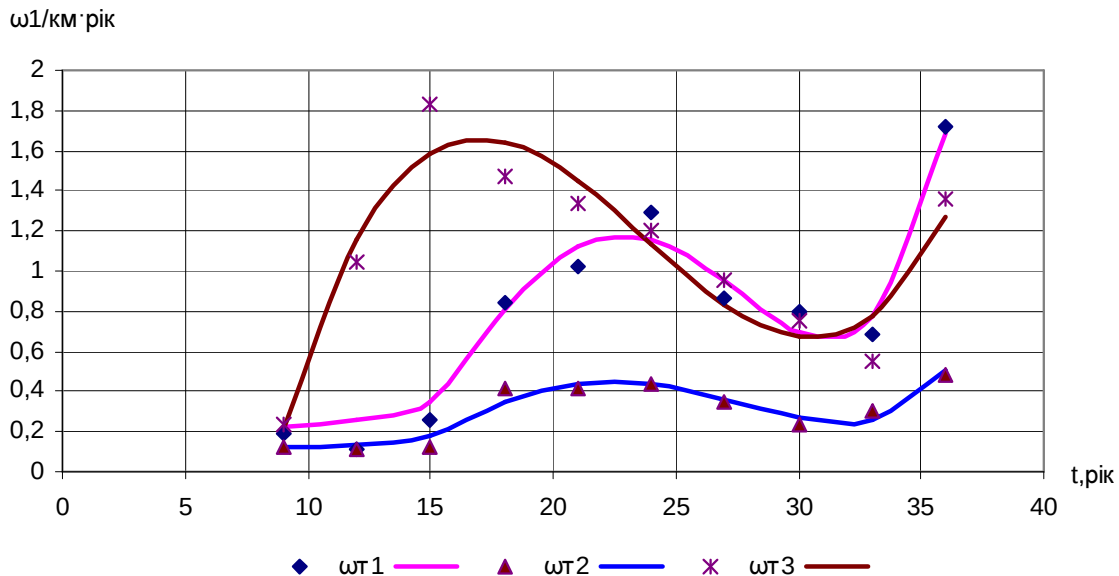


Рис. 1- Залежність параметру потоку відмов трубопроводів Т1, Т2, Т3 від строку експлуатації

Як видно з рис.1 характер зміни параметру потоку відмов трубопроводів Т1, Т2, Т3 ідентичний і складається з трьох періодів:

I період: збільшення параметру потоку відмов з 9 до 20-23 років трубопроводів Т1, Т2 і з 9 до 15-18 років Т3 ;

II період: зменшення параметру потоку відмов в період від 20-23 у подаючому трубопроводі Т1 і зворотньому трубопроводу Т2 до 30-33 років та трубопроводу гарячого водопостачання Т3 з 15-18 до 30-33 років експлуатації теплових мереж;

III період: стрімкого збільшення параметру потоку відмов з 30-33 до 36 років та імовірно і в подальшому ідентичний для всіх видів трубопроводів.

Згідно рис.1, значення параметру потоку відмов трубопроводів Т1 більше за аналогічний показник для трубопроводу Т2.

Відношення параметру потоку відмов трубопроводів Т1 і Т2 збільшується із збільшенням періоду експлуатації. Це пояснюється більш вагомим впливом тиску і температури теплоносія при зменшенні товщини стінки труби впродовж експлуатації [3].

Слід відмітити, що динаміка параметру потоку відмов трубопроводів Т2 в порівнянні з зміною параметру потоку відмов в трубопроводі Т1, більш плавна (спокійна), це пояснюється меншими значеннями тиску і температури і їх коливанням.

Максимальне значення параметру потоку відмов для T1 і T2 припадає на 20-23 рік експлуатації для I періоду, що корелюється з нормативним строком служби теплопроводів [10], а min (II- III періоди) припадає для на 30-33 роки для вище вказаних трубопроводів.

Підвищення рівня пошкоджуваності теплопроводів T1, T2 до 20-23 років експлуатації пояснюється зменшенням з часом товщини стінки теплопроводів внаслідок їх корозії, особливо на ділянках, де її дія є найбільш інтенсивною.

У подаючому трубопроводі T1 та зворотньому T2 зменшення потоку відмов відбувається з 20-23 до 30-33 років для II періоду експлуатації це пояснюється реновацією (капітальним ремонтом) найбільш пошкоджуваних ділянок трубопроводів.

Після 30-33 років експлуатації, в основному, в наслідок дії корозійних процесів, які усугубляються збільшенням впливу тиску на стінки трубопроводів, починається масове руйнування тіла труб.

Значення параметру потоку відмов пошкоджуваності теплопроводів T3 відрізняється від аналогічного показника трубопроводів T1 і T2.

Параметр потоку відмов T3 збільшується при збільшенні строку експлуатації і досягає max значення в 15-18 років у I період, що відповідає строку служби трубопроводів системи гарячого постачання [10]. У II період з 15-18 до 30-33 років параметр потоку відмов зменшується за рахунок реновації найбільш пошкоджених ділянок трубопроводів.

Після 30-33 років як і для T1, T2 настає масове руйнування тіла труб.

Більша пошкоджуваність трубопроводів T3 пояснюється тим, що при однакових умовах експлуатації T1, T2, T3 інтенсивність корозії зовнішньої поверхні вказаних теплопроводів в основному однакова, але корозія внутрішньої поверхні трубопроводу T3 більша, за рахунок того, що на відміну від підготовленого теплоносія, який знаходиться в трубах T1, T2, вода, яка знаходиться в трубопроводах T3 не проходить хімічної підготовки, а значить її корозійність більша [3, 7].

Максимальне відношення параметру потоку відмов теплопроводів T3 по відношенню до такого ж показника для трубопроводів T1 у I період експлуатації до капітального ремонту досягає максимального значення на 15-18 рік експлуатації. Різне падіння параметру потоку відмов для трубопроводів гарячого водопостачання T3 після 18 років експлуатації і незначна відміна його порівняно з T1 в подальшому процесі експлуатації пояснюється більшою кількістю замінених ділянок трубопроводів T3 на нові.

Процентне співвідношення значень параметру потоку відмов за вказаний період експлуатації (9-36 років) для трубопроводів T1, T2, T3 приведене на рис.2



Рис.2- Процентне співвідношення параметру потоку відмов для трубопроводів T1, T2, T3

Таким чином, в загальній кількості пошкоджень трубопроводів теплових мереж 37% припадає на пошкодження T1, 14%- на пошкодження T2 і 49% на пошкодження T3. Причини вказаного розподілу наведені вище.

В результаті обробки даних по пошкоджуваності трубопроводів T1, T2, T3 одержані статистичні моделі залежності параметру потоку відмов від строку експлуатації t , вказаних трубопроводів:

$$\omega_{T1} = 11,199 - 2,668 t + 0,219 t^2 - 0,0072t^3 + 0,0001 t^4 \quad (4)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції: $R=0,98$

Коефіцієнт детермінації (нормуємий) $R^2= 0,94$;

Стандартна помилка – $S=0,12$

Значимість параметрів b_i - усі значимі

Модель є адекватною з імовірністю $P=0,95$

$$\omega_{T2} = 3,34 - 0,791 t + 0,0658 t^2 - 0,0022t^3 + 0,00003 t^4 \quad (5)$$

$R=0,96$; $R^2= 0,85$; $S=0,06$, b_i - усі значимі, $P=0,95$

$$\omega_{T3} = -6,911 + 1,237 t - 0,0566 t^2 + 0,0008t^3 \quad (6)$$

$R=0,95$; $R^2= 0,86$, $S=0,18$, b_i - усі значимі, $P=0,95$

Одержані залежності можуть бути використані для розрахунку і аналізу пошкоджуваності трубопроводів теплопостачання T1-подаючого, T2-зворотнього, а також трубопроводу гарячого водопостачання T3.

Висновки.

1. Залежність параметру потоку відмов трубопроводів T1, T2, T3 від строку їх експлуатації включає три періоди:

I-збільшення ω трубопроводів за рахунок корозії;

II- зменшення ω при капітальному ремонті найбільш пошкоджуваних ділянок трубопроводів;

III-збільшення ω за рахунок різкого зменшення товщини стінки труб при їх корозії.

2. Підтверджено, що пошкоджуваність трубопроводів Т1 більше ніж трубопроводів Т2;

Встановлено, що пошкоджуваність трубопроводів Т3 в основному більша за пошкоджуваність трубопроводів Т1.

4. Осереднене за період експлуатації співвідношення параметру потоку відмов трубопроводів складає: 49%- Т3, 37%- Т1, 14%- Т2.

5. Одержано статистичну модель для розрахунку показників надійності параметру потоку відмов трубопроводів Т1, Т2, Т3.

Визначення залежності параметру потоку відмов трубопроводів Т1, Т2, Т3 від строку їх експлуатації необхідно з метою оцінювання їх надійності, оптимального планування витрат матеріально-технічних ресурсів, зокрема трубопроводів, а також трудових ресурсів.

З метою зменшення руйнування теплопроводів, доцільно застосовувати заздалегідь ізольовані труби з пінополіуретановою ізоляцією і труби «Касафлекс».

Список літератури

1. Соколов Е. Я., Извеков А. В., Малофеев В.А. Нормирование надежности систем централизованного теплоснабжения // «Электрические станции».- 1993.- №12. -С. 20-24.

2. Вопросы повышения надежности и долговечности подземных теплопроводов. Сурис М. А., Витальев В.П.// «Теплоэнергетика».1982.- №8.-С.34-37.

3. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы.- М.:Энергия.1974.-256с

4. Глюза А. Т., Яковлев Б. В., Лысенко Ю. Д., Мельцер М. Я., Шленок О.Ф. Прогнозирование повреждаемости подземных тепловых сетей // «Теплоэнергетика».- 1989.- №6.- С.18-21.

5. Альбертинский Л. И., Липовских В. М. Пути увеличения срока службы тепловых сетей// «Энергетик». 1990. -№ 10.- С. 15-16.

6. Стрижевский И. В., Сурис М. А. Защита подземных теплопроводов от коррозии М.:Энергоатомиздат, 1983.-344с.

7. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей.-М.:Стройиздат, 1989.-268с

8. Лобко О. М. Методика анализа повреждаемости трубопроводов. Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн.сб. Вип.93.: Техника, 2010. С. 321-324.

9. Лобко О. М.Методика вибору шагу експлуатації теплопроводів при дослідженні їх пошкоджуваності. Науковий вісник будівництва: Наук.-техн.сб.Вип. 58.: ХДТУБА, 2010. -С.196-202.

10. Письмо Минфин СССР от 29.01.91 № 04-503-3 «Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных средств».

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Впервые о гидравлически устойчивом регулировании было упомянуто [1] в 2009 году, хотя сущность этого метода сокращения расхода тепла и топлива в централизованной системе теплоснабжения была раскрыта [2] несколько раньше.

В централизованных системах теплоснабжения обычно используют систему гидравлически неустойчивого регулирования теплового потока, при котором регулирующий клапан частично или полностью перекрывает поток теплоносителя. При этом предполагается, что при срабатывании регулирующего клапана на одном из тепловых пунктов, автоматические устройства всех других тепловых пунктов зданий, присоединенных к тепловой сети, должны адекватно отреагировать, сохранив на неизменном уровне давление перед каждой отопительной системой. Если же автоматические устройства установлены не везде, или они не вполне исправны, то регулятор теплового потока, установленный на одном объекте, решит только локальную задачу энергосбережения на этом объекте, потому что теплоноситель в этом случае перераспределится между зданиями, и общее потребление тепла и расход топлива в центральной котельной останутся неизменными.

Автоматизация тепловых пунктов может реально экономить топливо, если будет реализована схема гидравлически устойчивого регулирования (рис. 1).

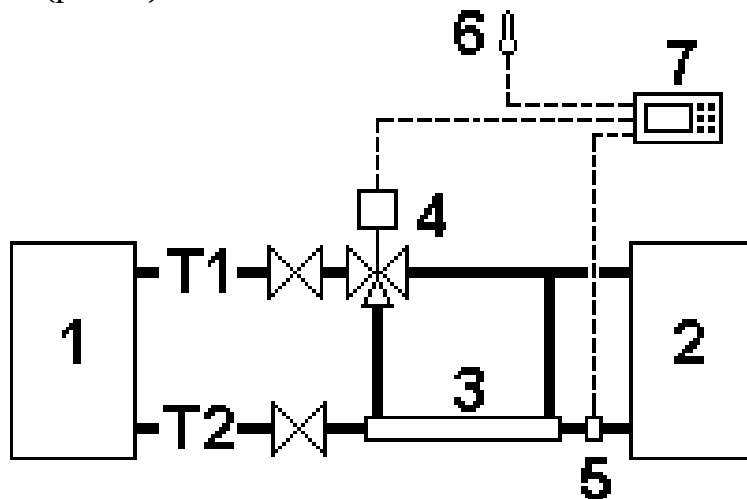


Рис. 1 Схема, которая реализует метод гидравлически устойчивого регулирования

1 – городская теплосеть, 2 – система отопления, 3 – теплообменник, 4 – трехходовой регулирующий клапан, 5 – датчик температуры в обратном трубопроводе, 6 – датчик температуры наружного воздуха, 7 – контроллер

Во время морозов трехходовой клапан 4 перекрывает проход теплоносителя к теплообменнику 3. При относительно теплой погоде температура воды в обратном трубопроводе системы отопления 2 превысит заданное контролером 7 значение, и будет дана команда на изменение положения клапана 4. При этом часть воды из подающего трубопровода Т1 направится в теплообменник 3, где теплоноситель будет охлажден до необходимой температуры водой из обратного трубопровода системы отопления. В этом же теплообменнике вода из обратного трубопровода подогреется, после чего возвратится по трубопроводу Т2 в котельную с более высокой температурой, и операторы котельной будут вынуждены сократить расход топлива, чтобы температура в подающем трубопроводе тепловой сети не поднялась выше заданного уровня.

Особенностью схемы является сохранение устойчивого гидравлического режима при регулировании, поскольку расходы воды в системе теплоснабжения, а, следовательно, и давления в ней остаются неизменными, что само по себе создает дополнительные эксплуатационные преимущества.

Системы гидравлически устойчивого регулирования были реализованы на шести крупных ЦТП в Запорожье [3], и первые результаты их работы в прошедшем отопительном сезоне (2009-10 годы) подтвердили высокую эффективность новых устройств.

Следует отметить, что применение трехходового клапана (поз. 4 на рис. 1) на первом из модернизированных ЦТП сопровождалось рядом проблем. Такой клапан удалось найти только в дорогом импортном исполнении, и его условный проход не превышал 150 мм, в то время как для достаточно мощного ЦТП было бы предпочтительнее применить клапан Ду200. Для последующих проектов было найдено более удачное техническое решение (рис. 2), в котором вместо трехходового клапана использован проходной регулирующий клапан.

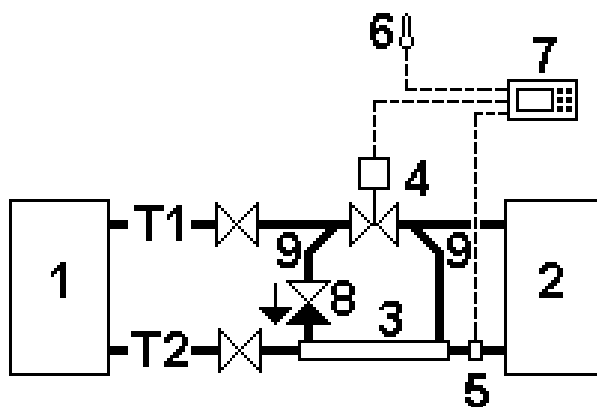


Рис. 2 Схема гидравлически устойчивого регулирования с проходным клапаном
1 – городская теплосеть, 2 – система отопления, 3 – теплообменник,
4 – проходной регулирующий клапан, 5 – датчик температуры в обратном
трубопроводе, 6 – датчик температуры наружного воздуха, 7 – контроллер,
8 – обратный клапан, 9 – косые врезки

В морозную погоду, когда понижать температуру в системе отопления не нужно, клапан 4 открыт, и весь расход теплоносителя через открытый клапан поступает к отопительным системам 2. Косые врезки 9 установлены так, чтобы побуждать движение части теплоносителя из подающего трубопровода через теплообменник 3 в том же направлении, в каком движется по теплообменнику вода из обратного трубопровода, но такому движению препятствует обратный клапан 8. Поэтому теплообменник 3 при открытом клапане 4 не работает.

После того, как контроллер 7 даст команду на закрытие клапана 4, вода из подающего трубопровода устремится через обратный клапан 8 в теплообменник, по которому она будет двигаться в направлении, противоположном движению воды из обратного трубопровода. Охлажденная вода поступит в систему отопления, а подогретая вода из обратного трубопровода возвратится в котельную, обеспечивая гидравлически устойчивое регулирование.

На рис. 3 показана фотография установленного на ЦТП-6 в Коммунарском районе города Запорожье проходного регулирующего клапана условным проходом 200 мм рядом с косыми врезками, а на рис. 4 – блок теплообменных аппаратов системы регулирования теплового потока систем отопления зданий, присоединенных к мощному ЦТП.



Рис. 3 Узел регулирования с косыми врезками и проходным регулирующим клапаном, установленный на ЦТП-6 в Коммунарском районе города Запорожье

В связи с неизменным расходом теплоносителя, определяющими критериями эффективности регулирования являются температуры теплоносителя на входе в теплообменник и на выходе из него. Основным показателем эффективности является превышение Δt температуры воды в обратном трубопроводе регулируемой системы над температурой воды, соответствующей отопительному графику.



Рис. 4 Блок из трех интенсифицированных теплообменных аппаратов ТТАИ диаметром 200 мм и длиной 1500 мм в системе устойчивого регулирования ЦТП отопительной мощностью 16,8 Гкал/ч

На рис. 5 представлен график с нанесенными на него точками, значения которых соответствуют значениям разности температур Δt , измеренным на ЦТП-9 при различных температурах наружного воздуха.

Аппроксимирующая кривая графика описывается уравнением

$$\Delta t = -0,012t_H^3 + 0,236t_H^2 + 0,356t_H + 0,754$$

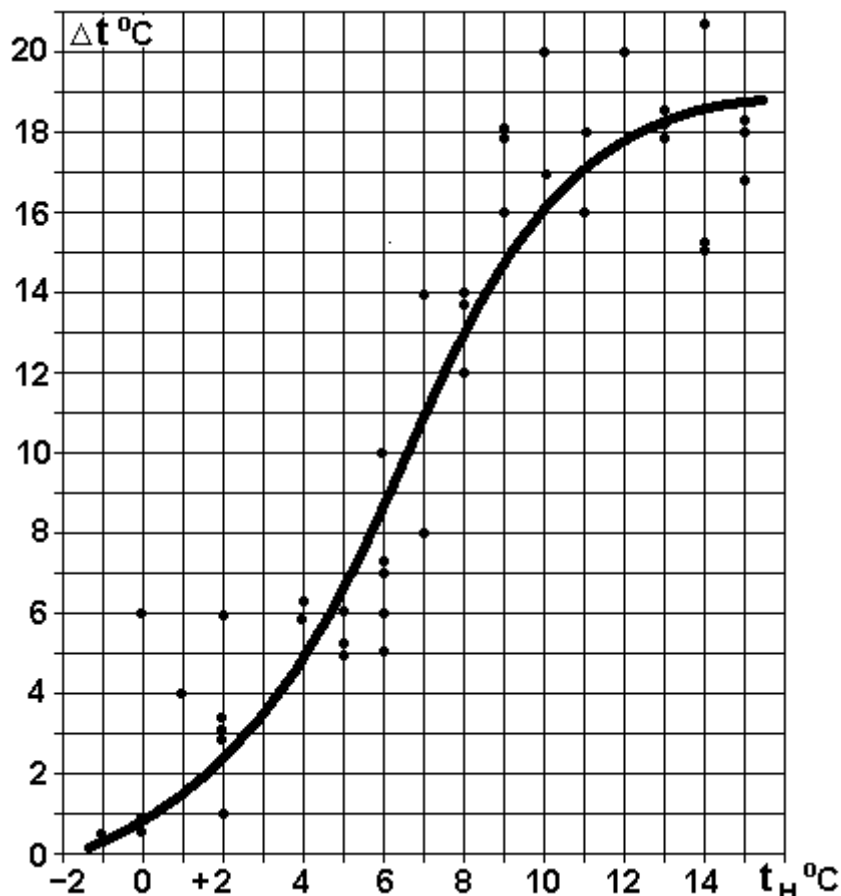


Рис. 5. Зависимость превышения Δt температуры воды в обратном трубопроводе над требуемым по отопительному графику значением от температуры наружного воздуха t_n

В таблице рассчитаны значения Δt , а в следующую строку внесены значения времени Z стояния, часов, каждой наружной температуры в течение отопительного периода в Запорожье, выписанные [4] из климатологического справочника.

Параметр	Значения параметров при температуре наружного воздуха t_n , °C															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Δt , °C	0,9	1,5	2,4	3,5	5,0	6,5	8,7	10,8	13,0	14,7	16,0	17,0	17,8	18,3	18,6	18,8
Z , часов	408	308	238	190	179	222	209	140	114	110	98	71	61	44	29	28
$\Delta t \cdot Z$	367	462	571	665	895	1443	1818	1512	1482	1617	1568	1207	1086	805	539	526
$\square \Delta t \cdot Z$	16565															

Произведение $\Delta t \cdot Z$ характеризует потенциал экономии тепла во время стояния каждой наружной температуры, а параметром $\square \Delta t \cdot Z$ определяется возможность достижения экономии тепла в течение всего отопительного периода.

При известном и постоянном расходе теплоносителя G , т/ч, экономия Q , Гкал, тепловой энергии за отопительный сезон в Запорожье составит

$$Q = 10^{-3} G \cdot \Delta t \cdot Z$$

В ЦТП-9 Коммунарского района г. Запорожье неизменный, благодаря системе устойчивого регулирования, расход теплоносителя $G = 207$ т/ч. Таким образом, в течение отопительного сезона надежно работающая автоматика обеспечит не условную, а фактическую экономию тепла в количестве

$$Q = 10^{-3} 207 \cdot 16565 = 3429 \text{ Гкал}$$

В отопительном сезоне 2009-10 годов в Коммунарском районе г. Запорожье работали гидравлически устойчивые системы регулирования в пяти ЦТП с суммарным расходом теплоносителя в них 671 т/ч, что соответствует годовой экономии тепла около 11 тыс. Гкал.

В отличие от остальных автоматических систем, система гидравлически устойчивого регулирования экономит не только тепло на отдельных объектах, но и природный газ в центральной котельной. А это означает, что в результате внедрения системы устойчивого регулирования за один отопительный сезон только в одном из районов города Запорожье реально сэкономлено более 1,5 млн. м³ природного газа.

Любая автоматика, снижающая потребление тепла у отдельных потребителей, работала до сего времени на разорение теплоснабжающих организаций, которые в результате автоматического регулирования в зданиях получали меньше денег, покупая природный газ в неизменных количествах. Запорожский опыт показал, что можно экономить тепло с выгодой не только для потребителя, но и для теплоснабжающей организации. Это дает надежду на то, что тепловая автоматика, исполненная так, как это уже сделано на нескольких ЦТП в Запорожье, начнет, наконец, работать на уменьшение импорта газа.

Список литературы

1. Особенности гидравлически устойчивого регулирования теплового потока у потребителей тепловой сети. «Энергосбережение в зданиях» №5 (№48), 2009.
2. Сокращать потребление газа в котельных можно прямо сейчас. «Энергосбережение в зданиях» №2 (№33), 2007.
3. Центр энергосбережения Украины перемещается в Запорожье. «Энергосбережение в зданиях» №5 (№48), 2009.
4. СНиП II-A.6-72. Строительная климатология и геофизика, 1973.

О.Н.Зайцев, д.т.н., профессор,

К.И. Борисенко, аспирантка

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДЯНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Введение

Жизнь современного человека не мыслима без определенного уровня комфортности помещений. В сущности любое здание (как рукотворное так и естественное) нельзя рассматривать без инженерных систем. Появление таких направлений как энергосбережение в архитектуре, строительстве – яркое свидетельство этому. В то же время рассмотрение каких-либо вопросов отдельно, без комплексного анализа не может решить проблемы качественного обеспечения комфортных условий, а зачастую вызывает и отрицательный эффект (например снижение температуры горячей воды в котлах с одной стороны уменьшает расход топлива, а с другой уменьшает температурный напор в нагревательных приборах, что требует увеличения их площади, то есть увеличения капитальных затрат, кроме того, оказывает влияние на работу терморегуляторов системы отопления). Сама архитектура здания, его расположение, взаимодействие с расположенными рядом другими зданиями и сооружениями (аэродинамическим, тепловым) также оказывают влияние на работу инженерных систем [1].

Основные результаты работы

Системы отопления являются основным инструментом, позволяющим создавать и поддерживать тепловые комфортные условия в зданиях и сооружениях. В настоящее время к этим функциям добавилась функция управления параметрами микроклимата, что в совокупности с требованиями энергосбережения выводит на первую роль именно системы отопления.

Однако, обратной стороной расширения функций систем отопления явилось и их усложнение – как разница между арифмометром и современными ЭВМ, такое же различие между «классическими» системами водяного отопления и современными системами обеспечения микроклимата. По большому счету это два совершенно различных объекта с одним и тем же предназначением.

Современные системы отопления имеют принципиально иной подход к регулированию – это не процесс наладки перед пуском с последующей работой в постоянном гидравлическом режиме, это

системы с постоянно изменяющимся тепловым режимом в процессе эксплуатации, что соответственно требует оборудования для отслеживания этих изменений и реагирования на них. К примеру, изменение теплового режима зависит от способности терморегулятора изменять расход тепловой энергии на приборы в системе отопления, что вызывает цепную реакцию других систем (либо терморегуляторов, что может вызвать как разрегулировку системы, так и выход из строя циркуляционного насоса, либо перегрузку системы электроснабжения).

В качестве задач, которые должны решаться с помощью систем отопления можно указать [3, 4]:

1. Система отопления должна возмещать потери тепла помещением через все его тепло ограждающие конструкции;
2. Система отопления должна независимо от колебаний наружной температуры поддерживать внутри помещения установленную температуру;
3. Температура внутреннего воздуха должна быть возможно равномерной как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях (по горизонтали разница температур не должна превышать 2 °С, по вертикали – 1 °С на 1 метр высоты помещения);
4. Внутренние поверхности должны иметь температуру, приближающуюся к температуре воздуха в помещении и обеспечивать минимальное время нагрева элементов высокой тепловой аккумуляции;
5. Система отопления должна обеспечивать достижение максимального теплоиспользования в течение всего отопительного периода.

Однако, поскольку система отопления не есть самоцель, а призвана обеспечивать тепловой комфорт в помещении, то представляет интерес рассмотрения работы такой системы в условиях динамического изменения параметров (инфильтрации наружного воздуха, работы вытяжных систем вентиляции, наличия перепада температуры между стенками и воздухом помещения (при этом перепад температур изменяется от внутренних стен к наружным). То есть в данной работе была сделана попытка рассмотрения распределения температуры, плотности и давления в отапливаемом помещении при использовании различных систем отопления, а именно: как влияет инфильтрация наружного воздуха, вытяжная вентиляция, температура стен, нагревательных приборов на работу систем отопления и распределение указанных параметров в помещении, при расположении нагревательного

прибора под окном, в случае напольной системы отопления и при применении комбинированной системы.

В качестве граничных условий задавались – ограждающие конструкции (внутренние стенки с температурой на 5 градусов ниже температуры внутреннего воздуха ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), внутренняя поверхность наружной стены – на 8°C), отопительный прибор, температура поверхности которого принималась равной $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, инфильтрация наружного воздуха учитывалась созданием перепада давления в месте расположения оконного проема в 20 Па и задавалась температура наружного воздуха = -20 градусов (на рис.11 – перепад давления 100 Па), температура пола, при использовании его в качестве отопительного прибора принималась равной 27 град, кроме того во всех случаях учитывалась скорость движения внутреннего воздуха – $0,3\text{ м/с}$ и удаление воздуха из помещения (на стенке создавался перепад давления 10 Па при температуре, равной внутренней).

Результаты моделирования [2] представлены на рис.1-7.

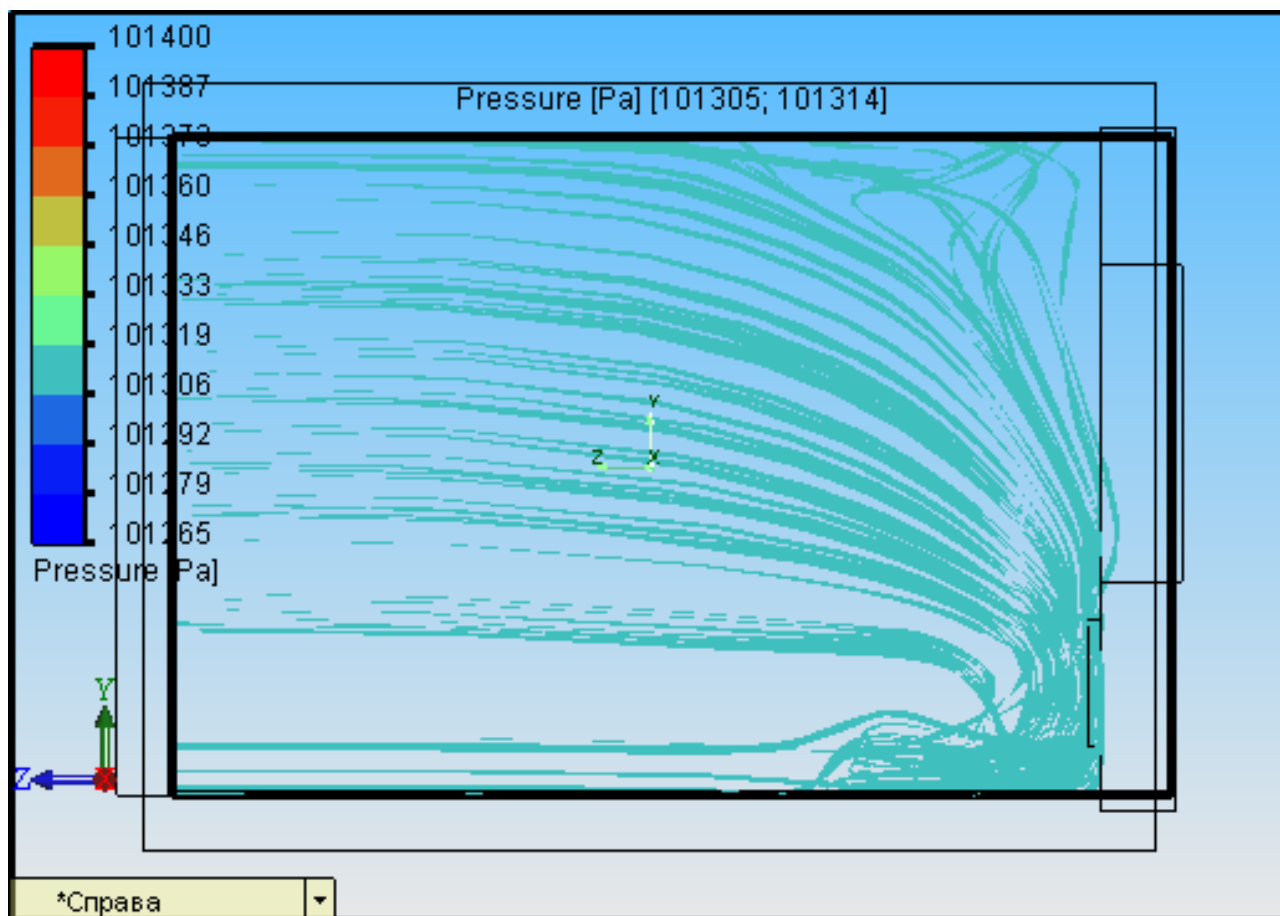


Рис.1. Отопление только от радиатора (распределение давление по помещению)

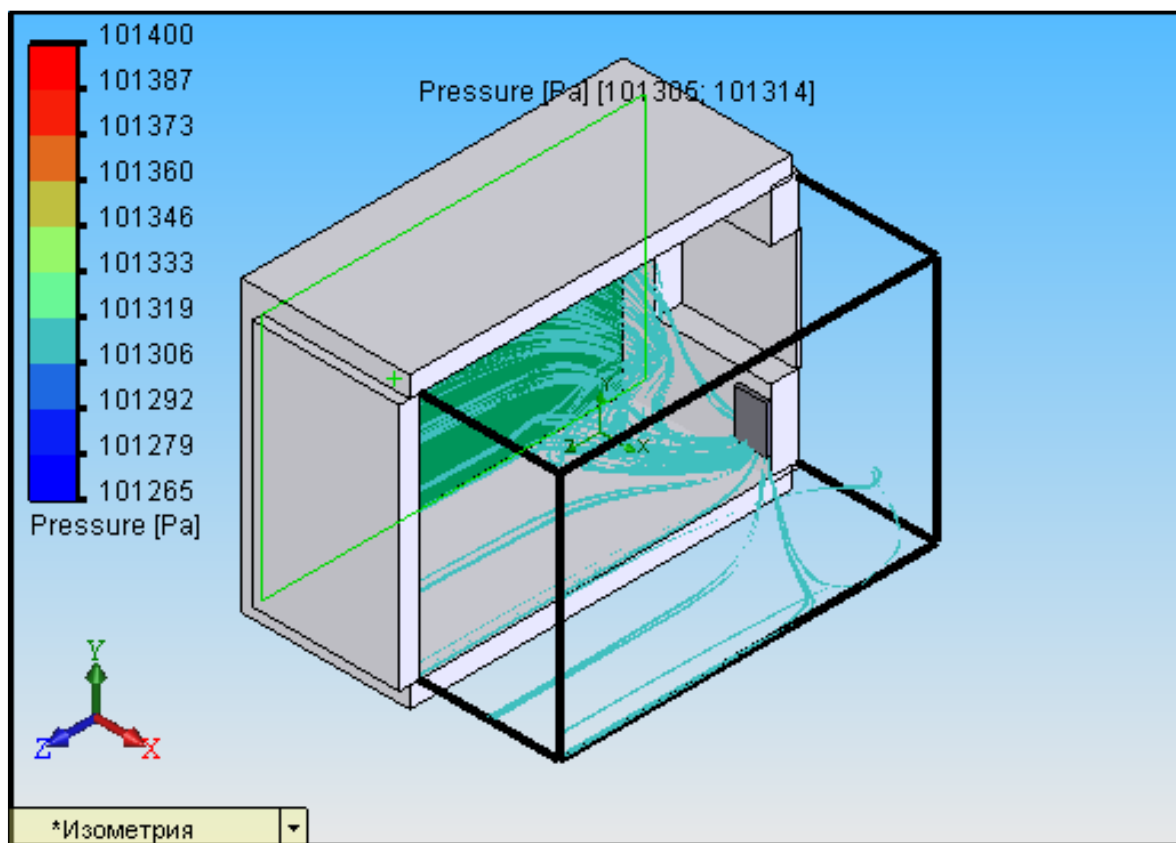


Рис.2. Отопление только от радиатора (распределение давление по помещению)

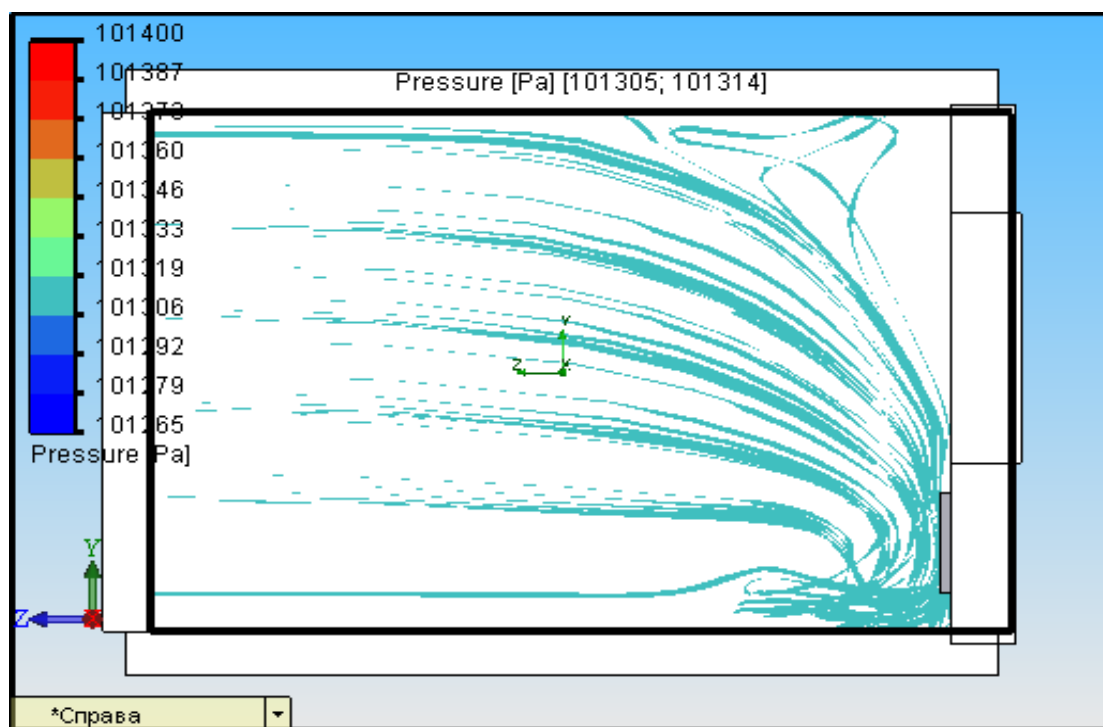


Рис.3. Отопление от радиатора и пола (распределение давление по помещению)

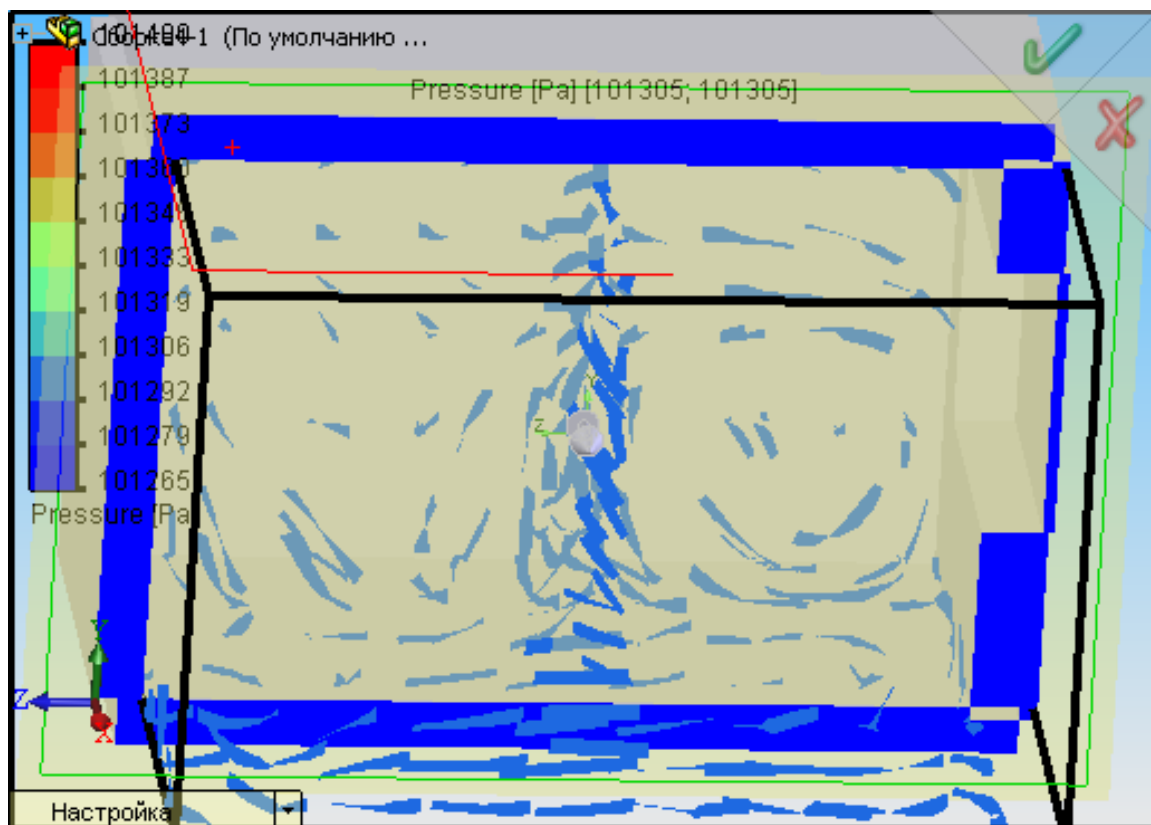


Рис.4. Отопление от радиатора и пола (распределение давление по помещению)

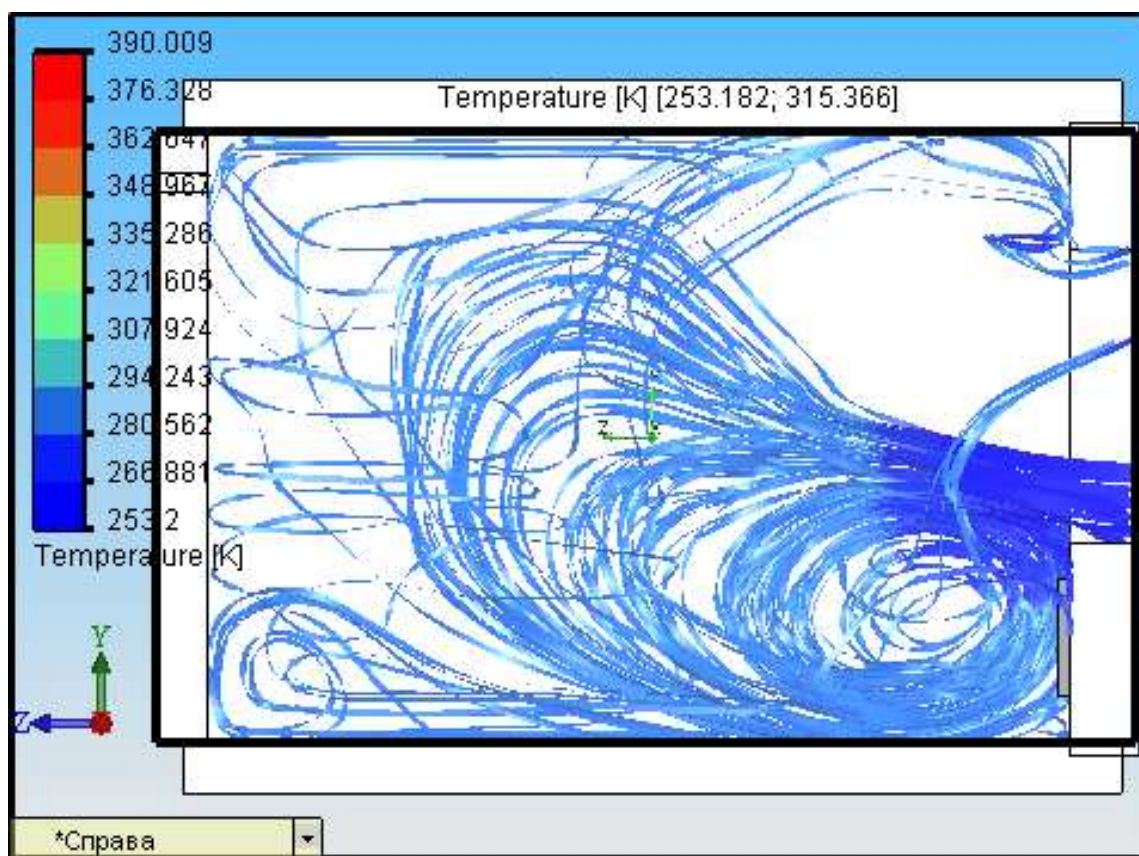


Рис.5. Отопление от пола (без радиатора)(распределение давление по помещению)

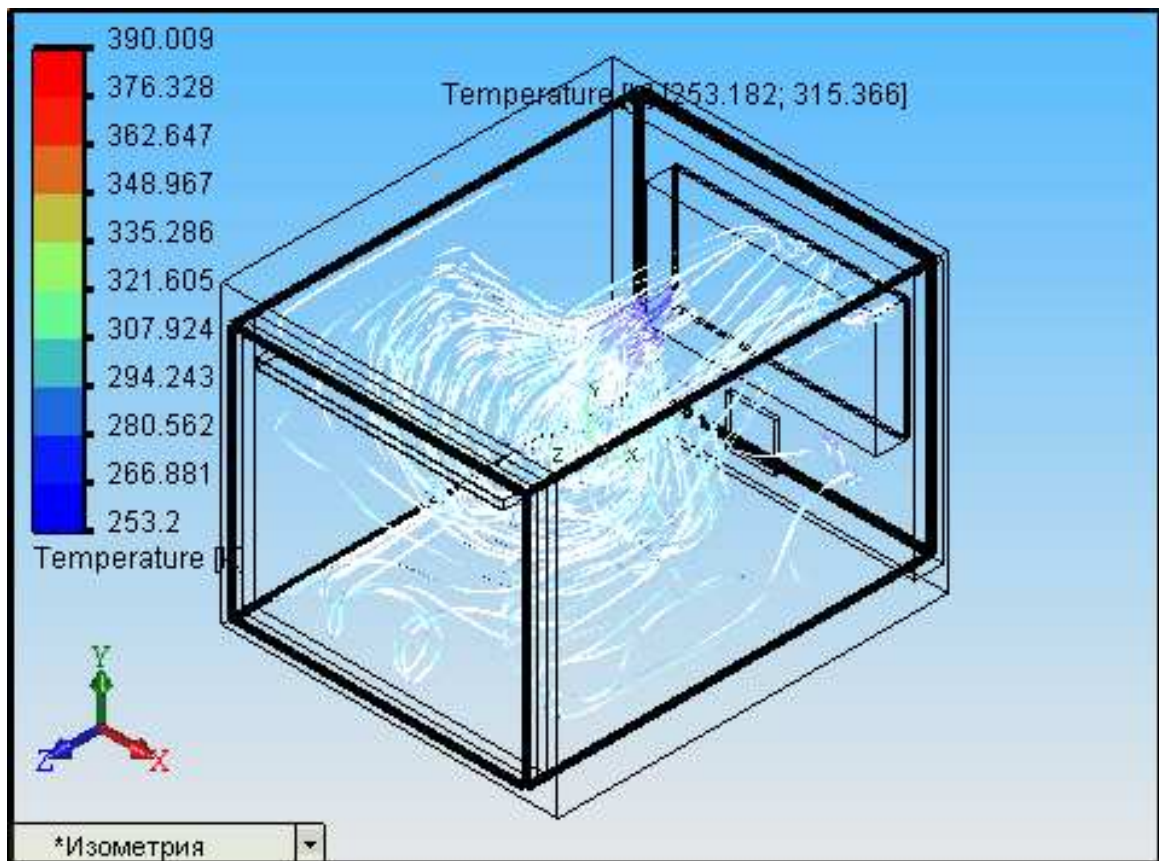


Рис.6. Распределение температуры при совместной работе напольной системы отопления и радиатора (разрез помещения).

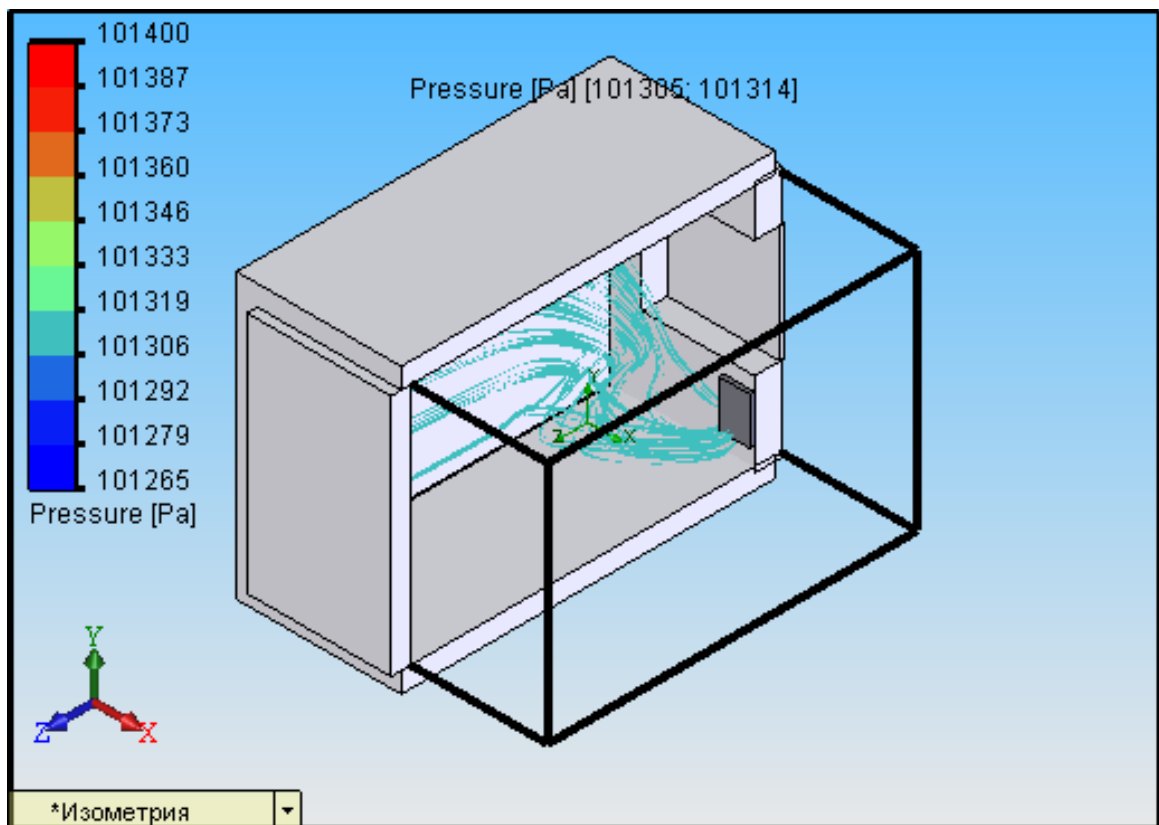


Рис.7. Распределение температуры при совместной работе напольной системы отопления и радиатора (изометрия).

Выводы.

Анализ полученных данных позволяет сделать несколько выводов:

1. Влияние радиатора имеет ограниченное значение – на расстоянии 1-1,5 м давление и температура практически равномерно расслоены по объему помещения;
2. В местах, где нет влияния радиатора и наличествует инфильтрация происходит изменение потока – прижимание его к полу;
3. При совместном отоплении (радиатор возле окна и теплый пол) – основное влияние на конфигурацию распределения температур оказывает радиатор, вследствие более высоких температурных параметров.
4. При использовании системы теплый пол (без радиатора) также отсутствует равномерное прогревание воздуха по площади помещения – это объясняется разной температурой ограждающих конструкций, инфильтрацией и влиянием вентиляции, при этом возникает несколько циркулирующих воздушных потоков, которые создают зоны перегрева и охлаждения в помещении.

Список литературы:

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки.- М.: Стройиздат, 1986. – 157с.
2. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.: ил.
3. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986
4. Tabunschikov Y. Mathematical models of thermal conditions in buildings, CRC Press, USA 1993.

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ ЕФЕКТІВ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

За роки незалежності України стала актуальною така проблема, як енергетична залежність від Росії. Наша держава недостатньо забезпечена енергетичними ресурсами, тому виникла життєва необхідність у впровадженні енергозберігаючих заходів. Нераціонально використовуються енергоресурси як в промисловості, так і в житлово-комунальному комплексі. Наша країна щорічно витрачає на придбання, видобуток і переробку основних видів енергоносіїв (нафти, природного газу та вугілля) величезні матеріальні і фінансові засоби. У таких умовах нераціональне використання ресурсів неприпустиме. Підвищення ефективності використання й економії енергоресурсів є найважливішим завданням кожної розвинутої держави

Нині питання енергозбереження, обліку енергоресурсів і управління їх витратою стоять як ніколи гостро. В умовах гострої економічної кризи дбайливе використання енергоносіїв є важливим пріоритетним завданням економічної політики України.. На сьогоднішній час, як першочергове завдання, в нашій країні проводиться широкомасштабна політика в галузі енергоощадності. Задачі енергоощадності в Україні є комплексними і охоплюють аспекти як зовнішнього теплопостачання, так і внутрібудинкового (опалення), а також законодавчої бази і технічної інновації.

В економіці нашої країни все ширше впроваджуються енергозберігаючі заходи для зменшення імпорту енергоресурсів та проводиться програма, спрямована на енергоощадність та енергозбереження. Зокрема, Україна співпрацює з державами Європи (Польща, Словаччина) в питаннях проведення енергоаудиту будинків невинробничого призначення (в основному - це школи та лікарні). Не викликає сумніву той факт, що витрату теплоти на потреби опалення будинків необхідно значно зменшити в результаті проведення їх термомодернізації. Для досягнення максимального ефекту слід визначити економічно доцільний рівень теплозахисту будинків, який повинен бути оптимальним як в теплотехнічному, так і в економічному відношенні за приведеними затратами. За рахунок цього споживач отримає змогу вивільнити кошти за опалення, а крім того оптимізація рівня теплозахисту забезпечує не тільки економію теплоти, але одночасно підвищує рівень теплової комфортності приміщень.

Мета даної роботи – оптимізувати методику проведення енергоаудиту будинків при врахуванні сукупних термореноваційних заходів для досягнення максимального ефекту.

Слід відзначити, що істотного зменшення витрати палива можна досягнути лише при комплексному підході до вирішення поставленої задачі, оскільки необхідно враховувати ще ряд таких факторів, як перегрів приміщень в перехідний період року, надмірні втрати теплоти у зв'язку з низькою ефективністю теплоізоляції зовнішніх трубопроводів, завищений дійсний повітрообмін у приміщеннях, втрати експлуатаційного та організаційного характеру, а також втрати теплоти, зумовлені непередбаченими чинниками.

З врахуванням вищесказаного, заслуговують уваги такі визначальні термореноваційні заходи (ТРЗ):

1. Утеплення зовнішніх стін (по сторонах горизонту окремо).
2. Утеплення горищного перекриття.
3. Утеплення перекриття над підвалом.
4. Ущільнення вікон та зовнішніх дверей.
5. Заміна вікон.
6. Зменшення площі заскління зовнішніх огорожуючих конструкцій.
7. Повне заскління балконів та лоджій.
8. Екранування радіаторних ніш.
9. Пофасадне регулювання системи опалення.
10. Регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів шляхом встановлення терморегуляторів.
11. Зниження температури внутрішнього повітря в нічний та неробочий час.
12. Встановлення ефективного теплообмінного обладнання в теплових пунктах.
13. Заміна старих котлоагрегатів сучасними котлоагрегатами з високим к.к.д., в т.ч. конденсаційними.
14. Встановлення теплових завіс.
15. Утилізація теплоти витяжного вентиляційного повітря.
16. Зменшення втрат теплоти в зовнішніх теплових мережах за рахунок застосування попередньоізольованих труб.

Енергоаудитор зазвичай розглядає певний набір ТРЗ для пропозиції замовнику. Назвемо їх “простими” ТРЗ, а цей набір ТРЗ – “списком”. Слід зауважити, що “список” може складатися з більшої або меншої кількості ТРЗ, що пов'язане з різними аспектами, насамперед з інвестиційними можливостями.

Очевидним є факт, що не уникнути ситуації, коли логічним є одночасне поєднання довільних двох і більше “простих” ТРЗ, які знаходяться в “списку”. Для подальшої зручності стосовно індексів,

доцільно позначити їх таким чином: 1-ий термореноваційний захід - $TP3_1$, 2-ий – $TP3_2$ і т.д.

Всі ці $TP3$ характеризуються певними економічними параметрами, а одним з важливих етапів проведення енергоаудиту даної енергоощадної пропозиції є саме економічна оцінка. Вона передбачає використання сучасної методики оцінки економічної ефективності, яка враховує новітні концепції економічних розрахунків, зокрема рекомендації UNIDO (United Nations Industrial Development Organization).

Згідно з концепцією UNIDO для кожного i -го $TP3$ слід визначити:

- простий час повернення витратків $SPBT_i$ (Simply Pay Back Time), який не враховує фактор інфляції;
- коефіцієнт змінної вартості нетто $NPVR_i$ (Net Present Value Ratio);
- внутрішній ступінь повернення витратків IRR_i (Internal Rate of Return);

та інші показники для комплексних розрахунків.

Існує об'єктивна необхідність розглядати додаткові “сукупні” термореноваційні варіанти (TPB), з ефектом поєднання двох і більше “простих” $TP3$, вибраних із “списку”. Позначимо їх, згідно вибраних індексів, таким чином: TPB_{12} (сумісна дія 1-го термореноваційного заходу - $TP3_1$ та 2-го – $TP3_2$), TPB_{13} (сукупність $TP3_1$ та $TP3_3$), TPB_{23} (сумарний ефект $TP3_2$ та $TP3_3$), TPB_{123} (сукупність трьох термореноваційних заходів - $TP3_1$, $TP3_2$ та $TP3_3$) і т.д. Ці термореноваційні варіанти, названі “сукупними”, слід трактувати як самостійні TPB , що мають свої показники: $SPBT$, $NPVR$, IRR та ін.

Якщо n – кількість $TP3$, то сумарна кількість TPB становить 2^n .

Постає питання, який із цих TPB є економічно найефективнішим? Щоб проаналізувати цей аспект, введемо такі позначення основних економічних характеристик “простих” $TP3_i$:

I_i – інвестиційні кошти на реалізацію $TP3_i$, грн;

K_i – річні кошти, зекономлені за рахунок зменшення тепловтрат при можливій ре-алізації термореновації згідно $TP3_i$, грн/рік;

S_i – простий час повернення коштів – $SPBT_i$, роки;

Y_i – прибуток від реалізації даного $TP3_i$ – $NPVR_i$.

Економічний аналіз проводиться при умові сталих в часі цін і часу розгляду інвестиції 15 років як терміну роботи того чи іншого пристрою чи агрегата до капітального ремонту. При визначенні характеристик всіх TPB_i доцільно прийняти спрощення, розглядаючи їх без дисконта.

Якщо вважати, що для $TP3_1$ це параметри: I_1 , K_1 , S_1 , Y_1 , а для $TP3_2$ – відповідно I_2 , K_2 , S_2 , Y_2 , то використовуючи коефіцієнти пропорційності a_i та b_i , запишемо: $I_2 = a_2 I_1$, $K_2 = b_2 K_1$. Аналогічно необхідно встановити зв'язок між величинами I_i та K_i і записавши $I_1 = \lambda_1 K_1$ та $I_2 = \lambda_2 K_2$.

В цьому випадку основні розрахункові параметри для цих трьох TPB будуть такими:

$$S_1 = \frac{I_1}{K_1} = \lambda_1 \quad (1)$$

$$Y_1 = 15K_1 - 1_1 = 15K_1 - \lambda_1 K_1 = K_1(15 - \lambda_1) \quad (2)$$

$$S_2 = \frac{1_2}{K_2} = \frac{a_2 1_1}{b_2 K_1} = \lambda_1 \frac{a_2}{b_2} \quad (3)$$

$$Y_2 = 15K_2 - 1_2 = 15b_2 K_1 - a_2 \lambda_1 K_1 = K_1(15b_2 - \lambda_1 a_2) \quad (4)$$

$$S_{12} = \frac{1_{12}}{K_{12}} = \frac{1_1 + 1_2}{K_1 + K_2} = \frac{1_1 + a_2 1_1}{K_1 + b_2 K_1} = \lambda_1 \frac{1 + a_2}{1 + b_2} \quad (5)$$

$$Y_{12} = 15K_{12} - 1_{12} = 15(K_1 + K_2) - (1_1 + I_2) = K_1(15(1 + b_2) - \lambda_1(1 + a_2)) \quad (6)$$

Порівнюючи три отримані результати Y_1 , Y_2 , Y_{12} , констатуємо, що в кожний вираз входить величина K_1 і результат залежить лише від коефіцієнтів пропорційності a_2 , b_2 та λ_1 , тобто найефективнішим буде той ТРВ, в якого вираз у дужках дасть максимальне числове значення.

Ускладнюючи задачу, розглянемо випадок з трьома “простими” ТРЗ, в якому можливі такі “сукупні” ТРВ: $ТРВ_{12}$, $ТРВ_{13}$, $ТРВ_{23}$ та “сумарний” – $ТРВ_{123}$ (одночасна реалізація всіх трьох ТРВ). Розглядаючи варіанти $ТРВ_{13}$, $ТРВ_{23}$ та $ТРВ_{123}$, отримуємо такі їхні основні економічні характеристики:

$$S_{13} = \frac{1_{13}}{K_{13}} = \lambda_1 \frac{1 + a_3}{1 + b_3} \quad (7)$$

$$Y_{13} = 15K_{13} - 1_{13} = K_1(15(1 + b_3) - \lambda_1(1 + a_3)) \quad (8)$$

$$S_{23} = \frac{1_{23}}{K_{23}} = \lambda_1 \frac{a_2 + a_3}{b_2 + b_3} \quad (9)$$

$$Y_{23} = 15K_{23} - 1_{23} = K_1(15(b_2 + b_3) - \lambda_1(a_2 + a_3)) \quad (10)$$

$$S_{123} = \frac{1_{123}}{K_{123}} = \lambda_1 \frac{1 + a_2 + a_3}{1 + b_2 + b_3} \quad (11)$$

$$Y_{123} = 15K_{123} - 1_{123} = K_1(15(1 + b_2 + b_3) - \lambda_1(1 + a_2 + a_3)) \quad (12)$$

Скориставшись методом математичної індукції запишемо параметри S_{ijk} та Y_{ijk} для довільного “сукупного” (ijk -го) ТРВ:

$$S_{ijk} = \lambda_1 \frac{a_i + a_j + a_k}{b_i + b_j + b_k} \quad (13)$$

$$Y_{ijk} = K_1(15(b_i + b_j + b_k) - \lambda_1(a_i + a_j + a_k)) \quad (14)$$

Таким чином, кількість “сукупних” ТРВ визначається числом комбінацій C_n^m , де n – кількість можливих ТРЗ зі “списку”, а m змінюється від 0 (в загальному випадку) до n . Отже, неважко помітити,

що кількість “сукупних” ТРВ чисельно дорівнює сумі коефіцієнтів бінома Ньютона, тобто 2^n . Якщо розглядати, наприклад, 10 “простих” ТРЗ, то кількість ТРВ складатиме $2^{10} = 1024$, що неймовірно ускладнює роботу енергоаудитора навіть при застосуванні ЕОМ (для цієї мети служить програма ОЗС – “обчислення теплопостачання” в перекладі з польської аббревіатури).

Для якомога кваліфікованішого проведення енергоаудиту доцільно розглянути максимально можливу кількість ТРЗ, якою може оперувати енергоаудитор, тобто так званий “список” повинен бути якнайповнішим. У зв’язку з цим виникає необхідність створення такої методики проведення енергетичного аудиту, яка б дозволяла уникнути громіздкості при розгляді всіх можливих ТРВ, даючи можливість обґрунтовано зменшити їх кількість, і в той же час безпомилково визначити найоптимальніший кінцевий результат – рекомендацію енергоаудитора замовникові.

Як видно з виразу (14), величина Y_{ijk} , тобто NPV, буде максимальною у випадку $\lambda_1 = \min$, іншими словами $S_1 = \min$, оскільки $\lambda \neq 0$, $S_1 \neq 0$ з логічних міркувань. Порівнюємо параметри двох “сукупних” ТРВ, а саме ТРВ₁₂ і ТРВ₁₃. Оскільки за означенням $a_i > 1$ та $b_i > 1$, то оптимальнішим ТРВ буде той, в якого більший коефіцієнт b_i , а менший a_i , отже той, в якого меншою є величина S_i . Тому в якості “сукупного” ТРВ з параметром S_{ij} треба розглядати сукупність саме тих “простих” ТРЗ, що мають якомога менші величини S_i та S_j . Знову ж таки, скориставшись методом математичної індукції, констатуємо, що після вибору 1-го ТРЗ з $S_1 = \min$ наступним ТРЗ з тих, що залишились у “списку”, в якості 2-го необхідно вибирати той, який має $S_2 = \min$ і так далі.

Таким чином, такий “сукупний” ТРВ, що включає захід з більшою величиною S_i , погіршує ситуацію і бути оптимальним не може. Це слідує з порівняння виразів (6) та (8).

Відтак слід перейти до такого „сукупного” ТРВ, який містить 3 „простих” ТРЗ, і так далі аж до останнього, „сумарного” ТРВ, який являє собою повний набір всіх ТРЗ зі „списку”.

Отже, в кінцевому результаті утворюється квадратна матриця з числом рядків та стовпців, що дорівнює кількості всіх „простих” ТРЗ, а кількість „сукупних” ТРВ збільшуватиметься на 1 в кожному наступному стовбці, поки не досягне в останньому сумарної кількості „простих” ТРЗ (табл.1). В ній арабськими цифрами пронумеровані „прості” ТРЗ, а - римськими „сукупні” ТРВ.

У зв’язку з цим констатуємо, що рядки необхідно заповнювати відповідними термореноваційними заходами в міру зростання їхнього параметра S_i , тобто від $SPBT_{\min}$ до $SPBT_{\max}$.

Слід зауважити, що при цьому можлива ситуація, коли одночасне поєднання деяких ТРВ не можливе в силу логічних міркувань.

Наприклад, “заміна існуючих вікон на нові” та “ущільнення існуючих вікон без їх заміни”. Тому при складанні матриці (табл.1) треба обов’язково враховувати цей фактор.

Після визначення економічних показників всіх “сукупних” ТРВ із складеної матриці оптимальним вважається варіант з показником $NPVR_{\max} (Y_j = \max)$.

Таблиця 1.

Оптимізація варіантів

Ч/ч	Заходи	Варіанти							
		I	II	III	.. .	j	j+1	...	n
1	ТРЗ ₁ ($S_1 = \min$)	+	+	+	+	+	+	+	+
2	ТРЗ ₂ ($S_2 > S_1$)		+	+	+	+	+	+	+
3	ТРЗ ₃ ($S_3 > S_2$)			+	+	+	+	+	+
...	...				+	+	+	+	+
i	ТРЗ _i ($S_i > S_{i-1}$)					+	+	+	+
i+1	ТРЗ _{i+1} ($S_{i+1} > S_i$)						+	+	+
...	...							+	+
n	ТРЗ _n ($S_n = \max$)								+
	Показники								
	Видатки інвестиційні - I	$I_I = I_1$	I_{II}	I_{III}	.. .	I_j	I_{j+1}	...	I_n
	Річна економія – K	$K_I = K_1$	K_{II}	K_{III}	.. .	K_j	K_{j+1}	...	K_n
	Простий час повернення – SPBT	$S_I = S_1$	S_{II}	S_{III}	.. .	S_j	S_{j+1}	...	S_n
	Коефіцієнт змінної вартості нетто – NPVR	$Y_I = Y_1$	Y_{II}	Y_{III}	.. .	Y_j	Y_{j+1}	...	Y_n
	Внутр. процент повернення – IRR	IRR_I	IRR_{II}	IRR_{III}	.. .	IRR_j	IRR_{j+1}	...	IRR_n

Наведені матеріали дозволяють зробити висновок. При кількості n “простих” ТРЗ потрібно розглядати не весь повний набір ТРВ, що налічує в сумі 2^n варіантів, а всього лише n “сукупних”, методично

визначених варіантів. Кількісна оцінка ефекту спрощення, що забезпечує така методика, показує: при $n = 20$ загальна кількість ТРВ дорівнює $2^{20} = 1048576$, але замість 1 мільйона варіантів слід розглядати лише 20, а всі решта будуть завідомо гірші в економічному аспекті. Практична цінність проведеної оптимізації очевидна, оскільки представлена методика дала змогу істотно зменшити кількість ТРВ.

Цікаво зазначити, що збитковий ТРЗ в сукупності з прибутковими ТРЗ іноді утворює прибутковий ТРВ, але такий термореноваційний варіант не може бути оптимальним.

Проте, на практиці енергоаудит не проводиться в повному обсязі, а основними заходами при термореновації будівель є лише утеплення зовнішніх захищень та заміна вікон. В реалізації другого з перелічених заходів є очевидний прогрес. В Україні діє значна кількість підприємств, які виготовляють металопластикові вікна належної якості за сучасними технологіями, діють програми по кредитуванню при покупці таких вікон.

Що ж стосується утеплення захищаючих конструкцій і приведення їх термічних опорів до нормативного значення [2], то тут ситуація є значно гіршою. Це обумовлено, на нашу думку, в першу чергу економічними чинниками, які характеризують цей термореноваційний захід. Тому необхідно проаналізувати техніко-економічні чинники, які визначають економічну доцільність утеплення зовнішніх захищень пінопластом.

Проаналізуємо ці чинники, заклавши в техніко-економічне порівняння величини, які є реальними для м. Львова на початок опалювального сезону 2010 року.

У місті діє близько десяти невеликих підприємств, які виконують роботи з утеплення фасадів будинків. Пропонована ними вартість робіт різниться в межах 10%, а середні величини становлять 142 грн./м² при утепленні пінопластом, та 230 грн./м² при утепленні фасаду мінеральною ватою.

Для аналізу приймемо дешевший з пропонованих варіантів, а саме утеплення пінопластом. З'ясуємо, з яких величин складається запропонована вартість утеплення, прийнявши товщину пінопласту 8 см, яка є найхарактернішою у м. Львові. Середня ціна пінопласту становить 270 грн./м³. Вартість додаткових матеріалів (армувальної сітки, дюбелів, клеїв та декоративного шару) становить 27 грн./м², середня вартість робіт становить 70 грн./м², в цю суму входять заробітна плата робітників, оренда риштування. Решта вартості – це прибуток підприємства та витрати, пов'язані з оподаткуванням. Як видно з наведених цін, вартість самого утеплювача становить незначний відсоток від загальної ціни цього термореноваційного заходу (рис.1.).

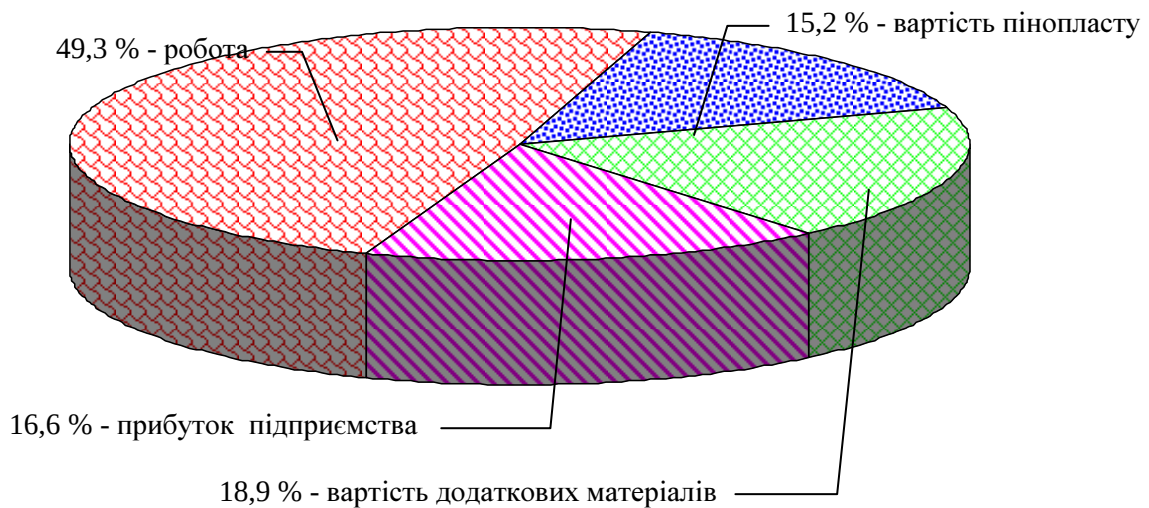


Рис.1. Розподіл вартості окремих складових утеплення фасаду будинку при товщині пінопласту 0,08м.

Слід звернути увагу також на те, що вартість робіт та додаткових матеріалів практично не залежить від товщини шару утеплювача, у зв'язку з чим частка вартості шару пінопласту зі зменшенням його товщини також знижується.

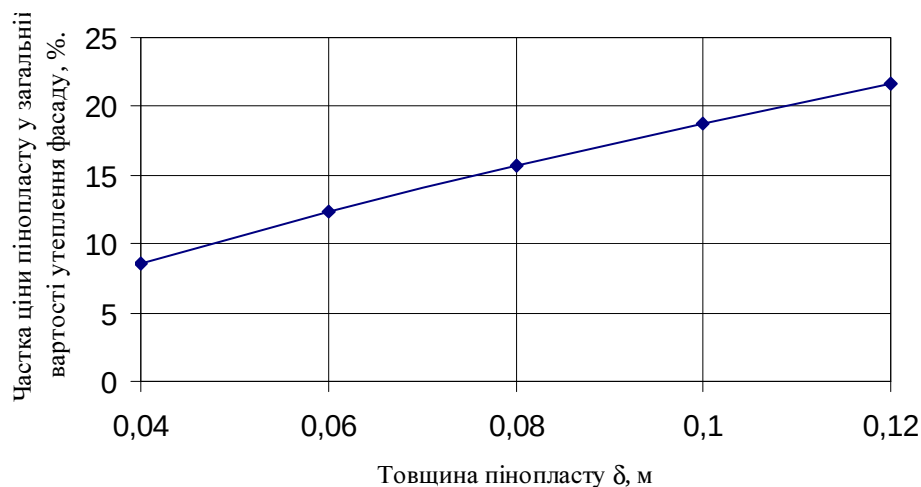


Рис.2. Залежність частки вартості ціни пінопласту у загальній вартості утеплення фасаду від його товщини.

Розрахуємо економічний ефект від утеплення фасаду будинку. Кількість теплоти, яка економиться після утеплення ΔQ , Вт/м², становить:

$$\Delta Q = Q' - Q^{ym}, \quad (15)$$

де Q' - тепловтрати через 1 м² поверхні стіни до проведення робіт з термореновації, Вт/м²;

Q^{ym} - тепловтрати через 1 м² поверхні стіни після проведення робіт з термореновації, Вт/м².

$$Q' = k' F \Delta t_p, \quad (16)$$

де k' - коефіцієнт теплопередачі захищення до термореновації, Вт/(м²·К);

Δt_p - розрахункова різниця температур, для м. Львів прийmemo

$$\Delta t_p = t_8 - t_{x5} = 20 - (-19) = 39^\circ \text{C}.$$

$$Q^{ym} = k^{ym} F \Delta t_p \quad (17)$$

де k^{ym} - коефіцієнт теплопередачі захищення після термореновації, Вт/(м²·К);

Тоді величину ΔQ , Вт/м², можна представити у вигляді:

$$\Delta Q = (k' - k^{ym}) F \Delta t_p \quad (18)$$

Коефіцієнт теплопередачі захищення до термореновації можна представити у вигляді $k' = \frac{1}{R'}$, а коефіцієнт теплопередачі захищення

після термореновації $k^{ym} = \frac{1}{R' + R^{ym}}$, де R' - опір теплопередачі

захищаючої конструкції до термореновації, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а R^{ym} - опір

теплопередачі шару утеплювача, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$; (для пінопласту марки 25 з

коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,032 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$), тоді

$$\Delta Q = \frac{R_{ym}}{R'(R' + R^{ym})} F \Delta t_p. \quad (19)$$

З приведеної залежності видно, що кількість заощадженої теплової енергії залежить не лише від опору теплопередачі шару утеплювача (відповідно і його товщини), але і від початкового опору теплопередачі захищення, яке утеплюється.

Розглянемо три характерні захищуючі конструкції з різними опорами теплопередачі:

1. Одношарова керамзито-бетонна панель товщиною 350 мм,

$$R = 0,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

2. Стіна з силікатної цегли товщиною 400 мм, $R = 0,82 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$

3. Стіна зі звичайної цегли товщиною 525 мм, $R = 1,09 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$

Для кожного з захищень визначимо кількість теплової енергії, яка заощаджується протягом опалювального періоду при різних товщинах шару теплової ізоляції та, пов'язана з цим, економія коштів. Економія коштів визначається для двох груп споживачів: для населення та споживачів, що фінансуються з бюджету будь-якого рівня. Для розрахунку приймемо тарифи по ЛМКП «Львівтеплоенерго», який для першої групи споживачів становить 163,37 грн./Гкал, а для другої – 393,63 грн./Гкал. [10;11]. Для кожного з розглянутих варіантів визначено також термін окупності термореноваційного заходу, який визначаємо як відношення затрат, пов'язаних з реалізацією термореноваційного заходу до річної економії коштів, отриманої за рахунок цього термореноваційного заходу. Для загально-будівельних робіт нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (величина обернена до терміну окупності) становить 0,12, що відповідає терміну окупності 8,3 роки.

Таблиця 2.

Економічні показники утеплення зовнішніх стін (віднесені до 1 м² поверхні захищення) при різних характеристиках огорожуючих конструкцій.

№ п/п	Техніко-економічні показники для різних типів огорожуючих конструкцій.		Товщина шару пінопласту, м, (чисельник) та його опір теплопередачі R, м ² К/Вт (знаменник)				
			0,04 1,25	0,06 1,875	0,08 2,5	0,10 3,125	0,12 3,75
1	Одношарова керамзитобетонна панель R=0,67м ² К/Вт	Економія теплової енергії, Гкал/рік	0,075	0,086	0,0918	0,0958	0,099
		Економія коштів, грн./рік	12,25	14,05	15,0	15,6	16,17
		Для споживачів, що фінансуються з бюджету	29,52	33,8	36,13	37,71	38,97
		Простий термін окупності, рік	11,6	10,1	9,5	9,1	8,8
		Для споживачів, що фінансуються з бюджету	4,8	4,2	3,9	3,7	3,6

2	Цегляна стіна з опором теплопередачі $R=0,82\text{ м}^2\text{К/Вт}$	Економія теплової енергії, Гкал/рік		0,057	0,066	0,071	0,075	0,078
		Економія коштів, грн./рік	По тарифу для населення	9,31	10,76	11,66	12,28	12,73
			Для споживачів, що фінансуються з бюджету	22,46	29,23	31,73	33,41	34,63
		Простий термін окупності, рік	По тарифу для населення	15,2	13,20	12,17	11,56	11,48
			Для споживачів, що фінансуються з бюджету	6,3	4,8	4,5	4,3	4,1
3	Цегляна стіна з опором теплопередачі $R=1,09\text{ м}^2\text{К/Вт}$	Економія теплової енергії, Гкал/рік		0,038	0,045	0,049	0,053	0,055
		Економія коштів, грн./рік	По тарифу для населення	6,20	7,35	8,00	8,66	8,98
			Для споживачів, що фінансуються з бюджету	14,95	17,71	19,3	20,9	21,65
		Простий термін окупності, рік	По тарифу для населення	22,8	19,30	17,7	16,4	15,8
			Для споживачів, що фінансуються з бюджету	9,5	8,0	7,4	6,8	6,6

Як видно з результатів, наведених в табл.1 у переважній більшості для споживачів, що фінансуються з бюджету, утеплення зовнішніх стін вже зараз є привабливим термореноваційним заходом, оскільки термін окупності при товщині пінопласті 0,12 м не перевищує 8,0 років. Однак при оплаті за теплоносії по тарифу для населення термін окупності цього термореноваційного заходу залишається великим і коливається в межах від 8,8 до 22,8 років.

Як показує досвід попередніх років, підвищення цін на газ призводить до подальшого підвищення тарифів на теплову енергію, тому з великою вірогідністю можна очікувати в найближчому майбутньому збільшення тарифу для населення на 50%. В цьому випадку тариф буде становити близько 245 грн./Гкал. В цьому випадку утеплення стін з одношарових керамзитобетонних панелей стає рентабельним, а для інших конструкцій термін окупності залишається досить високим.

Тому цілком очевидно, що зниження терміну окупності повинно досягатися не за рахунок підвищення тарифу на теплову енергію, але і за рахунок зниження вартості термореноваційного заходу. Зниження вартості можна досягнути за рахунок ряду заходів. В першу чергу, слід створити в місті велике підприємство, що дозволить зменшити витрати, пов'язані з орендою будівельного риштування. Іншим заходом є заміна дорогих імпорتنих клеїв на матеріали вітчизняного виробництва. До підприємств, які займаються термореновацією необхідно створити сприятливий податковий клімат.

Впровадження усіх цих заходів, за попередніми розрахунками дозволить знизити вартість термореновації приблизно на 25-30%. В такому разі, при вартості термореновації 100 грн./м² і тарифі 245 грн./Гкал, термін окупності буде становити 4,9 роки.

Висновки.

- першочергово слід проводити утеплення зовнішніх захищень споруд, збудованих з одношарових керамзитобетонних панелей;
- для споживачів, що фінансуються з бюджетів будь-якого рівня, коефіцієнт ефективності капіталовкладень при утепленні зовнішніх стін пінопластом відповідає діючим нормативним показникам;
- для підвищення економічної доцільності утеплення зовнішніх стін всіх інших груп споживачів необхідно знизити собівартість термореноваційного заходу шляхом застосування вітчизняних будівельних матеріалів, зменшення рівня оподаткування цих робіт та укрупнення підприємств, що виконують такі роботи.

Список літератури

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., - 2006. – 71с.
2. О.Возняк, О.Довбуш, Ю.Юркевич, В.Желих Завдання енергетичного аудита невикористаних об'єктів. Ринок інсталяцій. № 12, 2002 р., с.23-24.
3. О.Возняк, О.Довбуш, Ю.Юркевич, В.Желих. Особливості енергетичного аудита житлових і громадських будинків. Ринок інсталяцій. № 1, 2003 р., - с.6-7.

4.М.В.Терех. Облік тепла, проблеми і рішення. Ринок інсталяцій, № 12, 2001 р., - с.30 - 31.

5.А.Кінаш. Досвід впровадження енергоощадних технологій. Ринок інсталяцій, № 9, 2002 р., - с.32 - 33.

6.О.Vozniak, Yu.Yurkevych, V.Jelykh, O.Dovbush. Sposoby zasobovania teplom na Ukraine. Zbornik z odbornego seminaru s medzinarodnou ucastou Casovia Therm – 2003 “ Moznosti znizovania spotreby tepla v bytovokomunalnej sfere”, 2003 r., - s. 60 – 66.

7.О.Возняк. Технічні досягнення теплопостачання в Україні. У зб.: “Теплоенергетика Польщі та України”, 2002 р., - с.51 – 58.

8. О.Возняк, Ю.Юркевич, В.Желих, О.Довбуш. Оцінка надмірних тепловтрат через сходові клітки при багатоповерховій забудові. У зб.: “Efektywnosc dystrybucji i wykorzystania ciepla”, Polytechnika Rzeszowska, Solina, 2001 r., - s. 385 - 390.

9.Ю.Юркевич, В.Желих, О.Довбуш Тепло щезає через сходові клітки. Ринок інсталяцій. № 12, 2001 р., с.22-24.

10. Скориговані тарифи на гаряче водопостачання та теплову енергію на опалення. Рішення виконавчого комітету Львівської міської ради № 107 від 13.02.2009. Додаток 2.

11. Скориговані тарифи на гаряче водопостачання та теплову енергію на опалення для населення. Рішення виконавчого комітету Львівської міської ради № 1433 від 29.12.2008. Додаток 1.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ВЕЛИКОГО ОБ'ЄМУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Розглянуто системи опалення приміщень великого об'єму громадських будівель, наведено особливості систем повітряного опалення суміщеного з вентиляцією, виконано порівняння експлуатаційних показників варіантів систем радіаторного та повітряного опалення на прикладах діючих систем торговельних комплексів.

На сучасному етапі розвитку систем мікроклімату обов'язковою вимогою є енергоефективність та енергозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, які є потужними споживачами теплової та електричної енергії в будівлях.

В системах опалення та вентиляції ефективні рішення цих систем дозволяють забезпечити оптимальні умови мікроклімату приміщень при мінімальних експлуатаційних витратах.

У відповідності з діючими нормативними документами [1, 2] для приміщень великого об'єму громадських будівель рекомендовано такі системи опалення: водяна двотрубна з терморегуляторами на опалювальних приладах; водяна однокрубна; водяна з гріючими елементами, вбудованими в перекриття і підлоги; повітряна.

Для сучасних громадських будівель (торгових, розважальних центрів, офісних, адміністративних будівель) основною рисою є чіткий графік роботи (наприклад, з 8 до 19 год), відповідно в неробочий час параметри мікроклімату жорстко не нормуються через відсутність в приміщеннях людей. Тому для зменшення енерговитрат в неробочий час у відповідності з нормативними документами доцільно знижувати температуру в приміщення до встановленої нижньої границі з забезпеченням автоматичного її підвищення до початку робочого часу приміщень. Відповідно до нормативних вимог [1, п.2.5] в приміщеннях громадських будівель можливо в неробочому (черговому) режимі забезпечувати підтримання температури повітря в приміщенні на рівні $+5^{\circ}\text{C}$.

У нормативних вимогах до проектування систем опалення для підприємств торгівлі [3, п.9.4.4], що діють з 01 липня 2009 року містяться вимоги до встановлення пристроїв автоматичного зменшення теплової потужності системи опалення в неробочий період з підтриманням температури не нижче $+10^{\circ}\text{C}$, що стосується всіх вказаних типів систем опалення. При переводі системи на робочий режим важливо максимально зменшити час отримання нормованих параметрів мікроклімату в приміщенні.

Виходячи з наведених особливостей громадських будівель основними вимогами до систем забезпечення в них мікроклімату є: мінімальна теплова інерція системи – можливість гнучкого регулювання температури в приміщенні відповідно в робочому та черговому режимі; мінімальна вартість системи; мінімальні експлуатаційні витрати (вартість річного споживання енергоресурсів, поточні ремонти і т.і.); мінімальні розміри опалювальних приладів або взагалі їх відсутність на стінах та підлозі за вимогами збільшення торгової площі або через технологічні вимоги (розташування морозильних ларів, стелажів, вітрин і т.і.).

При будівництві сучасних громадських будівель все більшого поширення отримують системи повітряного опалення суміщені з вентиляцією. Їх основні переваги:

- забезпечення підтримання необхідних параметрів мікроклімату приміщення (температура, рухливість повітря, вологість, подача зовнішнього повітря) однією системою;
- мінімальна теплова інерція системи та можливість точного підтримання необхідного температурного режиму приміщення;
- автоматично запрограмований перехід з робочого на черговий режим та навпаки, відповідно до графіку роботи будівлі та закладеної програми управління системою;
- за рахунок значного повітрообміну в приміщенні (в середньому 3-7 об/год) та підвищеної рухливості повітря в зоні зовнішніх огорожуючих конструкцій забезпечується мінімальна температурна стратифікація по висоті приміщення, що підвищує ефективність розподілення тепла та зменшує час досягнення необхідного температурного режиму приміщення.

Єдиним недоліком таких систем є використання їх тільки в окремих приміщеннях великого об'єму та економічна недоцільність застосування для малих приміщень через значне збільшення вартості мережі повітропроводів та практичну неможливість підтримання сталої температури в приміщенні при сталій витраті зовнішнього повітря та зміні при цьому загальної подачі повітря в приміщення.

Як правило, нижча вартість систем повітряного опалення забезпечується використанням суміщення системи вентиляції і опалення та транспортування повітря, що є також і теплоносієм, для вентиляції та опалення однією системою повітропроводів. При цьому при використанні систем вентиляції для повітряного опалення витрати повітря фактично не збільшуються через можливість підвищення температури припливного повітря на розрахункову різницю температур для компенсування втрат теплової потужності з необхідністю периметральної подачі припливного повітря та використання спеціальних повітророзподільних пристроїв.

Основні режими роботи вентиляції суміщеної з повітряним опаленням: робочий режим (присутні покупці та персонал) – подача припливного повітря і повітряне опалення; черговий (неробочий) режим – тільки повітряне опалення з застосуванням повної рециркуляції та підтриманням мінімальної встановленої температури.

Особливістю таких систем також є можливість прискореного підвищення температури в приміщенні за короткий проміжок часу перед початком робочого режиму за рахунок використання теплової потужності що використовується на підігрів вентиляційного повітря в робочому режимі, тобто фактично в режимі повної рециркуляції система може мати кількаразовий запас теплової потужності, що дає можливість швидкого підвищення температури в приміщенні, за рахунок чого максимально збільшується час чергового режиму і відповідно зменшуються енерговитрати.

Розглянемо порівняння двох реальних варіантів з застосуванням традиційних радіаторних систем опалення та систем опалення суміщених з вентиляцією на прикладах двох однакових триповерхових будівель торговельних комплексів що знаходяться у м. Кривий Ріг. Будівлі комплексів триповерхові, планування поверхів типові. На кожному поверсі розташовані торговельні зали площею 370 м.кв. та допоміжні приміщення – загальною площею 40 кв.м. Висота приміщення торговельної зали – 3,2 м.

В першому варіанті джерело теплопостачання - вбудована котельня, на кожному поверсі виконано розводку трубопроводів і встановлено сталеві панельні радіатори по периметру вікон та зовнішніх стін. Окремо встановлено припливні вентиляційні установки та спліт-системи кондиціонування. Монтаж системи закінчено в 2001 році.

В другому варіанті розташувати на площі приміщень теплогенераторну було неможливо за вимогами відповідних нормативних документів (за станом на 2007 р.). Тому доцільним, враховуючи кількість та розміри приміщень, було влаштування системи вентиляції суміщеної з повітряним опаленням для торговельних зал та обладнання допоміжних приміщень навісними електричними конвекторами. Припливні установки розміщуються на спеціальних майданчиках закріплених до зовнішніх стін будівлі з боку дворового фасаду. Через велику масу та габаритні розміри агрегатів типу руфтоп та неможливість виконання відповідних майданчиків для обслуговування, застосовано припливні вентиляційні установки з газовими нагрівачами Technoclima UTK-36-2S. Установка забезпечує подачу суміші зовнішнього і рециркуляційного повітря. Для охолодження повітря в теплий період року використовуються окремі спліт-системи кондиціонування.

Припливні установки обладнано автоматикою регулювання та недільним програматором, що забезпечує автоматичну зміну робочого

та чергового режимів. В робочому режимі установки подають суміш зовнішнього і вентиляційного повітря, в черговому режимі – тільки рециркуляційного повітря. Контроль температури в приміщенні виконуються кімнатним термостатом. Подача повітря здійснюється вентиляційними ґратками розташованими по периметру лицьових зовнішніх стін. Системи здані в експлуатацію влітку 2008 року.

Розглянемо фактичне розподілення температури повітря за висотою приміщення та час виходу на робочий режим при експлуатації системи повітряного опалення суміщеного з вентиляцією.

Було виконано вимірювання температури повітря в приміщенні на протязі однієї доби, висота точки вимірювань 1,8м від підлоги, в середній зоні приміщення, температура зовнішнього повітря коливалася в межах від -12 до -8°C. Програматором вентиляційної установки було встановлено з 7 до 19 години робочий режим, з 19 до 7 – черговий режим, крім неділі. Задана температура повітря в робочому режимі +22°C, черговий режим +7°C. За даними результатів вимірювань побудовано графік зміни температури повітря в приміщенні в залежності від часу доби, наведений на рис.1



Рис.1 Графік зміни температури повітря в приміщенні в залежності від часу доби при роботі установки повітряного опалення і вентиляції

З рис.1 видно що зміна температури повітря від параметрів чергового режиму до параметрів робочого режиму відбувається приблизно за 1-1,5 години. Температура повітря за висотою вимірювалась в тій же точці, через кожні 0,2 м. Графік температурної стратифікації наведено на рис.2.



Рис.2 Графік розподілу температури повітря за висотою приміщення

З рис.2 зрозуміло, що температурний градієнт за висотою приміщення досить малий (приблизно 0,56 °C на 1 м висоти приміщення), що свідчить про ефективність використаної схеми повітрообміну.

Порівняємо розрахункове річне споживання теплової енергії двох варіантів систем опалення:

варіант 1 – система радіаторного опалення з підтриманням постійної температури приміщення впродовж доби;

варіант 2 – система повітряного опалення з програматором робочого та чергового режимів (робочий режим з 7 до 19 год).

Температура в приміщенні в робочий час для обох випадків +22°C. Дані по розрахунковому річному теплоспоживанню наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункове річне теплоспоживання за варіантами

Найменування приміщення	Розрахункове теплоспоживання, ГДж/рік	
	Система радіаторного опалення (варіант 1)	Система повітряного опалення (варіант 2)
1- й поверх	75,6	45,8
2-й поверх	75,6	45,8
3-й поверх	106,5	64,4
Разом	257,7	156,0

З даних видно, що застосування системи повітряного опалення дозволяє значно зменшити річне споживання теплової енергії. Порівняння експлуатаційних показників систем опалення наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння експлуатаційних річних витрат за варіантами

Показник	Варіант системи опалення		Різниця
	Система радіаторного опалення (варіант 1)	Система повітряного опалення (варіант 2)	
Річне теплоспоживання, ГДж/рік	257,7	156,0	101,7
Річна витрата природного газу, м³/рік	7669,6	4642,9	3026,8
Річні витрати на паливо, грн/рік	11504,5	3398,6	8105,9

Примітка: розраховано за діючими тарифами на природний газ на 2010 рік: при річному споживанні до 6000 м³ - 0,732 грн/ м³; при річному споживанні до 12000 м³ - 1,4988 грн/ м³.

За результатами розрахунків застосування системи повітряного опалення суміщеного з вентиляцією в даному випадку в порівнянні з радіаторним опаленням дає змогу заощаджувати біля 40% палива на рік за рахунок автоматичної зміни температурних режимів в робочий та неробочий період.

В перерахунку на вартість палива економія складає 8,1 тис.грн на рік або 70% в порівнянні з системою радіаторного опалення.

Висновок.

Відповідно до отриманих практичних результатів можна зробити висновок, що сучасні системи повітряного опалення приміщень великого об'єма громадських будівель забезпечують швидкий вихід системи на робочі параметри, низьку температурну стратифікацію за висотою приміщення і надають можливість досягнення енергозбереження за рахунок ефективного розподілення тепла в приміщенні та автоматичного зменшення теплової потужності в черговому режимі. Економічна доцільність використання того чи іншого варіанту систем повинна обґрунтовуватися порівняльним аналізом, в першу чергу, експлуатаційних витрат.

Список літератури:

1. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование
2. ДБН В.2.2.9-99 Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди. Основні положення.
3. ДБН В.2.2-23:2009 Будинки і споруди. Підприємства торгівлі

УДК 697.1.001.12

І.Е. Фуртат, *к.т.н., доцент*,

В.О. Мельник, *ст. викладач*,

І. О. Сергієнко, *аспірант*

Київський національний університет будівництва і архітектури

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ГОЛОВНОЇ МАГІСТРАЛІ ВОДЯНОЇ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

За сучасною методикою гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж діаметри трубопроводів на ділянках головної магістралі визначають по відомих витратах теплоносія на цих ділянках і по однаковому для всієї магістралі економічно обґрунтованому інтервалу питомої лінійної втрати тиску на тертя, наприклад, в межах (60 ± 20) Па/м. Діаметри трубопроводів відгалужень від магістралі визначають за умовою максимального використання наявних тисків на відповідних відгалуженнях. Однак, для нетранзитної частини головної магістралі характерними є випадки, коли всі відгалуження від певного інтервалу такої магістралі мають невикористані надлишки наявного тиску, де ці надлишки утворюються внаслідок обмежень допустимої швидкості теплоносія $w \leq 3,5$ м/с і питомої лінійної втрати тиску $R \leq 300$ Па/м [1]. В цих випадках, як правило, можна вибрати інтервал головної магістралі, що включає групу послідовно розташованих ділянок з невикористаним надлишками наявних тисків на кожному відгалуженні і додаткову, кінцеву в цьому інтервалі ділянку, що має хоча б одне відгалуження, де повністю використаний наявний тиск. В межах вибраного інтервалу можна оптимізувати конструктивне рішення магістралі, де внаслідок оптимізації буде зменшена сумарна металоємність трубопроводів вибраного інтервалу без негативного впливу на гідравлічний режим теплової мережі і приєднаних до мережі споживачів.

Оптимізація конструктивного рішення вибраного інтервалу полягає у тому, що діаметри трубопроводів, визначені за сучасною методикою гідравлічного розрахунку, зменшують на початковій ділянці (або на кількох початкових ділянках) вибраного інтервалу і збільшують на кінцевій ділянці (або на кількох кінцевих ділянках) цього інтервалу таким чином, щоб сумарні втрати тиску в тепловій мережі не зростали, а наявні напори поза інтервалом не зменшувалися (див. рис.1).

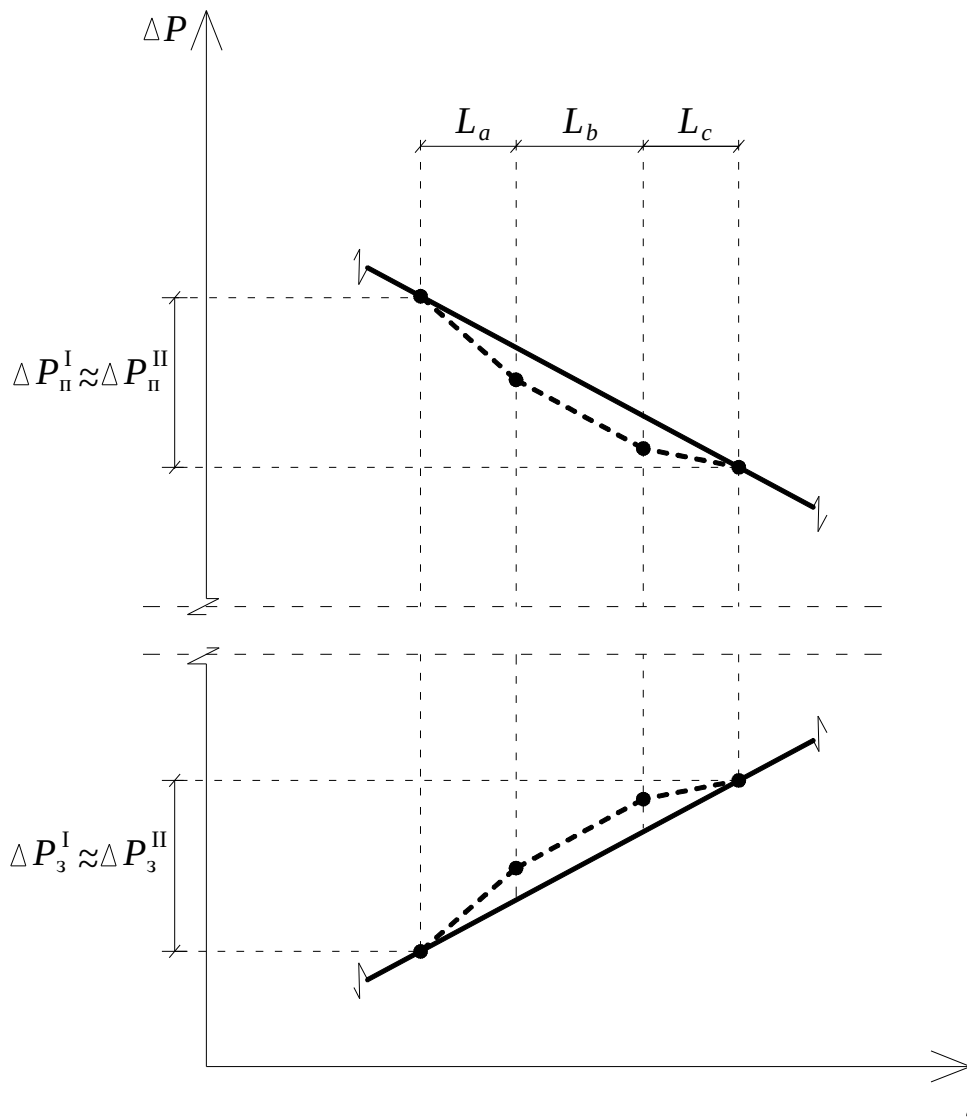


Рис.1 Характер зміни втрат тиску ΔP по довжині L головної магістралі у варіантах до і після оптимізації (суцільна і пунктирна лінії).

L_a, L_b, L_c – довжини груп ділянок вибраного інтервалу, де діаметри трубопроводів відповідно зменшуються, залишаються незмінними, збільшуються;; ΔP_{II}^I і ΔP_3^I – втрати тиску у подавальному і зворотному трубопроводах вибраного інтервалу у варіанті до оптимізації;
 ΔP_{II}^{II} і ΔP_3^{II} – втрати тиску у подавальному і зворотному трубопроводах вибраного інтервалу у варіанті після оптимізації.

Для демонстрації ефективності пропонованого методу оптимізації розглянемо конкретний приклад, де вибраний інтервал головної магістралі складається з розрахункових ділянок з номерами 1, 2, ..., n , а оптимізація конструктивного рішення цього інтервалу здійснюється за рахунок зміни діаметрів тільки на ділянках 1 і n (нумерація ділянок прийнята в напрямку від джерела теплоти).

У прикладі, що розглядається, контрольні відгалуження від ділянок 1, ... , $n-1$ мають невикористані надлишки наявного тиску, а на

контрольному відгалуженні від ділянки n наявний тиск повністю використаний (контрольним вважається відгалуження з меншим надлишком наявного тиску).

Порівняльні розрахунки показників гідравлічного режиму і металоємності подавальних трубопроводів на ділянках 1 і n головної магістралі представлені в таблиці, де ці розрахунки виконані у варіантах до і після оптимізації (див. таблицю).

В таблиці позначено: L – довжина розрахункової ділянки, м; V – витрата води, м³/год; D_3 і δ – зовнішній діаметр і товщина стінки трубопроводу, м; w – швидкість води, м/с; R – питома лінійна втрата тиску, Па/м; ΔP – втрата тиску на розрахунковій ділянці, кПа: $\Delta P = 1,3LR \cdot 10^{-3}$; m_l – маса 1 м трубопроводу, кг/м; M – маса подавального трубопроводу розрахункової ділянки, кг.

Таблиця 1

Порівняльні розрахунки показників гідравлічного режиму і металоємності трубопроводів на ділянках 1 і n у варіантах до і після оптимізації

№ п/п	Ділянка	Варіант	L	V	$D_3 \times \delta$	w	R	ΔP	m_l	$M \cdot 10^{-3}$
			м	м ³ /Го д	мм	м/с	Па/ м	кПа	кг/м	кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	до	250	1300	529× 7	1,8 1	60, 5	19,7	90,1	22,5
2		після			478× 7	2,2 3	104	33,8	81,3	20,3
3	п	до	250	18	108× 4	0,6 6	65, 4	21,3	10,3	2,58
4		після			133× 4	0,4 3	20, 1	6,53	12,7	3,18

Діаметри трубопроводів (див. таблицю) були визначені у наступній послідовності:

1) у варіанті до оптимізації діаметри трубопроводів на ділянках 1 і n були визначені за сучасною методикою гідравлічних розрахунків [1];

2) у варіанті після оптимізації були проведені наступні зміни діаметрів: на ділянці 1 був прийнятий найближчий менший, а на ділянці n – найближчий більший табличні діаметри умовного проходу трубопроводів, ніж значення цих діаметрів, визначених за сучасною методикою гідравлічних розрахунків. Товщини стінок трубопроводів були прийняті однаковими у варіантах до і після оптимізації.

Значення питомих лінійних втрат тиску R і маси погонного метру трубопроводу m_l (див. таблицю 1) були прийняті по довіднику [2].

Оскільки в результаті зміни діаметрів всі наявні тиски на відгалуженнях від ділянок 1, ..., $n-1$ при двохтрубній мережі зменшуються на величину ΔN , що дорівнює:

$$\Delta N = 2(\Delta P_{11}^{\text{II}} 2\Delta P_1^{\text{I}}), \quad (1)$$

де ΔP_1^{I} і $\Delta P_{11}^{\text{II}}$ – значення втрат на ділянці 1 у варіантах до і після оптимізації (див. таблицю), то проектні рішення цих відгалужень у варіанті після оптимізації можна залишити без зміни за умов:

$$\Delta N_{\text{д.}j} / \Delta N, \quad j=1, \dots, n-1, \quad (2)$$

де $\Delta N_{\text{д.}j}$ – надлишок наявного тиску на контрольному відгалуженні від ділянки j у варіанті до оптимізації.

Після підстановки в (1) значень $\Delta P_{11}^{\text{II}} = 33,8$ кПа і $\Delta P_1^{\text{I}} = 19,7$ кПа (див. таблицю) отримуємо, що величина ΔN у даному прикладі становить:

$$\Delta N = 2(33,8219,7) = 28,2 \text{ кПа}, \quad (3)$$

а умова (2) у даному прикладі має вид:

$$\Delta N_j^{\text{I}} \geq 28,2 \text{ кПа}, \quad j=1, \dots, n-1. \quad (4)$$

Визначимо для ділянок 1 і n конкретні показники ефективності варіанту після оптимізації.

Величина ΔP_{Σ} приросту сумарних втрат тиску в подавальних і зворотних трубопроводах на ділянках 1 і n у варіанті після оптимізації становить:

$$\Delta P_{\Sigma} = 2[(\Delta P_{11}^{\text{II}} + \Delta P_{nn}^{\text{II}})2(\Delta P_1^{\text{I}} + \Delta P_n^{\text{I}})], \quad (5)$$

де ΔP_1^{I} , ΔP_n^{I} і $\Delta P_{11}^{\text{II}}$, $\Delta P_{nn}^{\text{II}}$ – значення ΔP на ділянках 1 і n у варіантах до і після оптимізації (див. таблицю 1).

Після підстановки числових значень в (5) отримуємо:

$$\Delta P_{\Sigma} = 2[(33,8 + 6,53)2(19,7 + 21,3)] = -1,34 \text{ кПа}. \quad (6)$$

Оскільки в (5) величина приросту ΔP_{Σ} є від'ємною, то звідси випливає, що сумарні втрати тиску в вибраному інтервалі у варіанті після оптимізації не тільки не приростають, але навіть дещо зменшуються.

Величина ΔM_{Σ} зменшення сумарної металоємності трубопроводів двохтрубної теплової мережі на ділянках 1 і n становить:

$$\Delta M_{\Sigma} = 2[(M_{11}^{\text{I}} + M_{nn}^{\text{I}})2(M_{11}^{\text{II}} + M_{nn}^{\text{II}})], \quad (7)$$

де M_{11}^{I} , M_{nn}^{I} і M_{11}^{II} , M_{nn}^{II} – значення M на ділянках 1 і n у варіантах до і після оптимізації (див. таблицю).

Після підстановки числових значень в (7) отримуємо:

$$\Delta M_{\Sigma} = 2[(22500 + 2580)2(20300 + 3180)] = 3200 \text{ кг}. \quad (8)$$

Величина $\Delta M_{\text{відн}}$ відносного зменшення металоємності трубопроводів на ділянках 1 і n становить, %:

$$\Delta M_{\text{відн}} = \Delta M_{\Sigma} / [2(M_{11}^{\text{I}} + M_{nn}^{\text{I}})] \cdot 100, \quad (9)$$

де M_{11}^{I} , M_{nn}^{I} – значення M на ділянках 1 і n у варіанті до оптимізації (див. таблицю 1).

Після підстановки числових значень в (9) отримуємо:

$$\Delta M_{\text{відн}} = 3200 / [2(22500 + 2580)] \cdot 100 = 6,4\%. \quad (10)$$

Таким чином, із (7) і (10) випливає, що у розглянутому прикладі внаслідок оптимізації конструктивного рішення маємо зменшення металоємності трубопроводів на оптимізованих ділянках на 3,2 т, що становить 6,4% у відносному вимірі.

З урахуванням можливості на стадії проектування оптимізувати конструктивне рішення головної магістралі водяної теплової мережі рекомендується гідравлічні розрахунки такої магістралі у загальному випадку виконувати у три етапи. На першому етапі визначають діаметри трубопроводів за сучасною методикою гідравлічного розрахунку. На другому етапі аналізують дані цих розрахунків і за результатами аналізу надають позитивний або негативний прогноз щодо ефективності щодо можливості оптимізації конструктивного рішення головної магістралі мережі. В разі позитивного прогнозу переходять до третього етапу – етапу оптимізації конструктивного рішення магістралі з наступним розрахунком показників ефективності оптимізації.

Перший етап - етап аналізу даних гідравлічного розрахунку діаметрів виконується з метою виявлення на головній магістралі вибраного інтервалу, де задовольняються умови:

$$\Delta N_{i+m} \geq \Delta N_{\min}, \quad i=1, \dots, k-1, \quad (11)$$

$$0 \leq \Delta N_{k+m} \leq \Delta N_{\min}, \quad (12)$$

$$D_{m+1}^I \leq D_{k+m}^I, \quad (13)$$

де m – номер ділянки, що розташована безпосередньо перед вибраним інтервалом;

k – число ділянок в вибраному інтервалі (нумерація ділянок прийнята в напрямі від джерела теплоти);

ΔN_{k+m} і ΔN_{i+m} – надлишки наявних тисків на контрольних відгалуженнях від ділянок $k+m$ і $i+m$;

$\Delta N_{\min}$ – мінімальне значення потрібного надлишку наявного тиску на контрольних відгалуженнях від ділянок $k+i$ (порівняльні розрахунки показують, що значення $\Delta N_{\min}$ має знаходитись в межах 20 ...30 кПа);

D_{m+1}^I і D_{k+m}^I – діаметри трубопроводів на ділянках $m+1$ і $k+m$ у варіанті до оптимізації (між D_{m+1}^I і D_{k+m}^I має бути не менш одного проміжного значення діаметру умовного проходу трубопроводу).

В разі відсутності інтервалів, що задовольняють умовам (11) – (13), дається негативний прогноз щодо можливості оптимізації, тобто результати гідравлічного розрахунку, отримані на цьому етапі, залишають без змін. В іншому разі переходять до другого етапу гідравлічного розрахунку.

На другому етапі із числа ділянок вибраного інтервалу виділяють групи a , b і c послідовно розташованих ділянок (порядок груп прийнято

в напрямку від джерела теплоти). В групи a і c включають ділянки, що у варіанті до оптимізації задовольняли умовам:

$$D_{a,\min}^{\text{TM}} D_{c,\max}, \quad (14)$$

$$\Delta P_a^I \approx \Delta P_c^I, \quad (15)$$

де $D_{a,\min}$ і $D_{c,\max}$ – мінімальний і максимальний діаметри трубопроводів в групах a і c у варіанті до оптимізації (між $D_{a,\min}$ і $D_{c,\max}$ має бути не менш одного проміжного значення діаметру умовного проходу трубопроводу);

ΔP_a^I і ΔP_c^I – втрати тиску на ділянках груп a і c до оптимізації.

В групу b включають ділянки, що займають середнє положення між ділянками груп a і c , де внаслідок такого положення ділянок групи b забезпечується виконання умов (14) і (15).

Далі всі або деякі діаметри умовного проходу трубопроводів в кожній групі a і c замінюють відповідно найближчими меншими і найближчими більшими діаметрами умовного проходу трубопроводів, орієнтуючись при цій заміні на максимальне зменшення металоємності мережі при виконанні умов:

$$\Delta P_a^I + \Delta P_c^I < \Delta P_a^{\text{II}} + \Delta P_c^{\text{II}}, \quad (16)$$

$$\Delta N_i^{\text{II}} / 0, \text{ при } i \in H, \quad (17)$$

де ΔP_a^{II} і ΔP_c^{II} – втрати тиску на ділянках груп a і c у варіанті після оптимізації; ΔN_i^{II} – надлишок наявного тиску на ділянці i у варіанті після оптимізації; H – множина номерів ділянок, що належать вибраному інтервалу.

Трьохетапна методика гідравлічного розрахунку теплових мереж може бути ефективною при її застосуванні як в проектах нових теплових мереж, так і в проектах модернізації зношених теплових мереж, що актуально за умов сучасного стану централізованого теплопостачання в Україні.

Висновок.

Запропонована методика трьохетапного гідравлічного розрахунку з метою оптимізації конструктивного рішення головної магістралі водяної теплової мережі, що дозволяє зменшити металоємність трубопроводів без негативних наслідків для гідравлічного режиму мережі і споживачів.

Список літератури

1. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання. ч.1. Теплові мережі та споруди. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
2. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др.; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ГАЗО- ПАРОПОВІТРЯНОГО ФАКЕЛУ КОМБІНОВАНОЇ БАШТОВОЇ ГРАДИРНІ.

В світовій практиці все більший розвиток отримує створення і дослідження баштових труб-градирень, тобто градирень, у які вводяться викидні димові гази від котлоагрегатів або газотурбінних установок при ТЕС. Викидний факел від труби-градирні являє собою суміш повітря, водяної пари та димових газів. Основна ідея полягає в тому, що при правильно визначених умовах подачі димових газів стабілізується повітряний і тепловий режим, збільшується термогравітаційний тиск у градирні, підвищується швидкість і кількість повітря, інтенсифікуються процеси тепломасообміну при контакті повітря з водою, здійснюючи більш глибоке охолодження циркуляційної води. Таким чином, викидний факел з градирні має нижчу відносну вологість, вищу температуру і швидкість, що збільшує висоту його підйому та ефективність розсіювання.

Вивчення розсіювання факельного викиду з градирні проводилося в аеродинамічній трубі (АТ). Для забезпечення умов подібності обтікання моделі градирні, виконаної в масштабі 1:400, швидкість повітря у вільній зоні не менше 4 м/с.

Схема експериментальної установки наведена на рис.1. Модель градирні була встановлена в робочій зоні АТ. Для моделювання приземного шару, подібного атмосферному, використовувалися решітки, турбулізатори та крупнозерниста шкірка. Вуглекислий газ, мічений радіоактивним криптоном (^{85}Kr), послідовно підмішувався до викиду газів. Для забезпечення перемішування міченого газу з повітряним потоком вуглекислий газ подавався у всмоктуючі отвори нагнітальників моделі градирні або джерела димових газів. Регулювання і контроль витрати газу, що подавався, здійснювалось редуктором, голчастим вентилем та напівпровідниковим витратоміром. Витрати повітря, що подається в модель, контролювалися мікроманометром. Для утворення рівномірного поля швидкостей потоку в гирлі моделі, що імітує пароповітряний факел, модель на 2/3 її висоти була заповнена металевою стружкою.

Вертикальний розподіл швидкості і інтенсивність турбулентності в модельованому приземному шарі висотою $h = 0,8$ м близькі до натурних, які спостерігаються в рівнинній місцевості. Швидкість

поток у верхній частині моделі градирні ($H_M = 0,2$ м) фіксувалася в процесі досліджень і була рівною $V_B = 4$ м/с. Значення числа Рейнольдса, розраховане вздовж висоти моделі, $Re_M = 4 \cdot 10^4$, характеризує умови автомодельного обтікання моделі.

В дослідженнях зберігалася співвідношення швидкостей виходу і набігаючого потоку V_{zp}/V_B , що має місце в натурних умовах. Швидкість подачі димових газів при дослідженнях змінювалась в діапазоні 10÷20 м/с, що відповідає області автомодельності. Швидкість викиду з моделі градирні відповідала характерному діапазону (4 ÷ 6 м/с) для даного типу градирні, що також забезпечувало умови автомодельності ($Re_{гp} = 1,8 \cdot 10^4$).

Концентрація міченого газу визначалась методом відбору проб з об'єму робочої частини аеродинамічної труби за допомогою вакуумного насоса через забірний зонд в пробовідбірник, де розташований газорозрядний лічильник СТС-6. Сигнал з лічильника надходив на лічильний прилад ПСО-2М, де фіксувалася швидкість імпульсів N_i , пропорційна концентрації індикатора.

Контроль стабільності умов експерименту здійснювався в характерній точці за потоком вздовж градирні на відстані 14 Н (Н – висота градирні), де періодично фіксувалася концентрація, перемиканням забірних зондів на пробовідбірник.

При вивченні розсіювання викидів димових труб методом моделювання прийнята інтерпретація результатів досліджень у вигляді безрозмірного параметра K

$$K = \frac{c \cdot (V_B)_M \cdot H^2}{m}, \quad (1)$$

де c – концентрація шкідливості в димових газах, мг/м³; $(V_B)_M$ – швидкість потоку на рівні моделі, м/с; H – висота моделі, м; m – маса викиду, мг/с.

При використанні в якості мітки радіоактивного газу про величину його концентрації в досліджуваній точці судять по швидкості імпульсів N_i в об'ємі проби. Знаючи швидкість імпульсів N_o в гирлі джерела, безрозмірний комплекс K визначається як

$$K = \frac{N_i \cdot (V_B)_M \cdot H^2}{N_o \cdot L}, \quad (2)$$

де L – витрата міченого газу, в гирлі джерела, м³/с.

При дотриманні основних вимог до моделювання безрозмірні комплекси K в моделі і натурі повинні бути рівними, тобто $K_M = K_n$

Таким чином, знаючи розподіл величин K в моделі, можна визначити поля концентрацій в натурі і розрахувати їх значення:

$$c_n = \frac{K_M \cdot m_n}{(V_B)_n \cdot H_n^2}, \text{ мг/м}^3 \quad (3)$$

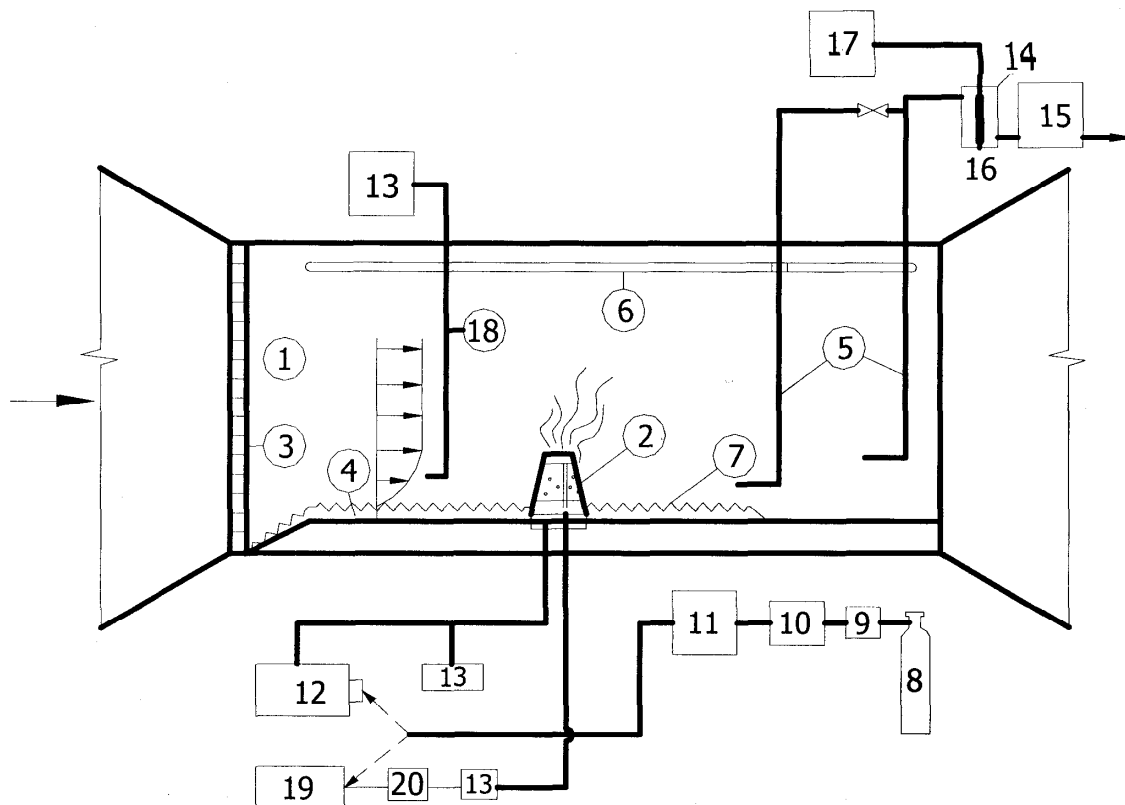


Рис. 1 Схема експериментальної установки:

1- робоча частина аеродинамічної труби; 2- модель; 3- профілююча решітка;
4- елементи шорсткості; 5- забірний зонд; 6 – координатне обладнання;
7- крупнозерниста шкірка; 8- балон з вуглекислим газом; 9- редуктор;
10- голчастий вентиль; 11- напівпровідниковий витратомір;
12, 19- повітрорудка; 13- мікроманометр; 14- повітрозбірник; 15- вакуумний насос;
16- газорозрядний лічильник; 17- перераховувальний лічильник ПСО-2М;
18- трубка Піто; 20- ЛАТР.

Для порівняння розрахункового викиду оксидів азоту, що містяться в димових газах, за результатами експериментальних досліджень використовувався коефіцієнт мінімального розбавлення

$$(K_{min}^P)_M = \frac{m}{C_{max}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

де C_{max} – максимальна приземна концентрація викидів, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Для натурних умов коефіцієнт мінімального розбавлення визначається з врахуванням безрозмірного комплексу K_M^{max}

$$(K_{min}^P)_H = \frac{(V_6)_M \cdot H_H^2}{K_M^{max}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5)$$

де $(V_6)_H$ – швидкість потоку на рівні висоти градирні, $\text{м}/\text{с}$.

Безрозмірні величини K , отримані при моделюванні, відповідають часу осереднення концентрацій протягом кількох

хвилин. Внаслідок цього проводиться відповідне коригування експериментальних даних і приведення їх до 20-хвилинного осереднення.

Використовуючи коефіцієнт мінімального розбавлення, можна розрахувати значення гранично допустимих викидів (ГДВ) для оксидів азоту, що містяться в димових газах

$$\text{ГДВ} = (K_{\min}^P)_H \cdot (\text{ГДК} - C_{\text{ф}}), \text{ мг/м}^3$$

(6)

де ГДК – гранично допустима концентрація шкідливостей, мг/м^3 ;

$C_{\text{ф}}$ – фонові концентрації шкідливостей, мг/м^3 .

При вивченні розсіювання пароповітряного факелу градирні мічений газ вводився в забірний отвір повітродувки, що подає повітря в гирло градирні. Швидкості виходу пароповітряної суміші і набігаючого потоку підтримувалися рівними між собою. Імітація викиду димових газів здійснювалася через трубку $d=14\text{мм}$, яка розміщена по центру градирні.

Для оцінки впливу подачі димових газів на характер розсіювання пароповітряного факелу градирні попередньо були отримані розподіли безрозмірних приземних величин K для викиду градирні. Розподіл приземних значень K по потоку без подачі димових газів ілюструє крива 1 на рис. 2. Крива розподілу K має чітко виражений максимум в перетинах

$x = (7 \dots 9) \text{ Н}$. Криві 2 і 3 характеризують розподіл приземних величин K по потоку при швидкостях факельного викиду відповідно 15 і 20 м/с. Очевидно, що подача димових газів практично не впливає на локалізацію максимальних приземних концентрацій. Значення максимальних K зменшується при збільшенні швидкості факельного викиду димових газів від 0 до 20 м/с.

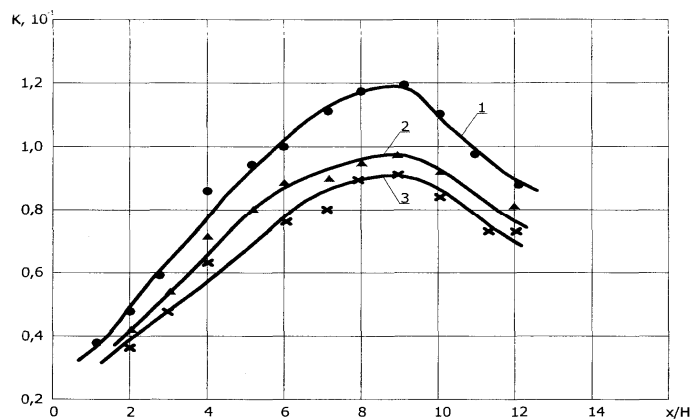


Рис.2. Розподіл приземних величин K по потоку від окремо стоячої градирні при різних швидкостях димових газів ($V_{\text{г.р.}} = V_{\text{г}}$):

1. без подачі димових газів; 2. подача димових газів з швидкістю $V_{\text{г.р.}} = 15 \text{ м/с}$;

3. подача димових газів з швидкістю $V_{\text{г.р.}} = 20 \text{ м/с}$;

Значення вертикального розподілення експериментальних безрозмірних концентрацій K на різних відстанях від градирні характеризують траєкторію факелу і висоту його підйому (рис. 3). Для варіантів викиду з градирні пароповітряної (1) або газоповітряної (2) суміші вісь факелу фіксувалась відповідно на висоті: для $x=0,05H$ – $z=1,2H$ і $z=1,25H$, для $x=8H$ (область максимальних величин K) – $z=1,7H$ і $z=1,85H$. Такі траєкторії характеризують більш висоту підйому факелу градирні. Вертикальні розподіли K дозволяють також оцінити розсівання факела і падіння вісьових концентрацій по потоку при подачі в неї димових газів.

Для оцінки впливу подачі димових газів на дисперсію пароповітряного факелу вивчались поперечні і вертикальні розподіли K . На рис. 4 приведено порівняння поперечних розподілів приземних величин K в перерізі $x=6H$ при наявності подачі димових газів ($V_r = 15$ м/с) і без них. Ширина пароповітряного факелу градирні при наявності факельного викиду більша, що свідчить про більш інтенсивне його розсіювання і зниження концентрацій окислів азоту в приземній області.

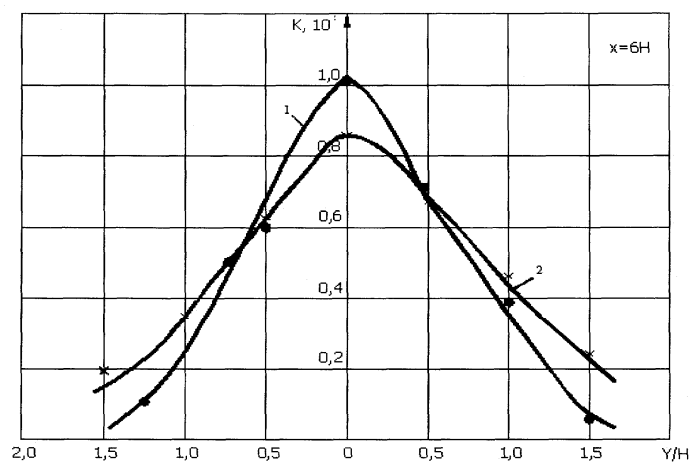


Рис. 4 Поперечний розподіл безрозмірних приземних величин

$$K \text{ в перерізі } X=6H, \frac{V_{гр}}{V_g} = 1$$

1- без подачі димових газів; 2- з подачею димових газів із швидкістю $V_r = 15$ м/с

В результаті досліджень було встановлено вплив співвідношення швидкостей подачі димових газів V_g і швидкості пароповітряного факела $V_{гр}$ на величину приземних концентрацій в зоні максимуму. Значення $\frac{V_{гр}}{V_g}$ змінювалося в межах від 3 до 10. Найбільша зміна концентрацій, що відповідає границям вказаного діапазону, не перевищувала 25%.

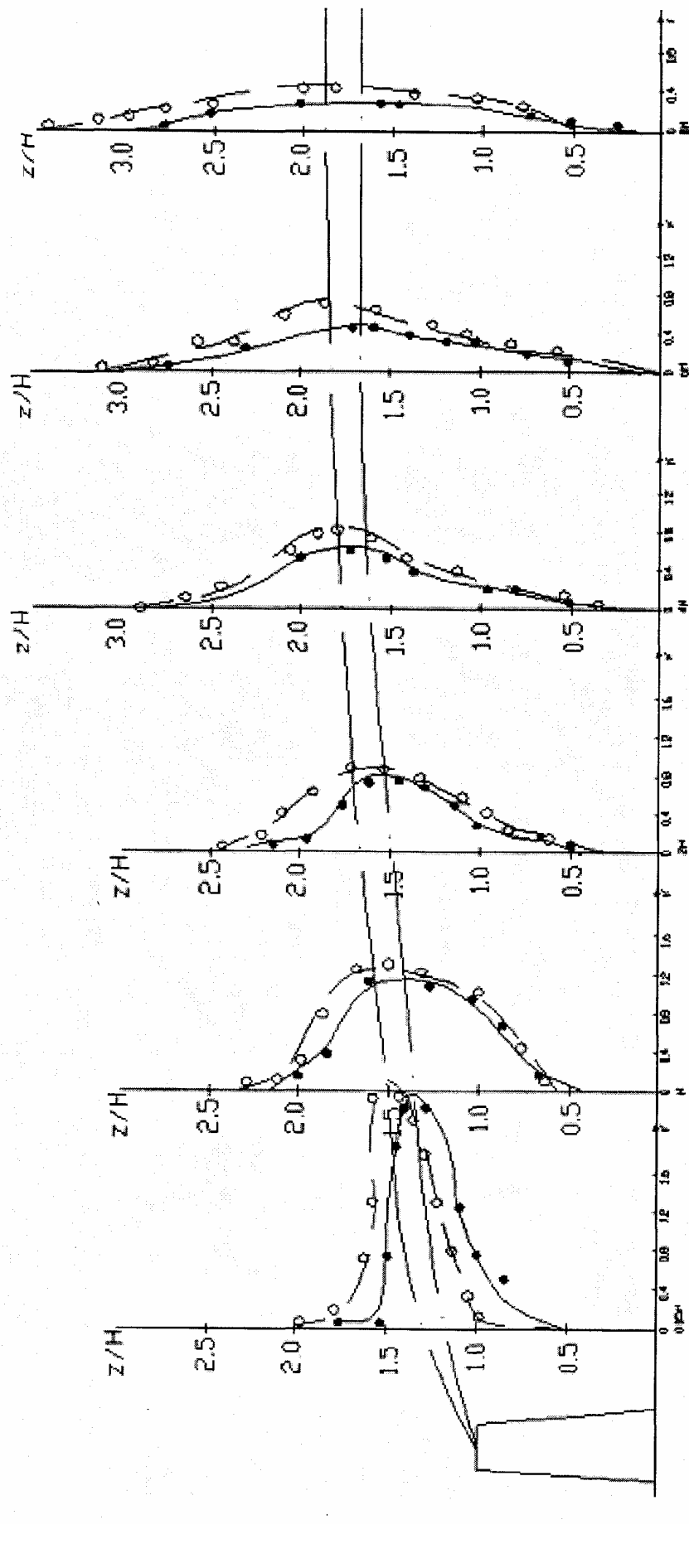


Рис. 3 Вертикальні розподіли безрозмірних величин K в різних перерізах по потоку для окремо стоячої градирні (швидкість
викиду $V_{zp}=6\text{ м/с}$, $V_{zp}/V_e=1$

○ — без подачі в градирню димових газів;

● — з подачею димових газів через швидкість $V_z=20\text{ м/с}$ і температурою $t_z=80^\circ\text{C}$.

Вплив подачі димових газів ($V_r = 15$ м/с) на вертикальні розподіли максимальних приземних концентрацій K при $x=8H$ наведені на рис. 5. Аналіз приведених розподілів показав, що спостерігається зменшення максимальних приземних концентрацій вниз за потоком.

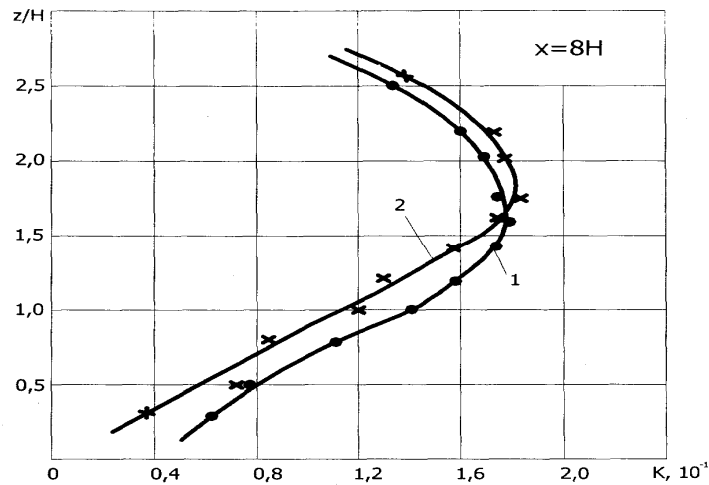


Рис. 5 Вертикальний розподіл безрозмірних величин K в перерізі по потоку $X=8H$ при $V_{сп}/V_v=1$

1 – без подачі димових газів; 2 – з подачею димових газів з швидкістю $V_r = 15$ м/с.

На рис. 6 наведені поперечні розподіли концентрацій в пароповітряному факелі градирні з подачею димових газів ($V_r = 15$ м/с) в різних перерізах по потоку. Одержані криві ілюструють зростання ширини факельного викиду.

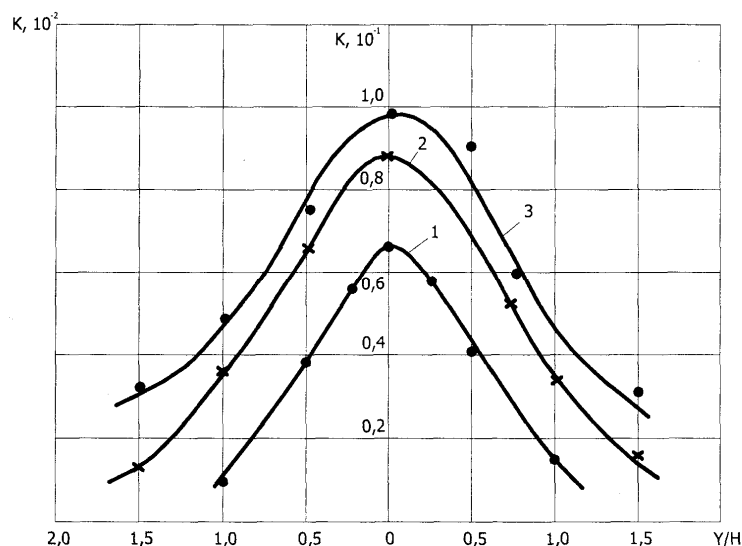


Рис. 6 Поперечний розподіл безрозмірних приземних величин K в різних перерізах по потоку $V_{сп}/V_v=1$; швидкість подачі димових газів $V_r = 15$ м/с.

1 - в перерізі $X=4H$; 2 - в перерізі $X=6H$; 3 - в перерізі $X=9H$.

Для більш надійної кількісної оцінки впливу подачі димових газів на дисперсію пароповітряного факела градирні була проведена серія вимірів концентрацій в точці локалізації максимуму приземних концентрацій при різних швидкостях виходу димових газів.

Результати розрахунку величин K , що характеризують розподілення концентрацій шкідливостей в пароповітряному факелі градирні, дозволяють зробити висновок, що за наявності подачі димових газів з швидкістю $V_r=30$ м/с величина приземних максимальних величин K зменшується на 16%. Збільшення швидкості факельного викиду з 30 до 40 м/с зменшує значення K на 7 %. Відносна похибка розрахунків не перевищувала 5 %.

В подальших дослідженнях мічений газ підмішувався до факельного викиду, розсіювання якого вивчалось з метою виявлення області максимальних приземних концентрацій і оцінки їх найбільших значень. Для отримання кривої розподілу приземних величин K , внаслідок значного розбавлення, потрібно було збільшити концентрацію радіоактивного газу, що вводиться у факельний викид. Швидкість відліку імпульсів у факельному викиді в горловині градирні склала $N_o = 3 \cdot 10^5$ ім/с. Крива розподілу приземних значень K , що отримана при дослідженнях, показана на рис. 7. Область найбільших приземних значень відповідає перетинам (8...10) Н. Значення K в точці максимуму $K^{\max} = 1,2 \cdot 10^{-2}$.

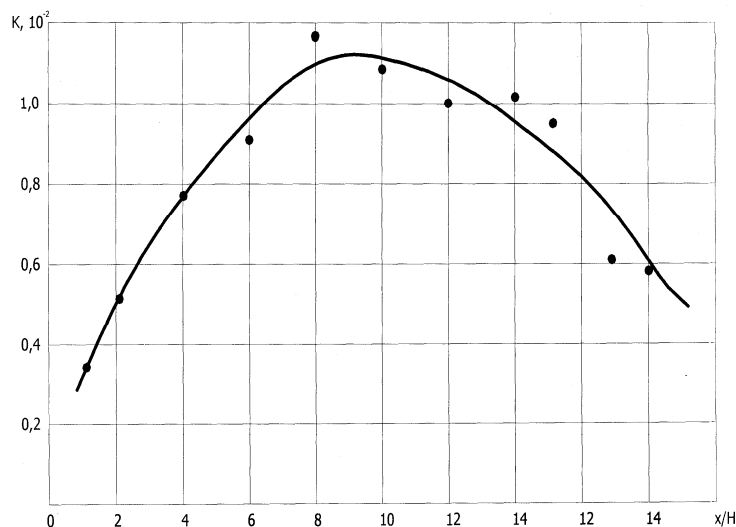


Рис. 7 Розподіл безрозмірних приземних величин K по потоку для подачі газів зі швидкістю $V_r = 15$ м/с, швидкість викиду пароповітряної суміші градирні $V_{gr} = 6$ м/с.

При подачі димових газів у факелі градирні збільшується вміст оксидів азоту NO_x . Кількість оксидів азоту, які викидаються в градирню, прийнято 180 г/с.

При перерахунку експериментальних величин K_m на натурні умови отримані наступні результати. Найбільші значення приземних концентрацій оксидів азоту, очікувані в натурних умовах, складають (формула 3)

$$C_n^{max} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 180 \cdot 10^3}{6 \cdot 80^2} = 0,06 \text{ (мг/м}^3\text{)}, \text{ що менше ГДК}=0,085\text{мг/м}^3$$

Відповідно коефіцієнт мінімального розбавлення, який очікується в натурних умовах (формула 5)

$$(K_{min}^p)_n = \frac{6 \cdot 64 \cdot 10^2}{1,2 \cdot 10^{-2}} = 3,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Гранично допустимий викид розраховувався по величині ГДК для населених місць.

Таким чином, ГДВ для комбінованої градирні при використанні димових газів без врахування фонових концентрацій складає (формула 6)

$$\text{ГДВ} = 3,2 \cdot 10^6 \cdot 85 \cdot 10^3 = 272 \cdot 10^3 \text{ мг/с. } \text{ГДВ}_{\text{NO}_x} = 272 \text{ г/с.}$$

Для більш обережної оцінки значення ГДВ розраховувалися за максимальними експериментальними величинами K без врахування корегуючих коефіцієнтів на час усереднення концентрацій.

Експериментальні дані порівнювались з розрахунковими за відомими методиками. Максимальні розрахункові значення приземних концентрацій склали $c_m=0,07\text{мг/м}^3$, що практично збігається з результатами експерименту. Відстань $x_m=26\cdot H=2080\text{м}$ від градирні до точки максимуму істотно перевищує експериментальний результат.

Висновки

1. На моделі градирні в аеродинамічній трубі експериментально вивчено розсіювання факельного викиду з використанням методу радіоактивної мітки. Обробка отриманих даних виконувалась у вигляді універсальних безрозмірних комплексів концентрацій шкідливостей.

Показано, що за відносних швидкостей $\frac{V_{GP}}{V_B} = 1$, зони приземних

максимальних концентрацій від факелу труби-градирні знижуються на відстані $(8-10)H$ градирні.

2. Для газоповітряного факелу в зоні локалізації максимальних приземних концентрацій подача димових газів в градирню знижує величини K при $V_r=40 \text{ м/с}$ на 25%, при $V_r=15 \text{ м/с}$ на 16%. Виявлено, що концентрації окисів азоту в зоні максимуму при цих умовах не перевищує ГДК.

Список література

1. Корбут В.П., Ищенко М.Ю. Особенности совместной работы котлоагрегатов и газотурбинных установок с башенными градирнями //Вентиляция, освітлення та теплопостачання – К.:КНУБА, 2003, с.3-10.
2. Ищенко М.Ю. Физическое моделирование тепломассообменных процессов в градирне // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – Херсон-2004.-№2(9), с.159-169
3. Корбут В. П., Ищенко М. Ю. Енерго- та екологоефективні технології видалення димових газів з використанням баштових градирень//Нова тема.-К.-2006.-№3.-см.28-30
- 4 Корбут В. П., Ищенко М. Ю. Результаты экспериментальных исследований модернизированной баштовой градирни //Нова тема.-К.-2007.-№4-с.9-11.

УДК 697. 34

**А.А. Олексюк, д.т.н., професор,
М.В. Долгов, аспірант**

Донбаська національна академія будівництва та архітектури

ОПТИМІЗАЦІЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.

У малих населених пунктах, а також в містах, застосовуються різні системи централізованого теплопостачання. Вони підрозділяються за наступними основними ознаками: за видами енергоресурсів і джерел для отримання теплоти; за видами і параметрах теплоносіїв; за способах відбору води для потреб гарячого водопостачання; за схемами, способами прокладання і числом паралельно працюючих трубопроводів теплової мережі та ін.

За видами теплоносіїв системи розподіляються на водяні і парові. Водяні системи отримали переважне поширення в Україні для покриття навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлових, громадських і виробничих будівель. Але з застосуванням таких систем виникає проблема гідравлічного регулювання систем теплопостачання, а також їх металоємності.

Залежно від типу джерела теплоти і протяжності теплових мереж використовують системи з низькими розрахунковими температурами води в подаючій магістралі тепломереж $95\ldots 115^{\circ}\text{C}$ і з високими параметрами - до 150°C . З підвищенням розрахункової температури води, як правило, витрати її в систему теплопостачання зменшуються. Проте при невеликих теплових навантаженнях підвищення температури не завжди можливе із-за технічних обмежень на діаметри труб теплових мереж, відсутності сталевих котлів малих одиничних потужностей та ін. [1].

У водяних системах при якісному регулюванні часто виникають складнощі з покриттям технологічних навантажень, оскільки доводиться встановлювати окремі теплогенератори у виробничих будівлях або котельних, прокладати окремі трубопроводи для технологічних потреб та ін. Такі рішення при невеликих значеннях окремих видів навантажень приводить до збільшення витрат на теплопостачання. При цьому перспективнішими є водяні системи, здатні покривати різні види теплових навантажень.

У закритих системах теплопостачання циркулюючий теплоносіє не витрачається абонентами і після віддачі теплоти повертається до джерела теплоти. Воду для гарячого водопостачання беруть з водопроводу, а її нагрівання до необхідної температури здійснюється в поверхневих теплообмінниках, теплоносієм з тепломережі (у 2 - трубних системах) або з котлів (у 4 - трубних системах); при цьому витрати на хімводопідготовку з водопроводу нижчі.

У відкритих системах теплопостачання воду для гарячого водопостачання беруть з теплової мережі, а замість поверхневих теплообмінників використовують простіші і дешевші пристрої змішувачів. Капітальні вкладення для таких систем менші за рахунок нижчих розрахункових температур теплоносія, тому відкриті системи застосовуються в усіх випадках, коли забезпечується необхідна кількість

гарячої води, що поступає на водорозбір, і підживлення в системи опалення [2].

У радіальних системах теплові мережі прокладають у вигляді тупикових розгалужених ліній, на кінцях яких приєднуються споживачі. Діаметри трубопроводів на ділянках мережі зменшуються у міру зниження теплового навантаження, що призводить до мінімальних капітальних витрат. Такі системи застосовують у великих містах при діаметрі трубопроводів на головних магістралях до 700 мм, оскільки аварії в таких мережах усуваються за період часу, протягом якого не відбувається замерзання води на відключених ділянках.

У кільцевих системах теплова мережа розділяється на магістральні ділянки, які охоплюють частину району тепlopостачання, і на радіальні розподільчі ділянки, що відходять від них. Діаметри кільцевих ділянок вибираються на пропуск лімітованої витрати, що становить приблизно 70% розрахункової витрати води для усього району тепlopостачання. Збільшення капітальних затрат на теплові мережі підвищує надійність систем тепlopостачання при аваріях на найбільш відповідальних ділянках.

У житлових районах доля витрат на теплові мережі вища в порівнянні з міськими, де діаметри головних ділянок як правило не перевищують 300 мм, внаслідок чого і використовуються радіальні схеми.

У деяких роботах [3, 4] для житлових мікрорайонів рекомендується система з однотрубними кільцевими тепловими мережами, які виконуються аналогічно однотрубним горизонтальним системам опалення. Споживачі приєднуються до однотрубних теплових мереж послідовно через двотрубні розподільчі мережі, з яких відбирається частини гарячої води та повертається охолоджена вода. У результаті в кільцевій мережі температура води поступово знижується. На думку авторів, в такій схемі, в порівнянні з 2-трубною, підвищується гідравлічна стійкість системи і зменшуються капітальні вкладення в теплові мережі. Проте, як показує аналіз, технічних передумов до зниження капітальних вкладень в теплові мережі при цьому немає, оскільки 2-трубна тупикова схема відрізняється від систем опалення будівель з двотрубною розводкою і вимагає менших витрат на трубопроводи. Крім того, для однотрубно-кільцевої схеми потрібно буде виконати індивідуальні проекти приєднання усіх будівель (навіть однотипних), тому, що виникають складнощі з підключенням нових споживачів (змінюються необхідні типорозміри існуючого устаткування) і з покриттям навантаження гарячого водопостачання. Для забезпечення $t_r = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ необхідно виконати зрізання температурного графіку, а також, установку терморегуляторів в системах опалення. При наявності аналогічних регуляторів в 2-трубних

схемах гідравлічна стійкість в обох випадках буде однакова. Однотрубна кільцева система теплопостачання не випробувана на практиці.

У 4-трубних системах вода на опалення і вентиляцію поступає безпосередньо з котлів, а її температура регулюється за рахунок перепускання в котельній частини води із зворотної магістралі через перемичку залежно від температури зовнішнього повітря. При розрахункових температурах води 95...115 °С місцеві системи опалення з приєднують безпосередньо до тепломережі.

У закритій 3-трубній системі вода для гарячого водопостачання підігрівається в поверхневих теплообмінниках, встановлених в місцевих теплових пунктах, тому температура гарячої води, що подається по трубопроводу, може вибиратися вищою, наприклад, з умови забезпечення технологічних потреб. Це є головним показником, що визначає доцільність закритої 3-трубної системи, в порівнянні з альтернативними рішеннями в житлових мікрорайонах: 4 та 2-трубними закритими системами з якісним регулюванням.

2-трубні водяні системи теплопостачання нині знаходять застосування для покриття навантажень опалення і вентиляції в житлових мікрорайонах. Система покриває навантаження опалення і вентиляції так само, як і в 4-трубних системах з безпосереднім і залежним приєднанням місцевих систем до тепломережі з центральним регулюванням відпуску теплоти. При цьому гаряче водопостачання і технологічні навантаження забезпечуються окремими місцевими теплогенераторами, це звичайно збільшує сумарні витрати на теплопостачання, погіршує комфорт у споживачів, ускладнює експлуатацію та ін.

Системи опалення, вентиляції і гарячого водопостачання приєднуються до теплових мереж за різними схемами. Велика кількість схем приєднання викликана вимогами економічності, безперебійності та надійності в роботі, а також умовами забезпечення необхідних гідравлічних режимів роботи систем теплопостачання в процесі експлуатації [5].

При централізованому теплопостачанні від великих джерел теплоти, таких як ТЕЦ або РК (районна котельня) існують шість класичних схем приєднання місцевих систем опалення до теплових мереж.

Приєднання системи опалення до теплової мережі за залежною схемою (рис. 1) застосовують у тому випадку, коли температура теплоносія відповідає розрахунковим параметрам для системи опалення, а різниця тисків на абонентському вводі забезпечує циркуляцію в системі опалення.

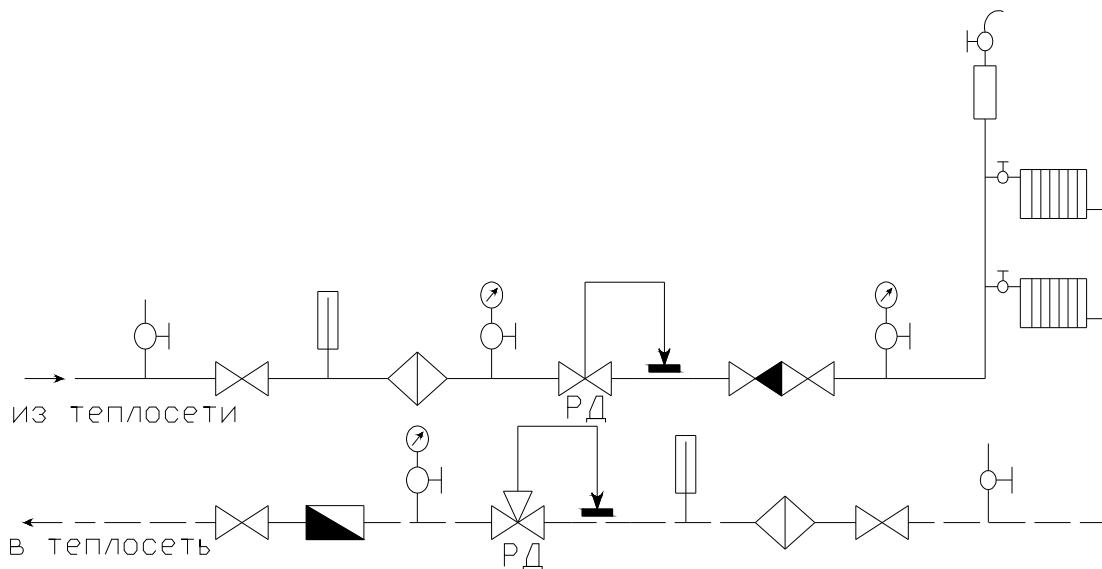


Рис. 1 Залежна схема приєднання без елеватора

Найбільш поширеною є залежна схема приєднання системи опалення до теплової мережі з елеватором (рис. 2), яку застосовують при розрахунковій температурі теплоносія більшій, ніж в системі опалення, а різниця тисків на абонентському вводі достатня для нормальної роботи елеватора.

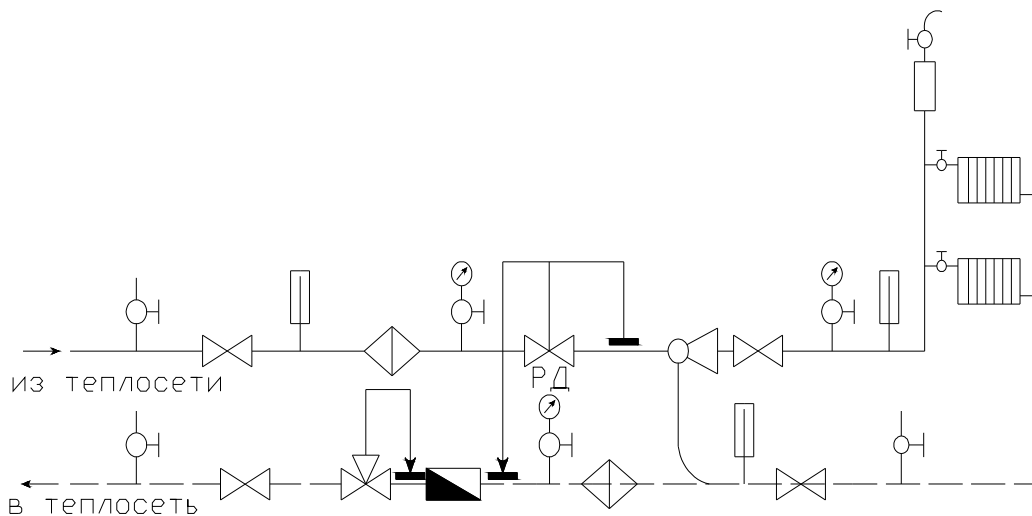


Рис. 2 Залежна схема приєднання з елеватором

Слід пам'ятати, що приєднання системи опалення через елеватор можливе тоді, коли тиск на абонентському вводі в 10-12 разів перевищує втрати тиску в системі опалення.

Залежна схема приєднання з насосом на перемичці (рис. 3) застосовується при недостатньому тиску на вводі для нормальної роботи елеватора, замість нього встановлюють насос на перемичці, який дозволяє здійснити гнучкіше регулювання системи опалення.

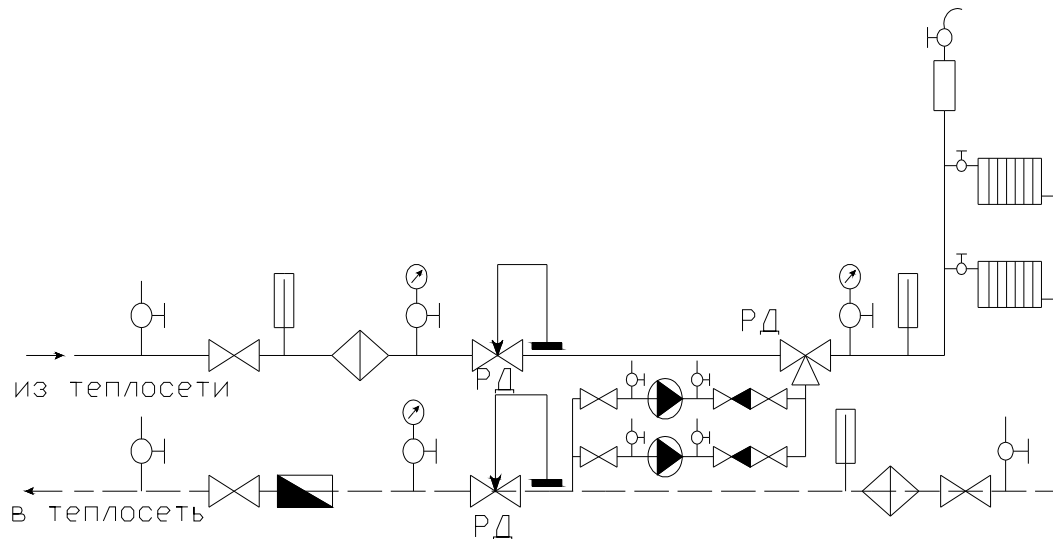


Рис. 3 Залежна схема приєднання з насосом на перемичці

Якщо статичний тиск системи опалення вище тиску в тепловій мережі, то приєднують систему опалення по залежній схемі (рис. 4) з насосом на подавальному трубопроводі, при цьому продуктивність його дорівнює розрахунковій витраті води, циркулюючій в системі опалення.

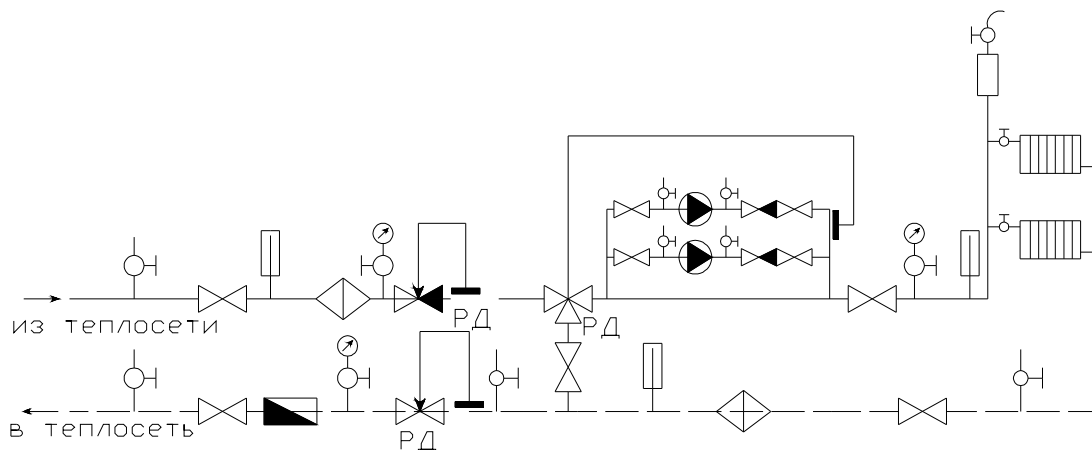


Рис. 4 Залежна схема приєднання з насосом на подаючому трубопроводі

Коли тиск в зворотному трубопроводі теплової мережі значно перевищує 0,6 МПа, допустимий для місцевих систем опалення, то їх приєднують за незалежною схемою (рис. 5), або за залежною схемою (рис. 6) з насосом на зворотному трубопроводі, тільки на подаючому трубопроводі встановлюють регулятор тиску, який знижує його до 0,6 МПа [7].

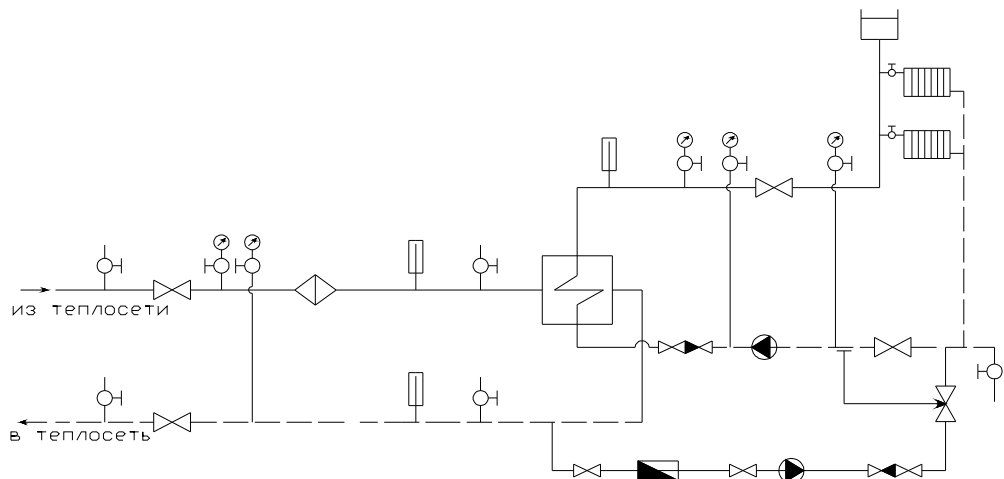


Рис. 5. Незалежна схема з теплообмінником

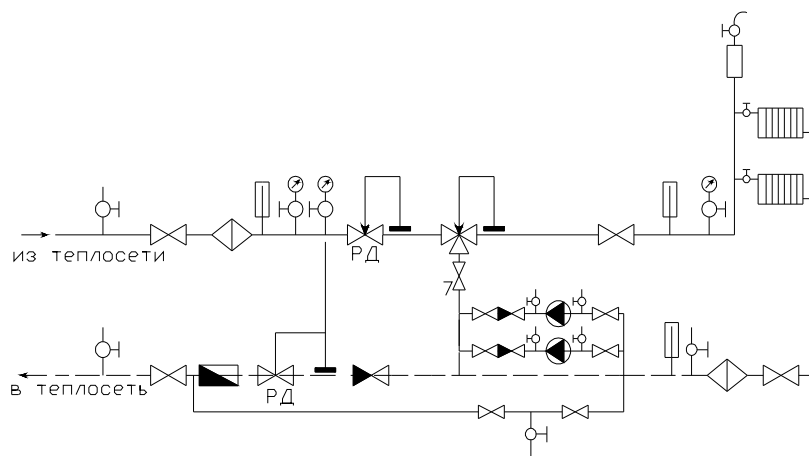


Рис. 6 Залежна схема з насосом на зворотному трубопроводі

Порівняльний аналіз показав, що існуючі системи теплопостачання мають ряд недоліків: труднощі в гідравлічному регулюванні систем опалення і гарячого водопостачання; велика металоємність систем та ін. Дана робота присвячена аналізу існуючих систем теплопостачання з метою впровадження вдосконаленої системи.

В процесі експлуатації систем теплопостачання будівель різної поверховості від одного джерела теплоти завжди виникають труднощі з гідравлічної ув'язки та розподілу теплоти між окремими споживачами. Особливо це стосується малоповерхових будівель, розташованих поруч з висотними будинками.

Найбільш перспективною в таких випадках є двотрубна система теплопостачання з індивідуальними тепловими пунктами (ІТП) і підігрівально-акумуляуючими установками (ПАУ) з триконтурними теплообмінниками та акумуляторами гарячої води[7], які дозволяють забезпечити заданий гідравлічний режим в місцевих системах опалення і гарячого водопостачання будівель різної поверховості. Такі системи

приєднуються до системи централізованого тепlopостачання за незалежною схемою, а гідравлічний режим в них забезпечується за допомогою малопотужних насосів, які встановлюються на індивідуальному тепловому пункті для систем опалення та гарячого водопостачання. Схема підігрівально-акумуючої установки з триконтурним теплообмінником на індивідуальному тепловому пункті для незалежної системи опалення, вентиляції і гарячого водопостачання приведена на рис. 7.

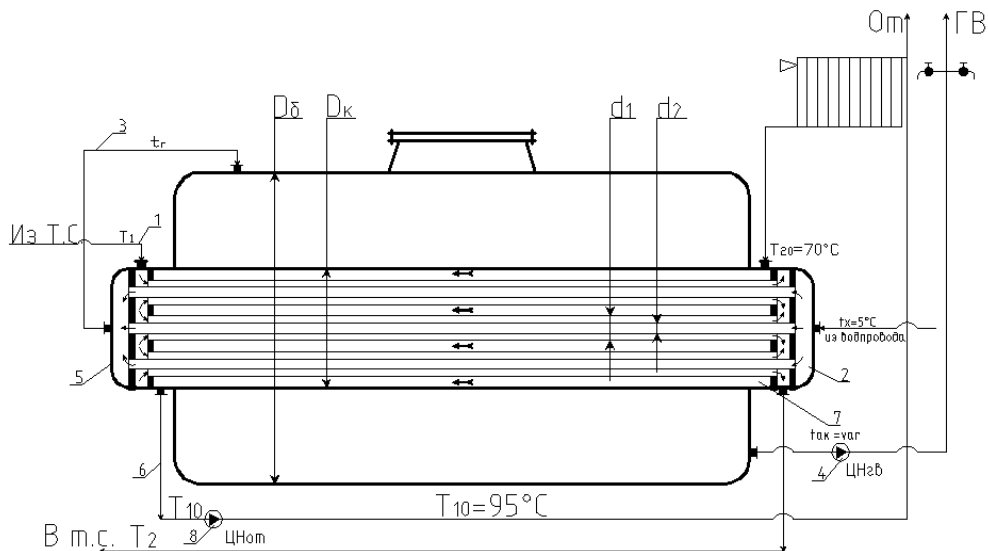


Рис. 7 Схема ПАУ з триконтурним теплообмінником на ІТП

Теплоносій із тепломережі 1 з температурою $T_1=150\text{ }^{\circ}\text{C}$, поступає в міжтрубний простір теплообмінної поверхні, нагріваючи теплоносії вторинних контурів систем опалення та гарячого водопостачання. У другому розімкненому контурі холодна водопровідна вода поступає в камеру 2, в якій вона нагрівається до температури $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і через камеру 5 поступає бак-акумулятор по трубопроводу 3, з якого за допомогою насоса 4 подається в систему гарячого водопостачання. Теплоносій контуру системи опалення з температурою $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ циркулює за допомогою циркуляційного насоса 8. Систему тепlopостачання від ІТП з підігрівально-акумуючими установками і триконтурними теплообмінниками можна вважати саморегульованою, оскільки в години максимального водорозбору на гаряче водопостачання система опалення отримує трохи менше тепла, але заповнює його в нічний час доби, коли зменшується споживання гарячої води.

Висновок.

Ув'язка гідравлічного режиму роботи теплової мережі з роботою місцевих систем опалення і гарячого водопостачання будівель різної поверховості вимагає детального дослідження гідравлічного режиму в місцевих системах опалення, вентиляції і гарячого водопостачання з метою підбору обладнання для кожного циркуляційного контуру в ІТП.

Список літератури

1. Братенков В.Н. Теплоснабжение малых населенных пунктов/ - М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.
2. Рекомендации по инженерному оборудованию сельских населенных пунктов. Часть 4 Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1984. – 111с.
3. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. - М.: Энергоиздат, 1981. – 320с.
4. Чугунов М.А. Однотрубные системы теплоснабжения сельских населенных мест // Водоснабжение и санитарная техника. – 1982. - № 6. – с. 15-16
5. Монах С.И., Олексюк А.А., Шакура С.Н. Классификация современных систем теплоснабжения. – Вісник ДНАБА, 2005, № 2005 – 2 (50). – с.158-164.
6. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. – М.: Энергия, 1970. с. 568
7. Олексюк А.А. Энергоресурсосберегающие технологии для систем теплоснабжения. – Макеевка, ДонНАСА, 2005. – 204 с.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ЦИЛІНДРИЧНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ З ЕЛАСТИЧНОЮ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧОЮ СТІНКОЮ

В системах утилізації теплоти витяжного вентиляційного повітря, гарячих газів можуть бути використані теплообмінники з еластичною поверхнею теплопередачі в каналах некруглого поперечного перерізу. Особливо ефективною є інтенсифікація теплообміну шляхом використання закручених турбулентних потоків повітря або потоків із зміною напрямку руху з поворотами. В теплообмінниках такої конструкції більш інтенсивно відбувається теплообмін [1], що важливо при утилізації теплоти низькопотенційних джерел енергії, наприклад, в системах вентиляції громадських чи промислових будівель.

Закручені потоки застосовуються у вихрових пальниках, циклонних камерах згоряння, установках для сушіння матеріалів [9,10]. Кафедрою теплогазопостачання і вентиляції КНУБА запропоновано теплообмінник циклонного типу з еластичною теплопередаючою стінкою для застосування його в системах припливно-витяжної вентиляції громадських будівель. Тепле витяжне повітря подається в теплообмінник (рис.1) через тангенціальний патрубок і рухається в його кільцевому каналі за спіральним напрямком вздовж еластичної теплопередаючої поверхні, охолоджується, віддаючи теплоту припливному повітрю, і видаляється з теплообмінника через інший патрубок. Холодне припливне повітря рухається в коаксіальному кільцевому каналі також за спіральним напрямком вздовж тієї ж теплопередаючої стінки і нагрівається. Взаємний напрямок руху витяжного та припливного повітря в каналах теплообмінника може бути як прямоструминним так і протиструминним.

Найбільш повно вивчена теплопередача при русі рідини чи газів в каналах круглого перерізу. Теорія руху газового потоку базується на двох основних рівняннях гідродинаміки: рівнянні нерозривності руху та динамічному рівнянні руху нестискуваної рідини (рівняння Нав'є-Стокса).

Рівняння нерозривності потоку:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho_x v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_y v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_z v_z)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Це математичний вираз закону збереження енергії, у відповідності з яким зміна маси деякого елементарного об'єму газів компенсується відповідною зміною його густини $(\frac{\partial \rho}{\partial \tau})$. Для розглянутого встановленого руху $\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = 0$ і рівняння (1) спрощується.

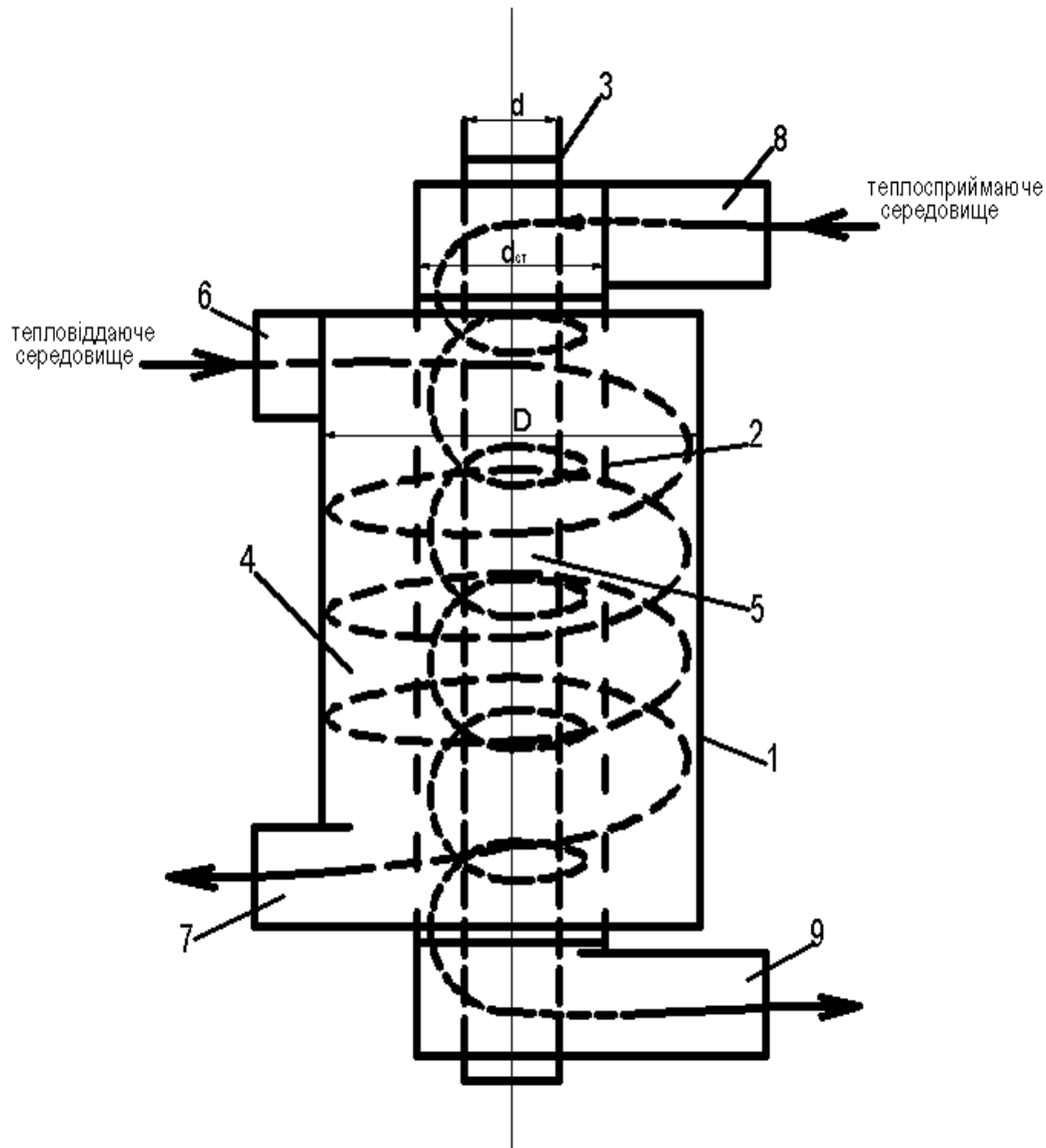


Рис. 1 Схема циліндричного теплообмінника з еластичною теплопередаючою стінкою:

1 – циліндричний корпус; 2 – еластична теплопередаюча стінка;
 3 – направляючий циліндр; 4 – кільцевий канал для руху теплопередаючого середовища; 5 – кільцевий канал для руху теплосприймаючого середовища; 6, 7 – тангенціальні патрубки для подачі та відведення витяжного повітря; 8, 9 – тангенціальні патрубки для подачі та відведення припливного повітря.

Друге основне рівняння гідродинаміки, рівняння Нав'є-Стокса, визначає систему сил, які діють в потоці газу та в напрямку осей координат, і записується в такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p_x}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) &= \rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) \\ -\frac{\partial p_y}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) &= \rho \left(\frac{\partial v_y}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) \\ -\rho g - \frac{\partial p_z}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) &= \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де p – тиск в даній точці потоку.

Рівняння (2) враховує дію чотирьох сил: тяжіння, тиску, внутрішнього тертя (в'язкості) та інерції. Сила тяжіння (ρg) являє собою зовнішній фактор, а решта сил – результат дії середовища (газового потоку) на умовно виділений елементарний об'єм.

Диференційні рівняння (1) і (2) характеризують внутрішній механізм руху, встановлюють взаємозв'язок між фізичними умовами руху та змінами цих умов. Розв'язати систему рівнянь (1) і (2) відносно невідомих v та p в загальному вигляді досить складно. Найважливіші результати практичних задач гідроаеродинаміки одержані завдяки застосуванню методів теорії подібності [2,3]. Функціональні зв'язки між критеріями встановлюються шляхом експериментальних досліджень. Найважливішою характеристикою руху газового потоку є критерій Рейнольдса Re .

При вимушеному русі повітря в прямолінійному круглому каналі за умови що, дія сили тяжіння практично не враховується, коефіцієнт теплообміну визначається із відомого критеріального рівняння:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (3)$$

Розрахунок теплопередачі в каналах некруглого перерізу полягає в застосуванні формули (3) з заміною поперечного розміру такого каналу іншим каналом круглого поперечного перерізу еквівалентним діаметром $d_{екв} = \frac{4f}{p}$, де f – площа поперечного перерізу некруглого каналу; p – змочений периметр цього каналу. Точні границі застосування такого методу розрахунку недостатньо вивчені, але розрахунки в більшості випадків підтверджуються експериментальними дослідженнями. Це пояснюється близьким характером розподілу швидкості потоку в каналах однакового еквівалентного діаметра.

Вивчення розподілу швидкості в потоці рідини чи газу в каналі будь-якого поперечного перерізу починається з аналізу рівняння руху у формі Нав'є-Стокса, яке після спрощуючих допущень приймає вигляд:

$$\mu\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2}\right) = \frac{\partial p}{\partial z} \quad (4)$$

В рівнянні (4) вісь z співпадає з віссю каналу, а тиск в потоці змінюється вздовж каналу за лінійним законом, тобто $-\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\Delta p}{l}$.

Тоді

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p}{\mu l} \quad (5)$$

В циліндричних координатах рівняння руху в круглому каналі радіусом R має форму:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dv}{dr} \right) = -\frac{\Delta p}{\mu l} \quad (6)$$

де $0 \leq r \leq R$.

Після подвійного інтегрування рівняння (6) з граничними умовами $|v(r)|_{r=R} = 0$, $\left(\frac{dv}{dr}\right)_{r=0} = 0$ маємо:

$$v(r) = \frac{\Delta p}{4\mu l} (R^2 - r^2) \quad (7)$$

В роботі [4] П.В. Цой показав, що рівняння (7) в умовах прямолінійного руху потоку в кільцевому каналі (рис. 2), тобто між двома коаксіальними циліндрами ($R \leq r \leq R_1$) за умови налипання рідини (газу) на поверхнях каналу ($v(R)=0$, $v(R_1)=0$) приймає вигляд:

$$v = \frac{\Delta p R^2}{4\mu l} \left[(m^2 - 1) \frac{\ln n}{\ln m} - (n^2 - 1) \right] \quad (8)$$

де $m = \frac{R}{R_1}$; $n = \frac{r}{R_1}$.

При прямолінійному ламінарному русі рідини в кільцевому каналі швидкість потоку розподіляється за параболічним законом [4, 5]. Із збільшенням відношення $m = \frac{R}{R_1}$ максимальна швидкість знаходиться ближче до внутрішньої стінки каналу, а при значеннях $1 \leq m \leq 10$ вона знаходиться практично в середині каналу і дорівнює $1,5v_{\text{сер}}$ (рис. 3).

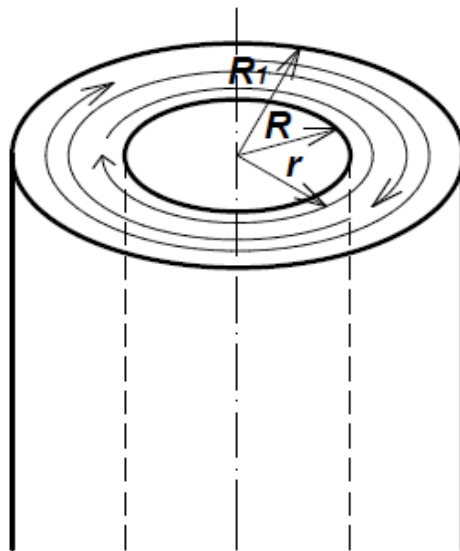


Рис. 2 Циліндричний кільцевий канал

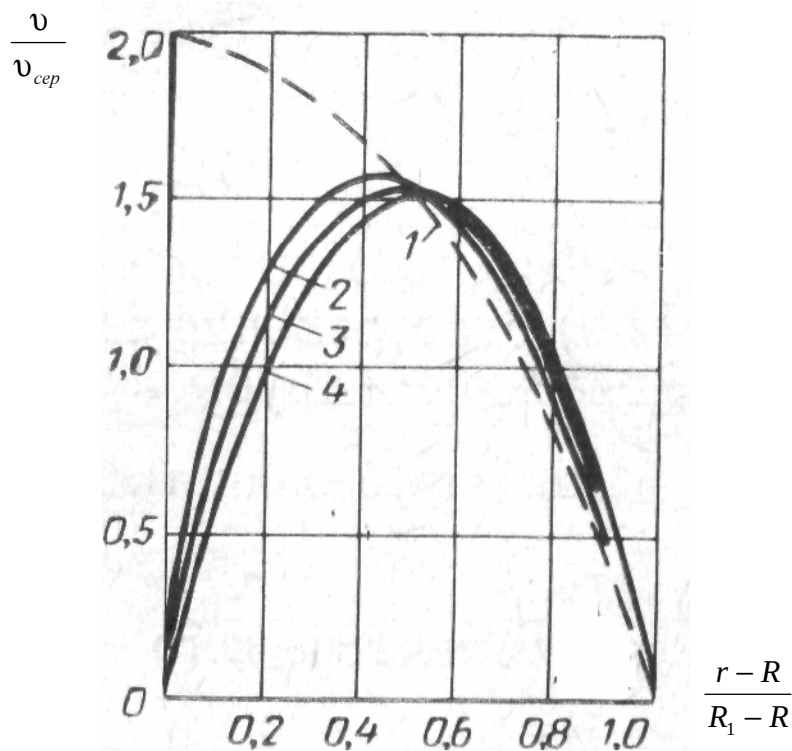


Рис. 3 Профіль швидкості в кільцевому каналі; 1 – $m=0$; 2 – $m=0,2$; 3 – $m=0,3$; 4 – $m=10$.

Труднощі, що виникають при вивченні теплообміну в каналах некруглого поперечного перерізу, пов'язані із складністю аналітичних формул полів швидкостей. Рівняння поля швидкості (4) в таких каналах в більшості випадках вирішується наближеним методом.

Застосування закручених високотурбулентних потоків теплоносіїв є одним з перспективних шляхів інтенсифікації процесів теплообміну та теплопередачі. Закручування потоку вздовж криволінійної поверхні

створює нерівномірні радіальні поля швидкостей і тисків, що сприяє інтенсивному турбулентному перемішуванню середовища. Високий рівень тангенціальних швидкостей та турбулентності сприяє інтенсифікації конвективного теплообміну на поверхні теплопередачі теплообмінника циклонного типу, якою є його зовнішня поверхня.

Н.А. Козулін [6] запропонував застосування циклонних апаратів для організації тепломасообмінних процесів спільно з процесами вловлювання пилу і твердих частинок на підприємствах лакофарбової промисловості. Для розрахунку середнього по боковій поверхні циклона коефіцієнта тепловіддачі рекомендоване [7] критеріальне рівняння:

$$Nu = 0,033 Re_{ex}^{0,8} \left(\frac{F_{гл}}{F_{ор}} \right)^{0,6} \quad (9)$$

де $F_{гл}$ – площа гладкої поверхні; $F_{ор}$ – площа оребреної поверхні;
 $Re_{ex} = (2...5,5) \cdot 10^4$.

Інтенсифікація тепловіддачі досягається оребренням викидної труби циклона. Аналогічні дослідження виконані [8] на моделях циклону типу ЦП-11 діаметром 204 мм з швидкостями повітря на вході 20...40 м/с. За результатами досліджень [8] одержане критеріальне рівняння в діапазоні чисел Рейнольдса $7 \cdot 10^4 \leq Re_{ex} \leq 3 \cdot 10^5$; $t_{ex} = 100...200$ °С.

$$Nu = 0,028 Re_{ex} \quad (10)$$

Вплив запиленості повітря на тепловіддачу при концентрації пилу до $\mu \leq 0,005$ кг/кг незначний, що співпадає з висновками [7].

В роботі [10] показано, що формування примежового шару вздовж циклонної камери визначається в першу чергу геометричними характеристиками вхідного каналу $h_{вх}$ $F_{вх}$. Товщина примежового шару мала порівняно з діаметром циклона (характерного лінійного розміру), а тому автори вважають, що впливом кривизни цього шару на тепловіддачу можна знехтувати і приймати його як плоский.

Аналіз опублікованих експериментальних та аналітичних даних показав, що результати досліджень конвективного теплообміну на бокових поверхнях циклонних апаратів можна представити загальною кореляційною залежністю

$$Nu = AD_k^m Re^n \left(\frac{h}{D_k} \right)^c \quad (11)$$

де D_k , h – діаметр та висота циклонної камери, m, n, c – постійні числа.

В інженерній практиці переважно зустрічаються великі числа Рейнольдса, у всякому разі такі, при яких створюється турбулентний режим руху і при яких сили інерції, що з'являються в газовому потоці, домінують над силами в'язкості. Значення сил інерції зростає при обтіканні перешкод, а тому закон опору при такому русі наближається до квадратичного.

В турбулентному режимі окремі частинки газу можуть перемішуватись в будь-якому напрямку, в тому числі в напрямку стінки. В умовах турбулентного руху газового потоку справедлива залежність

$$\zeta = A \text{Re}^{-n} \quad (12)$$

де ζ – коефіцієнт гідравлічного опору; A, n – постійні числа.

Із збільшенням впливу інерційних сил показник ступеня Re зменшується [3,5] причому, чим інтенсивніша турбулентність потоку, тим менша величина n . Для турбулентного руху в трубах, наприклад, при $\text{Re} = 10^4 \dots 10^5$ $n = 0,25$;

при $10^5 \leq \text{Re} < 10^6$ $n = 0,21$.

Результати досліджень тертя та тепловіддачі вздовж бокової поверхні циклонних камер з врахуванням температурного фактора

$\psi = \left(\frac{t_{\text{хол}}}{t_{\text{зар}}} \right)$, швидкості циркуляції Γ та шорсткості стінок $k_{\text{ш}}$ наведені на

рис 4. Дослідні точки досить точно відповідають рівнянням подібності [11].

$$\text{Nu} = 0,0109 k_r^{-1,8} \text{Re}^{0,9} \psi^{-0,4} k_{\text{ш}}^{2/3} \quad (13)$$

$$\zeta = 0,009 k_r^{-3,6}$$

де k_r – коефіцієнт швидкості циркуляції $k_r = \frac{1}{r_{\text{max}}}$, r_{max} – максимальна швидкість циркуляції потоку.

$\lg \frac{\text{Nu}}{\text{Re}^{0,9} \psi^{-0,4} k_{\text{ш}}^{2/3}}; \lg \zeta_{\phi}$

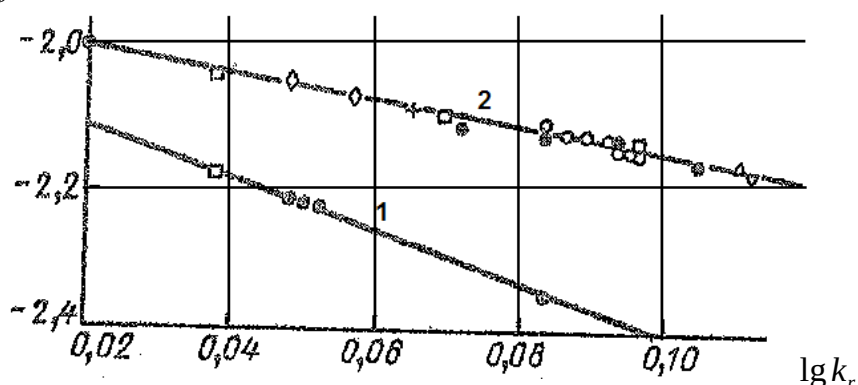


Рис. 4 Узагальнення експериментальних даних тепловіддачі (1) та тертя (2) на боковій поверхні циклонних камер [10, 11].

Більш просту формулу теплообміну одержали автори [10].

$$\text{Nu} = 0,015 k_r^{-1,8} \text{Re}^{0,875} \psi^{-0,4} \quad (14)$$

Співставлення одержаних критеріальних рівнянь з дослідними даними наведено на рис 5.

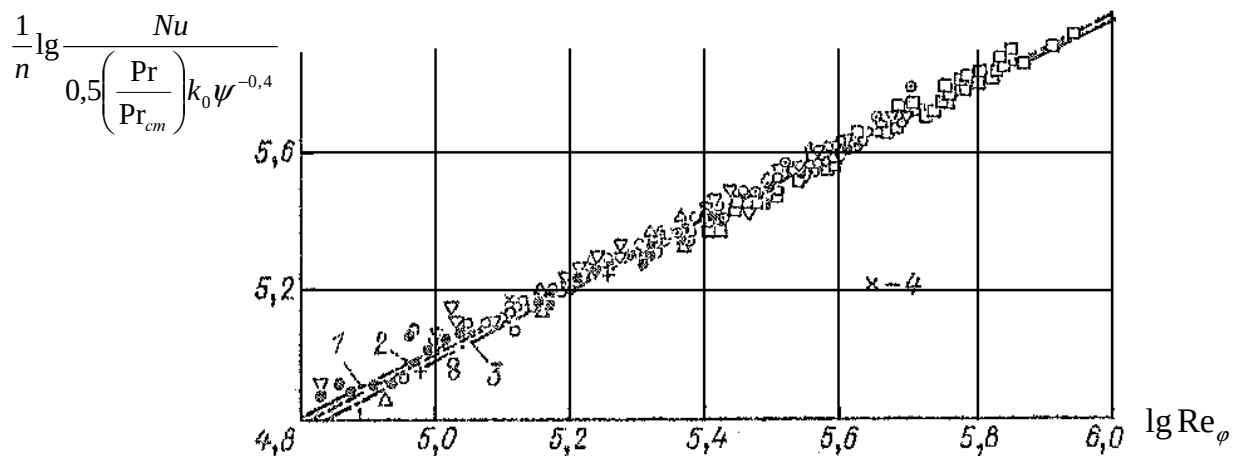


Рис. 5 Співставлення критеріальних залежностей з дослідними даними [10, 11] середньої тепловіддачі на боковій поверхні циклонної камери.

Розподіл та середня швидкість потоку в каналі визначають інтенсивність теплообміну. Середній коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній стінці при турбулентному русі рідини (газу) в кільцевому каналі за даними [3] визначається рівнянням:

$$Nu = 0,017 Re^{0,8} Pr^{0,4} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \left(\frac{d_1}{d} \right)^{0,18} \quad (15)$$

Для повітря ($Pr=0,71$) за умови $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \approx 1$ рівняння (15) спрощується

$$Nu = 0,015 Re^{0,8} \left(\frac{d_1}{d} \right)^{0,18} \quad (16)$$

Визначаючим розміром в формулах (15) і (16) є еквівалентний діаметр $d_{екв}=d_1-d$, а визначаючою температурою середня температура газу в каналі. Особливості теплообміну в кільцевому каналі враховані множителем $\left(\frac{d_1}{d} \right)^{0,18}$. Співставлення експериментальних даних з розрахованими за формулою (16) показано на рис. 6. Формула дає хороші результати при $\frac{l}{d} = 50 \dots 460$, $\frac{d_1}{d} = 1,2 \dots 1,4$.

Рух повітря вздовж еластичної поверхні ускладнюється зворотними токами та пульсуючими течіями, які в рівній мірі впливають на гідродинаміку та теплообмін. При русі повітря в зігнутому каналі, обмеженому еластичними стінками, в одержану критеріальну формулу (16) пропонується [12] вводити коефіцієнт ε_R .

При спіральному русі повітря в кільцевому каналі виникають сили, направлені перпендикулярно течії, що може призвести до утворення вихрового руху, який супроводжує потоки рідин та газів в реальних умовах. Закручення потоку та утворення вихрових кілець зменшує товщину, а місцями руйнує примежовий шар [5], який є свого роду прошарком між потоком рідини та поверхнею розділяючої стінки. Такі явища в результаті суттєво впливають на інтенсивність теплообміну, тому потребують додаткового вивчення та експериментальних досліджень.

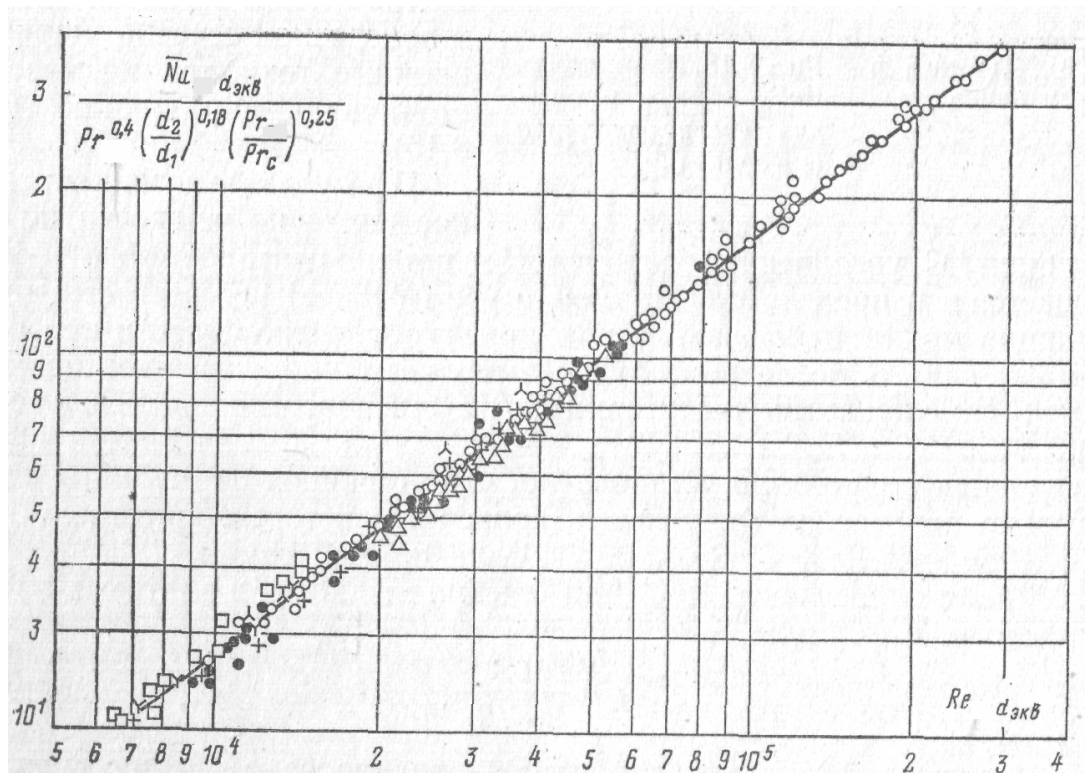


Рис. 6 Теплопередача при прямолінійному турбулентному русі в кільцевому каналі.

Гідродинаміка та теплообмін при спіральному турбулентному русі повітря (газів) в кільцевому каналі вздовж еластичної теплопередаючої стінки вивчені недостатньо. Тому формули (15) або (16) можна застосувати з поправковим множником $\epsilon_{\text{ц}}$, який би враховував особливості теплообміну в умовах повторної циркуляції та спірального напрямку руху вздовж еластичної циліндричної поверхні.

Список літератури

1. Степанов М.В., Дідик Л.В., Берегова П.Г. Дослідження теплообміну між повітрям та еластичною поверхнею // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, Вип. 11 – К.: КНУБА, 2007 – с. 67...71.
2. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепломассообмена. – М.: Высшая школа, 1967 – 304с.

3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Учебник для вузов – М.: Энергоиздат, 1981 – 416 с.
4. Цой П.В. Методы расчета отдельных задач тепломассопереноса – М.: Энергия, 1971 – 384 с.
5. Идельчик И.Е. Гидравлические сопротивления. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1954 – 316с.
6. Козулин Н.А., Горловский И.А. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности. – Л.: Госэнергоиздат, 1959.
7. Козулин Н.А., Ершов А.И. Исследование теплообмена в циклонном аппарате с различным исполнением теплопередающих поверхностей // Изв. Вузов. Энергетика, 1961, №6.
8. Долгов В.Н., Баскалов А.П., Голдобин Ю.М. Исследование конвективного теплообмена стенок пылеулавливающего циклона // ИФЖ, 1981, т. 41, №4.
9. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике – М.: Госэнергоиздат, 1969.
10. Сабуров Э.Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах. – Л.: ГЭИ, 1982.
11. Тонконогий А.В., Вышенский В.В. Исследование конвективного теплообмена на моделях циклонных камер // Проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики. Вып. 1, Алма-Ата, 1964.
12. Степанов М.В., Росковшенко Ю.К., Дідик Л.В. Теплопередача та гідравлічний опір теплообмінника з еластичною стінкою // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, Вип. 13 – К.: КНУБА, 2009 – с. 29...34.

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТИРСИ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ ДЕРЕВООБРОБНОГО КОМБІНАТУ

Останнім часом в багатьох випадках доцільно використовувати для котелень різні види альтернативного пального. Особливо це ефективно у випадках, коли для виробничих котелень використовують відходи виробництва, яке обслуговує дана котельня. В цій статті на підставі розрахунків і порівнянь складових витрат на реконструкцію виробничої парової котельні показана доцільність використання тирси, яка є відходами деревообробного виробництва. Розглянуто варіанти реконструкції котельні для виробництва насиченої пари підприємства деревообробної промисловості при застосуванні таких традиційних видів палива як природний газ та дизельне пальне.

При розрахунках економічної доцільності використання різних видів палива нами взято до уваги наступні кількісні та якісні показники роботи котельні:

- річне виробництво теплоти (пари);
- річний корисний відпуск теплоти (пари);
- витрати палива протягом року;
- річна витрата умовного палива;
- річна витрата електроенергії;
- ККД брутто котельної установки;
- ККД нетто котельної установки;
- середнє навантаження котельних агрегатів;
- собівартість виробництва теплоти (пари);
- коефіцієнт використання встановленої потужності котельні;
- кількість годин використання встановленої потужності котельні;
- питома витрата натурального палива на виробництво одиниці теплоти;
- питома витрата умовного палива на виробництво одиниці теплоти;
- питома витрата електроенергії на виробництво одиниці теплоти;

Вищенаведені показники визначались за методиками, що наведені в [1].

Розглянуто такі конструкції котельні:

1. котельня на основі біомасового котла VSD-4000 (Ратішковиці, Чехія), що працює на подрібнених відходах деревообробної промисловості (тирса);

2. котельня на основі газомазутного котла TNS 40-P (Ратішковиці, Чехія), основне паливо - природний газ;

3. котельня на основі газомазутного котла TNS 40-P (Ратішковиці, Чехія), основне паливо - дизельне пальне.

Розрахунки проводились в порівнянні за капітальними та експлуатаційними витратами. В таблиці 1 подано зведені результати розрахунків витрат на реконструкцію котелень за трьома варіантами.

Таблиця 1

Результати розрахунків витрат на реконструкцію котелень

№	Найменування витрат та робіт	Витрати за варіантами, тис. грн.		
		Котельня на природному газі	Котельня на дизельному паливі	Котельня на відходах деревини
1	2	3	4	5
Будівельно-монтажні роботи				
1.	Загальнобудівельні роботи по реконструкції будівлі котельної	110,985	110,985	123,276
2.	Роботи по котлоагрегату та рухомій підлозі (фундаменти)	18,132	18,132	20,147
3.	Теплоізоляція устаткування і трубопроводів	19,227	19,227	27,235
4.	Роботи по газоходам	10,703	10,703	11,892
Основне обладнання котельного цеху				
5	Котел автоматизований з обмурівкою, ізоляцією та вентиляторами	1734,370	1734,370	3042,874
6	Обладнання системи паливopодачі та димовидалення (в т.ч. рухома підлога, золовловлювач, димосос)	75,111	244,930	1021,369
7	Загальнокотельне допоміжне обладнання (деаератор, ХВП, бак конденсатний, насоси)	1594,274	1594,274	1594,274
8	Електрообладнання, автоматика та КВП допоміжного обладнання котельної	73,465	73,465	73,465
9	Димова труба (фундамент, виготовлення та монтаж)	95,165	95,165	95,165
10	Внутрішні санітарно-технічні мережі	54,672	54,672	54,672
11	Проектно-вишукувальні роботи та погодження	112,400	118,680	180,200
	РАЗОМ	3898,504	4074,603	6171,104

Аналіз витрат по статтях на реконструкцію котельні за трьома варіантами показує перевищення майже в 1,5 рази витрат на реконструкцію котельні на відходах деревини в порівнянні з іншими варіантами. Головним чином це стосується витрат на основне котельне обладнання (поз.5,6) та незначних витрат на будівельно-монтажні роботи. Загалом перевищення складає більше 50%.

Іншу картину показують розрахунки експлуатаційних витрат по основних статтях, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків експлуатаційних витрат по основних статтях

Витрати по основних статтях, тис. грн. за рік	Котельня на природно му газі	Котельня на дизельном у паливі	Котельня на відходах деревини
1. Витрати на паливо	4 271,965	10 350,637	0
2. Витрати на електроенергію	113,789	129,538	177,067
3. Витрати на воду	517,914	517,914	517,914
5. Витрати на заробітну плату (без відрахувань до фондів соціального страхування)	157,234	171,528	185,821
5. Відрахування до фондів соціального страхування	60,566	66,072	71,579
6. Витрати на амортизацію	364,797	371,464	595,434
7. Витрати на поточний ремонт	72,960	74,293	119,087
9. Загальнокотельні та інші витрати	148,155	154,321	225,086
10. Разом без ПДВ та відрахувань	5 646,814	11 769,695	1 820,409
11. ПДВ	1 129,363	2 353,939	364,082
Разом	6 836,743	14 189,706	2 256,070

Як бачимо, найбільші експлуатаційні витрати припадають на котельню, що працює на дизельному пальному, а експлуатаційні витрати при використанні в якості пального тирси майже в шість разів менше за витрати котельні на дизельному пальному та більше, ніж вдвічі менше газової котельні.

Розрахунки і порівняння собівартості одиниці виробленої енергії для всіх варіантів показали наступне. Для котельні на газі собівартість виробництва 1 ГДж теплової енергії (пари) становить 96,95 грн., для котельні на дизельному пальному - 201,22 грн., а для котельні на тирсі - 31,99 грн. Вочевидь переваги котельні на тирсі. А з урахуванням нормативного терміну окупності котельні (6,7 років) приведені витрати відповідно по варіантах склали:

- для котельні на газі - 49 704,682 тис. грн.;
- для котельні на дизельному пальному - 99 145,633 тис. грн.;
- для котельні на тирсі - 21 286,773 тис. грн.

За отриманими даними можна зробити висновок, що серед всіх варіантів реконструкції доцільними для порівняння можуть бути лише два: перехід на альтернативне паливо – тирсу та використання природного газу (варіант з використанням дизпалива у порівнянні з природним газом є свідомо недоцільним, адже капітальні витрати є меншими на 176,099 тис. грн., а експлуатаційні – менше на 7 352,963 тис. грн./рік). Тоді маємо такі варіанти вибору інвестиційного проекту:

- 1 варіант – вкласти 3898,504 тисяч грн. в реконструкцію і отримати котельню, що працює на природному газі і її експлуатація буде обходитись в 6836,743 тисяч грн. щорічно;
- 2 варіант – вкласти 6171,104 тисяч грн. та отримати котельню, що спалюватиме відходи виробництва при річних експлуатаційних витратах втричі менше – 2256,070 тисяч грн.

За даних обставин доцільно визначити термін окупності капіталовкладень по другому варіанту інвестицій, який склав

$$T_{\text{окупн}} = \frac{(K_2 - K_1) \times (1 + I_{\text{інф}})}{E_1 - E_2} = \frac{(6171104 - 3898504) \times (1 + 0,103)}{6836743 - 2256070} = 0,5 \text{ роки}$$

де: K_1 , K_2 – капіталовкладення в реконструкцію котельні, що працює, відповідно, на природному газі та на тирсі;

E_1 , E_2 – річні експлуатаційні витрати відповідно для котельні, яка спалює природний газ і тирсу;

$I_{\text{інф}}$ – індекс інфляції цін виробників промислової продукції в квітні 2010р., який становив 10,3%.

Як бачимо, доцільно інвестувати кошти по другому варіанту.

Список літератури

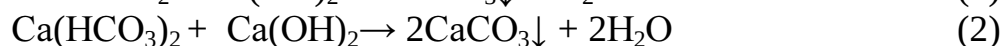
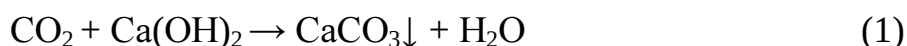
1. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів енергозбереження.

МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Для підготовки води, яка б відповідала нормативним вимогам та конструктивним особливостям теплообмінного обладнання, існує декілька технологій. Традиційні методи мають за мету її пом'якшення шляхом видалення із підживлюючої води іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , від вмісту карбонатів яких залежить жорсткість води. Вибір методу обумовлюється якістю вихідної води, необхідною нормованою глибиною пом'якшення та техніко-економічними міркуваннями.

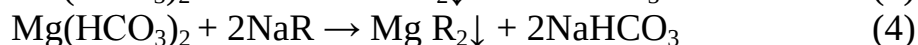
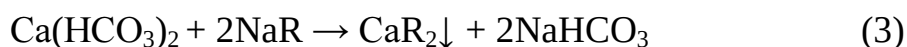
Термічну водопідготовку або термічне пом'якшення проводять у котлах-випаровувачах. Суть процесу полягає у нагріванні до кипіння вихідної води і подальшій її конденсації. В результаті утворюється вода нового складу з набагато меншою кількістю солей. Термічний метод використовується надзвичайно рідко, адже його застосування пов'язане з додатковими великими енергетичними витратами на нагрівання.

Для попередньої обробки води рекомендується застосування методів осадження, до яких відноситься вапнування, вапно-содовий, содо-натрієвий, барієвий, оксалатний, а також метод фосфатування для допом'якшення води [1]. Методи засновані на зв'язуванні катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} іонами CO_3^{2-} та OH^- з утворенням важкорозчинних солей CaCO_3 та $\text{Mg}(\text{OH})_2$, які випадають у осад і вилучаються з води.



Спільними недоліками всіх реагентних методів є потреба у постійному введенні реагентів чітко визначеної концентрації, наявності дозувальної апаратури, відстійників, фільтрів, високій вартості реагентів.

Іонообмінне фільтрування завдяки відносній дешевизні та простоті на сьогодні є найбільш розповсюдженим нормативним методом хімічної обробки води для теплообмінного обладнання. Метод реалізується шляхом фільтрації води через фільтр, який завантажений іонообмінним матеріалом, внаслідок чого відбувається заміщення катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} на Na^+ та H^+ .



Для регенерації властивостей іоніту в залежності від виду катіонування використовують технічну сіль або хлорну кислоту [1].

Недоліком є те, що іонообмінні матеріали з часом спрацьовуються і їх необхідно замінювати. Автоматизація іонообмінних установок приводить до збільшення капітальних та експлуатаційних витрат, але сьогодні це головний напрямок підвищення ефективності іонообмінних систем. Натрій-катіонування – найбільш поширений із всіх іонообмінних методів підготовки води, однак при його використанні утворюються високомінералізовані стічні води, а способи їх очищення складні та дорогі.

Традиційні методи водопідготовки функціонують у більшості систем теплопостачання, проте їх експлуатація не забезпечує надійного протинакипного режиму теплообмінного обладнання, про що свідчить стан вітчизняних теплових мереж.

Для стабілізаційної обробки у реагентній водопідготовці застосовуються метод обробки комплексонами та фосфонатами. Згідно рекомендацій [2] комплексонатний метод рекомендовано проводити замість традиційного способу натрій-катіонування. Протинакипний ефект досягається шляхом адсорбування комплексонів-стабілізаторів на активних центрах утворення кристалів важкорозчинних солей Ca^{2+} і Mg^{2+} , що тим самим перешкоджає подальшому росту та агрегації кристалів. Технологічно спосіб реалізується пропорційним дозуванням реагентів у підживлюючу воду. Існує ряд обмежень для застосування методу по таким показникам води, як вихідні жорсткість, рН, вміст заліза, а також по температурі, яка не повинна перевищувати 130°C . Метод не виключає необхідності деаерації підживлюючої води котельні. Дозування реагентів повинно бути точно пропорційним, а система повинна бути обладнана грязьовиками, які слід своєчасно випорожнювати та чистити.

Електрохімічні методи використовують при дефіциті виробничих площ, складності або неможливості доставки реагентів чи інших випадках відмови від класичних методів корегування водного режиму. Дія методів базується на явищі електролізу, у процесі якого відбувається осадження солей CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ та MgCO_3 на поверхнях електродів під дією постійного електричного струму, а гріюча поверхня залишається чистою. В результаті електрохімічної реакції на катоді виділяється водень, а на аноді – кисень і хлор. Перевагою методу є відсутність реагентів, однак його застосування вимагає великих витрат електричної енергії, ретельного дотримання правил техніки безпеки та ПУЕ. З метою попередження утворення на аноді оксидної плівки його поверхня повинна бути виготовлена з матеріалів, які зберігають стабільність при подальшому окисленні. Основний недолік таких матеріалів – висока вартість та короткий ресурс – заростання та зношування електродів в

процесі електролізу [3]. На сьогодні електрохімічний метод не має нормативних рекомендацій по використанню.

Останнім часом популярності набули баромембранні технології, які базуються на явищі осмосу – процесі перетікання розчину через напівпроникну мембрану, яка розділяє його на 2 розчини різної концентрації. На теплоенергетичних об'єктах найбільше застосовується зворотній осмос та ультрафільтрація. Напівпроникні мембрани є дуже чутливими до відкладень малорозчинних солей, мікрочастинок та мікроорганізмів, тому для збільшення терміну експлуатації рекомендується використовувати їх як останню ступінь очистки [3]. З метою попередження забруднення і заростання необхідно промивати мембранні полотна розчинами активних реагентів, підкислювати підживлюючу воду, вносити інгібітори кристалізації солей. Технологічно регенерація мембран пов'язана з утворенням додаткових стічних вод. При застосуванні мембранних технологій досягається висока ступінь очистки води, та їх недоліком на сьогодні лишається висока вартість. Метод поки що дуже дорогий і використовується там, де водопідготовка суміщена – для технологічних процесів в першу чергу і разом для підживлення котлів.

Як експериментальний метод можна виділити ультразвукову обробку води. Протинакипний ефект полягає у активуючій дії ультразвуку на кристали солей жорсткості. Під дією частотних коливань змінюється структура кристалів з утворенням арагонітової форми CaCO_3 , які залишаються у товщі води, а нагріваюча поверхня залишається чистою [1]. Експлуатація ультразвукових пристроїв підтвердила їх антинакипну здатність, однак теоретично і експериментально доведена і їх руйнівна дія на металеві та інші тверді поверхні. Вона полягає у появі свищів на конвективних та екранних трубах котлів, саме в зоні встановлення випромінювачів. Таким чином, цей метод потребує додаткового вивчення.

У закритих системах теплопостачання від центральних та індивідуальних теплових пунктів, а також окремих мереж гарячого водопостачання котелень використовують силікатну обробку як антикорозійний та протинакипний метод обробки внутрішніх поверхонь трубопроводів. Технологія полягає у додаванні у вихідну воду розчину рідкого скла, завдяки чому утворюється захисна феросилікатна плівка на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Плівка формується після безперервного дозування на протязі 3 місяців. Після припинення дозування стійкість плівки зберігається не більше дванадцяти діб. Використання методу має ряд технологічних та санітарно-

епідеміологічних обмежень, а проведення робіт з рідким склом становить підвищену небезпеку для здоров'я персоналу [2].

Дія метод у магнітної обробки води зводиться до попередження утворення твердих мінералізованих відкладень на теплообмінних поверхнях шляхом впливу магнітного поля на процес кристалізації солей, внаслідок чого у товщі води утворюється крихкий осад у вигляді шламу. В залежності від джерела магнітного поля розрізняють магнітну та електромагнітну обробку. Незважаючи на різноманіття публікацій, теорія механізму дії магнітного поля на воду і водні системи ще й досі знаходиться на гіпотетичному рівні розуміння, єдиної чіткої, науково обгрунтованої теорії немає [4]. Результати застосування технології на практиці досить часто суперечливі і маловідтворювані, завдяки чому визнання та широке застосування метод на даний час не знайшов.

Поверхнево-активні речовини (ПАР), які належать до класу плівкоутворюючих амінів, в теплоенергетиці донедавна були відомі як високоефективні інгібітори корозійних процесів [5]. Недавні дослідження показали, що внесення у мережну та живильну воду добавок ПАР сприяє зменшенню гідравлічного опору трубопроводів, зниженню навантаження на мережні насоси та зменшенню накипоутворення. Це зовсім нова технологія водопідготовки, вона потребує детального вивчення і розробки рекомендацій по застосуванню на об'єктах теплоенергетики.

На кафедрі теплотехніки КНУБА були проведені дослідження нового протинакипного розчину, який відноситься до класу ПАР. Досліджувалися вирізки з конвективної частини водогрійних котлів КВГ-8 та ПТВМ-30, які були забиті накипними відкладеннями і через неможливість промивання, замінені. Результати експериментів показали, що 8-10% протинакипний розчин за короткий термін здатний очищати поверхні нагріву від чистого накипу. У експериментах з відмивання відкладень (накип з включеннями дрібної окалини, каміння, іржі) розчин виявився менш дієвим, однак підвищення температури до 120 °С та тиску розчину до 0,05 МПа і вище, зробило експеримент вдалим. Подальші дослідження проводилися в реальних умовах на діючих котлах ТВГ-8 та КВГ-6,5, підпорядкованих філіалу Житлокомуненерго АК Київенерго. Перепад тиску на котлах на початок експерименту складав 0,7 МПа та 0,5 МПа відповідно. В результаті експериментальної промивки 10% та 2% розчином у поєднанні з барботажем, перепад тиску на котлах склав 0,4 МПа та 0,25 МПа, тобто приблизно 50% від початкового значення. Огляд котлів показав, що у конвективних частинах накип відмити вдалося тільки частково, тоді як

трубна частина топок котлів очистилася і вкрилася захисною плівкою, про що свідчать заміри перепаду тиску через 3 місяці [6].

Таким чином, подальше застосування ПАР-технології вимагає розв'язання проблеми видалення щільних відкладень на ділянках інтенсивного теплообміну. Безпечним доповненням методу може стати магнітна обробка води.

Список літератури

1. Кострыкин Ю.М., Мещерский Н.А. Водоподготовительный и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 254 с.

2. Р 204 України 002-96. Збірник керівних документів по захисту від корозії систем теплопостачання та гарячого водопостачання. – К.: УкрНДІнжпроект, 1999.- 240 с.

3. Беликов С.Е. Водоподготовка. Справочник. М.: Аква-Терм, 2007 р.- 240с.

4. Классен В.И. Вода и магнит. М.: Наука, 1973. -111 с.

5. Филлипов Г.А., Салтанов Г.А. Гидродинамика и тепломассообмен в присутствии ПАВ. - М.: Энергоатомиздат, 1988. -184с.

6. Цикал К.О. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин на накип та відкладення у системах централізованого теплопостачання.// Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів. Екологічні проблеми природокористування та ефективне енергозбереження. К.: 2010р. – С.39-40.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Газорозподільні системи населених пунктів – це достатньо складні інженерні споруди, до складу яких входять газопроводи різних тисків і призначень, газорегуляторні пункти і установки, засоби захисту від електрохімічної корозії, запірно-регулювальна арматура та контрольно-вимірювальні прилади тощо.

Проектування і будівництво систем газопостачання як населених пунктів загалом, так і окремих об'єктів зокрема виконується у відповідності з вимогами нормативних документів та чинного законодавства України з вказаних питань [1, 2]. В їх основу покладено рекомендації відомих спеціалістів з газопостачання Д.Б.Баясанова, Є.І.Берхмана, О.І.Гордюхіна, О.О.Іоніна, В.О.Смірнова, Я.М.Торчинського та ряду інших [3...6]. Ними вирішено завдання щодо:

1) вибору оптимальної кількості джерел газопостачання – газорозподільних станцій (ГРС), газорегуляторних пунктів (ГРП) і установок (ГРУ);

2) вибору оптимальних схем підключення зосереджених споживачів до газових мереж різних тисків;

3) оптимального розподілу розрахункового перепаду тиску та транзитних витрат газу в газопроводах.

Водночас можна зауважити, що дані рекомендації у першу чергу стосуються газорозподільних систем міських населених пунктів. Вони були розроблені в 60...70-х роках минулого століття, їм властивий ряд допущень. Наприклад, при визначенні оптимальної кількості мережних ГРП – джерел газопостачання систем низького тиску – в якості розрахункової моделі приймався умовний житловий район з такими ознаками:

1) архітектурно-планувальні рішення району забезпечують симетричну побудову газорозподільної кільцевої мережі з утворенням кілець квадратної форми;

2) ГРП розміщуються в шахматному порядку в центрах зон, що вони обслуговують;

3) ділянки мережі, рівновіддалені від ГРП, мають однакову пропускну здатність;

4) довжина усіх розрахункових ділянок мережі однакова.

Окрім того, газорозподільні мережі населених пунктів (ГРМ НП) були запроектовані для умов дефіциту природного газу і, відповідно, одним із завдань було створення оптимального потокорозподілу.

В сільських населених пунктах кількість мережних газорегуляторних пунктів визначається передусім характером забудови (як правило – вона малоповерхова, тобто витрати газу незначні, при відносно великій і нерівномірно забудованій території). І тому їх розміщують в центрі осередків найбільш щільної забудови для газопостачання окремих вулиць, хуторів тощо. У цьому випадку навантаження таких ГРП дорівнює максимальній витраті газу дрібними споживачами (населенням, домашніми тваринами, джерелами децентралізованого теплопостачання, невеликими комунально-побутовими об'єктами), які знаходяться на цих територіях. Таким чином, виконувати технікоекономічні розрахунки оптимальної кількості ГРП за методикою О.О.Іоніна [5], яка придатна для міських населених пунктів, у сільській місцевості немає необхідності.

Беручи до уваги, що ГРМ НП достатньо матеріалоемкі та, відповідно, дорогі системи, зниження їх вартості та металоємкості, особливо в умовах ринкової економіки, набуває важливого загальнодержавного значення.

Сьогодні в Україні представлено обладнання і матеріали, наприклад, поліетиленові фітінги і труби, комбіновані будинкові регулятори тиску газу тощо для систем газопостачання як вітчизняного виробництва, так і відомих іноземних виробників.

З метою визначення економічно доцільного варіанту газифікації сільських населених пунктів виконано аналітичні дослідження можливих схем газорозподільної мережі одного з населених пунктів Черкаської області.

У населеному пункті присутні всі категорії споживачів природного газу. Розрахунки витрат газу виконано у відповідності з вимогами ДБН В.2.5-20-2001 [1]. Сумарна максимальногодинна витрата становить 4276 м³/год., а співвідношення витрат між рівномірно-розподіленими і зосередженими споживачами становить приблизно як 40:60 %.

Джерелом природного газу є головний газорегуляторний пункт (ГГРП), який підключений до міжселищного газопроводу тиском $P \leq 1.2$ МПа. Ширина вулиць в населеному пункті достатня для прокладання газопроводів високого тиску ($P \leq 0.6$ МПа).

При виконанні досліджень розглядалися різноманітні схеми ГРМ НП: одно- (середнього тиску газу) і двоступеневі (високого і низького тисків газу) з використанням сталевих і поліетиленових труб з різними перепадами тиску.

Гідравлічні розрахунки газопроводів виконувались на ПЕОМ з використанням пакету прикладних програм “Hidra”. При розгляді 2-ступеневих систем спочатку розраховувались вуличної мережі низького тиску газу, за результатами яких уточнювались навантаження мережних ГРП. Місцезнаходження ГРП приймалось на підставі планувальних вирішень населеного пункту: газорегуляторні пункти знаходились або в

центрі забудови, або забезпечували природним газом окремі вулиці. З метою підвищення надійності газопостачання усі газопроводи низького і середнього тисків були закільцьовані. Довжини розрахункових ділянок не перевищували 200 м.

У розрахунках використовувались такі мінімальні діаметри труб:

- 1) мережі низького і високого тисків газу (двоступеневі системи): сталеві труби – $d_3 \times S = 57 \times 3$, поліетиленові труби – $d_3 \times S = 50 \times 2.9$ мм;
- 2) те ж, середнього тиску газу (одноступеневі системи) – відповідно, $d_3 \times S = 38 \times 3$ і $d_3 \times S = 40 \times 2.3$ мм;

В якості критерія порівняння були прийняті капітальні витрати в спорудження газопрозподільних вуличних мереж і споруд на них, так як експлуатаційні витрати для всіх варіантів, що розглядались, умовно прийняті однаковими і у подальших розрахунках не враховувались. При виконанні економічних розрахунків враховувались вартість будівництва підземних газопроводів в сухих ґрунтах з пневматичним випробовуванням, а для сталевих труб – ще й влаштування дуже підсиленої антикорозійної ізоляції. Вартість мережних ГРП шафового типу, будинкових регуляторів типу РДГС-10 та їх встановлення також приймалися у фактичних цінах станом на 1.09.2010 р.

За результатами досліджень можна зробити такі висновки:

1. Економічно більш доцільним є варіант одноступеневої середнього тиску газу системи вуличних газопроводів з встановленням будинкових регуляторів тиску газу і використанням поліетиленових труб. Збільшення розрахункового перепаду тиску в мережі від 150 ($P_{кінц.} = 250$ кПа) до 250 ($P_{кінц.} = 150$ кПа) суттєво не впливає на вартість системи (зміна складає до 0.1 %). В умовах задачі, що розглядається, економія коштів не виходить за межі статистичної похибки. Отримані результати можна пояснити, з нашої точки зору, існуючими вимогами щодо мінімальних діаметрів газорозподільних мереж та існуючим сортаментом труб, що застосовують в системах газопостачання населених пунктів.

2. Збільшення розрахункового перепаду тиску в одноступеневій системі з використанням сталевих труб від 150 до 250 кПа також суттєво не зменшує вартості системи. Проте такі системи в середньому на 40 % дорожчі за аналогічні з використанням поліетиленових труб.

3. Для двоступеневих систем, як з використанням сталевих труб, так і поліетиленових, основні відмінності полягають у вартості прокладки газопроводів. Зміна перепадів тиску у вуличних мережах низького тиску (1200 і 1500 Па) викликала перерозподіл потоків газу у відповідній системі та призводила до зміни продуктивності мережних газорегуляторних пунктів (гідравлічні розрахунки газопроводів низького тиску виконуються завжди у першу чергу). Проте сумарна вартість будівництва при збільшенні перепаду тиску від 1200 до 1500 Па зменшувалась несуттєво: для мереж зі сталевих труб – на 0.25, з поліетиленових труб – на 0.76 %.

4. Проаналізувавши отримані значення сумарних витрат у спорудження газорозподільних систем різних типів для газифікації сільського населеного пункту економічно доцільним є варіант одноступеневої системи середнього тиску газу з використанням поліетиленових труб і встановленням будинкових регуляторів тиску у кожній оселі. Якщо прийняти вартість такої системи за 100 %, то вартість аналогічної системи зі сталевих труб складає приблизно 136, а двоступеневих систем з трубами: сталевими – 164, поліетиленовими – 125 %. Тобто, навіть двоступеневі системи з використанням поліетиленових труб є дешевшими за одноступеневі системи зі сталевими газопроводами.

5. Достатній інтерес викликають питомі показники спорудження газорозподільних мереж населеного пункту, які приведені з розрахунку на одного мешканця або на 1000 м³ реалізованого природного газу. З величини цих показників найдешевшою є одноступенева система середнього тиску газу з використанням поліетиленових труб і встановленням будинкових регуляторів тиску газу. Це складає, відповідно, приблизно 4725 і 525 грн.

Отримані значення питомих показників можна використовувати при попередній оцінці вартості спорудження газорозподільних мереж різних типів населених пунктів у сільській місцевості.

Список літератури

1. ДБН В.2.5-20-2001. Газопостачання / Держбуд України. – К.: Держбуд Ук-раїни, 2001. – 286 с. – Чинні з 01.08.2001.
2. ДНАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України. – К.: Основа, 1998. – 179 с. – Чинний з 01.10.97.
3. Баясанов Д.Б., Ионин А.А. Распределительные системы газоснабжения. – М.: Стройиздат, 1977. – 290 с.
4. Гордюхин А.И. Газовые сети и установки. – М.: Стройиздат, 1978. – 381 с.
5. Ионин А.А. Газоснабжение: Учебн. для вузов, - М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
6. Торчинский Я.М. Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газо-распределительных систем. – Л.: Недра, 1988. – 239 с.

НІЧНЕ АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ В СИСТЕМАХ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Централізоване гаряче водопостачання є досить неефективним з теплотехнічної точки зору. Енергетичний к.к.д. складає близько 20%, а ексергетичний ще менший. Основні причини в тому, що закладений в гарячу воду при її приготуванні енергетичний потенціал майже не використовується і ця вода з високою температурою зливається в каналізацію. Інші вади існуючих систем централізованого гарячого теплопостачання, такі як втрати в теплообмінниках і мережах, тільки додають зменшення к.к.д. На жаль, кардинально змінити це становище неможливо.

Існує декілька шляхів зменшення непродуктивної витрати теплоти в системах гарячого водопостачання, більшість з яких пов'язана з децентралізацією систем. Але є і ще один спосіб здешевлення гарячого водопостачання, який будується на невід'ємній характеристиці цих систем, а саме нерівномірності їх теплоспоживання, наявності ранкового та вечірнього піків споживання. Це дає змогу накопичувати теплоту в нічні години, коли системи гарячого водопостачання споживають теплоту в мінімальній кількості, шляхом використання електроенергії за дешевим нічним тарифом. Держава підтримує цей шлях, встановлений нічний тариф майже втричі менший за денний [1]. Ідея акумулювання теплоти в нічні часи для використання її вдень не нова. Навіть в будівельних нормах на теплопостачання прописані вимоги для улаштування водяних акумуляторів теплоти [2]. Але їх вимоги базуються на застарілих уявленнях відносно можливостей техніки в цій галузі і пропонують знов-таки централізоване гаряче водопостачання з використанням чотирьохтрубної системи. Віднесення акумуляторів теплоти до будинку чи навіть під'їзду потребує зменшення об'ємів акумуляторів. Спроби вирішити цю проблему за рахунок використання теплоакумуючих матеріалів з фазовим переходом показали, що при ускладненні конструкцій акумуляторів і їх вартості, до того і при погіршенні їх динамічних характеристик – які вкрай важливі при використанні теплоакумуляторів в системах гарячого водопостачання – їх економічну і технічну недоцільність [3].

Кращої теплоємності, ніж у води, в інших природних речовинах немає, тому єдиний шлях зменшення об'єму водяних акумуляторів – підвищення температури теплоакумуючого матеріалу в них. Для води цей спосіб обмежений температурою в 100 °С, після якої починаються проблеми або із збільшенням тиску при збереженні води в рідкому стані, або зі збільшенням об'єму акумулятора при переході води в паровий стан. Тому при улаштуванні теплоакумуляторів систем гарячого

водопостачання для одного будинку чи одного під'їзду пропонується використання високотемпературних органічних носіїв (ВОТ). За своїми теплофізичними властивостями вони близькі до води, хоча трохи (до 15%) їй поступаються по теплоємності [4]. Температури фазового переходу (кипіння) при атмосферному тиску для деяких з них сягають 400 °С. Це означає, що об'єм акумулятора з органічним теплоносієм однакової теплової ємності буде вдвійчі менший, ніж з водою.

Проведені розрахунки для будинків різних серій показали, що об'єми акумуляторів (табл. 1) цілком задовольняють можливості їх улаштування в підвалах житлових будинків, наприклад, серії 87-0101.86, 113-87-71.1.87...

Таблиця 1

Об'єми баків-акумуляторів для будинків різних серій

№	Код проекту	Назва проекту	Секундна витрата гарячої води, л/с	Максимальна витрата теплоти в годину найбільшого водоспоживання, $Q_{\text{г}}^{\text{h}}$, кВт	Витрата теплоти протягом середньої години водоспоживання, $Q_{\text{т}}^{\text{h}}$, кВт	$V_{\text{ак}}, \text{м}^3_{\text{вода}}$	$V_{\text{ак}}, \text{м}^3$ (дифінільна суміш)	$V_{\text{ак}}, \text{м}^3$ (Diphil KT)	$V_{\text{ак}}, \text{м}^3$ Фазовий перехід
						95°C			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	87-0101.86	5 пов. 20 кв. блок-секція рядова спарена	1,16	154,12	70,05	4,21	2,43	2,21	4,34
11	113-87-71.1.87	9 пов. 215 кв. шестисекційний ж.б. з підвалом на відм. - 5.560	3,9	715,82	325,37	19,57	11,29	10,26	20,14
21	176-010.13.89	12 пов. 59 кв. блок-секція	1,72	238,50	108,41	6,52	3,76	3,42	6,71
24	121-176-3.84	16 пов. 79 кв. ж.б.	2,16	341,61	155,28	9,34	5,39	4,89	9,61

Нагрів теплоносія досить просто здійснюється в самому тепло акумуляторі, бо органічні носії не електропроводні і не корозійноактивні. Регулювання роботи акумулятора теж здійснюється – необхідно тільки підтримувати сталою температуру в акумуляторі.

Стримуючим фактором для розвитку подібних систем є можливі проблеми із забезпечення необхідної потужності електричних мереж, а також відсутність нормативної бази як для проектування (будівельні норми) так і для експлуатації (правила безпечної експлуатації) подібних систем.

Список літератури

1. «Про зміну тарифних коефіцієнтів в оплаті електроенергії» Постанова НКРЕ №529 від 19.07.05.
2. ДБН В.2.5-39-2008 «Теплові мережі».
3. Гламаздіна А. Д., Соколов О. С. Технічні рішення з акумулювання теплоти в системах з електротеплопостачанням. Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА: тези доповідей. – в 2х частинах. Ч.1. с. 189-191.– К: КНУБА, 2010.
4. Бибигов Ю. М., Рассказов Д. С. Органические и кремнийорганические теплоносители. М., «Энергия», 1975.

РЕМОНТ ГАЗОПРОВОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

Значна частина газопроводів у великих містах України (Київ, Львів, Харків, Дніпропетровськ) вже відпрацювала понад 50 років і подальша затримка в їх ремонті і заміні знижує надійність і безпеку подальшої експлуатації систем газопостачання.

До недавнього часу ремонт і заміна труб сталевих газопроводів виконувалась традиційною заміною непридатних для подальшої експлуатації труб також сталевими трубами того чи іншого діаметра. Така заміна пов'язана з виконанням великих об'ємів робіт по розбиранню і поновленню дорожніх покриттів, копанню траншей, вивозу вибитого ґрунту, завезенню піску для засипання траншей під проїзними частинами вулиць, поновленню зелених насаджень. В стиснених умовах міст це створює значні незручності для населення, порушує транспортні потоки, потребує значних матеріальних і грошових затрат. В більшості випадків старі труби залишаються в землі, що створює значні незручності і не сприяє безпеці газопостачання.

В багатьох розвинених країнах для ремонту і реконструкції трубопроводів різного призначення широко використовуються різні синтетичні матеріали і технології, які дозволяють виконувати ці роботи без відкопування або тільки часткового відкопування труб, які потребують ремонту чи заміни, знизити строки виконання робіт, скоротити на 80-90% об'єми земляних і дорожніх робіт.

Так, в США, Великобританії, Франції, Німеччині, Італії, Данії і в інших країнах нагромаджено значний досвід ремонту і реконструкції газопроводів діаметром від 100 до 900 мм протягуванням в них спеціального шлангу або «панчохи» із синтетичної тканини, яка щільно прилягає до внутрішніх стінок труби і не тільки не зменшує її пропускну здатність, а навіть збільшує її за рахунок зменшення шорсткості внутрішніх стінок труб. Перед протягуванням внутрішні стінки труб очищуються спеціальними скребками і йоржами від іржі, окалини і бруду, трубопровід продувається повітрям і оглядається з використанням спеціальних пересувних телевізійних камер. Внутрішні стінки труб, які ремонтуються, за допомогою пересувних форсунок покриваються спеціальним клеєм, потім в трубу в складеному вигляді протягується шланг чи «панчоха», яка після роздування стисненим повітрям або пароповітряною сумішшю з температурою 105⁰С щільно приклеюється до стінок труби.

Фірма British gas ремонт і реконструкцію газопроводів проводить протягуванням поліетиленових труб трохи більшого діаметру ніж внутрішній діаметр трубопроводу, який ремонтується. Перед протягуванням поліетиленова труба пропускається через спеціальне підігріте обжимне пристосування, яке разом з зусиллям лебідки забезпечує зменшення діаметра труби і можливість її протягування в трубі, яка ремонтується. Після зняття зусилля лебідки поліетиленова труба намагається повернутися до свого попереднього діаметру і щільно притискується до внутрішніх стінок ремонтуемого газопроводу.

Фірма Wavin ремонт і реконструкцію газопроводів діаметром від 100 до 400 мм виконує протягуванням в них попередньо деформованих поліетиленових труб. Попередня деформація поліетиленових труб виконується на спеціальному пристосуванні в нагрітому чи в холодному стані. Попередньо деформована нагріта поліетиленова труба при вистиганні зберігає надану їй форму. Для утримання в заданій формі деформована в холодному стані поліетиленова труба обв'язується спеціальними смужками із синтетичного матеріалу. Попередньо деформовані поліетиленові труби намотуються на спеціальні котушки і в такому вигляді завозяться до місця використання. Попередньо деформовані поліетиленові труби протягуються в очищені від іржі, окалини і бруду труби газопроводу, який ремонтується. Для придання первісної форми деформовані в гарячому стані поліетиленові труби прогріваються за допомогою водяної пари, яка подається від спеціального котла. При прогріванні поліетиленові труби завдяки своїй «пам'яті» повертаються до своєї первісної форми. В деформовані в холодному стані поліетиленові труби подається стиснене повітря, яке створює тиск в поліетиленовій трубі і підвищує її зусилля деформації, що приводить до руйнування смужок із синтетичного матеріалу, повернення труби до первісної форми (рис.) і щільного притискування до внутрішніх стінок газопроводу, який ремонтується.

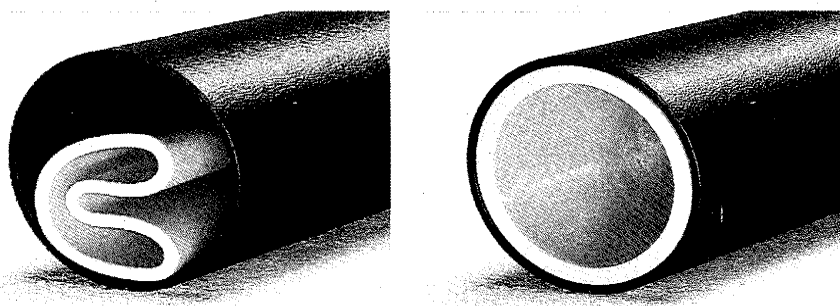


Рис. Схема реконструкції сталевого газопроводу з використанням попередньо деформованих поліетиленових труб

В табл. 1 представлено дані про діаметри, стандартні співвідношення розмірів (SDR – зовнішній діаметр труби в мм розділений на товщину її стінок також в мм) і довжина попередньо деформованих поліетиленових труб, які можуть бути намотані на котушку.

Таблиця 1

Основні параметри попередньо деформованих поліетиленових труб

Умовні діаметри труб, мм	SDR	Максимальна довжини труб на котушці, м
100	17	700
150	26	550
150	17	550
200	26	340
200	17	340
225	26	300
225	17	300
250	26	230
250	17	230
300	26	175
300	17	175
400	26	95
400	17	95

Фірма Gaz de France і багато інших ремонт і реконструкцію газопроводів виконують протягуванням в них поліетиленових труб. Цей метод раніше використовувався в бувшому СРСР. Так, в Москві ще до 1981 року ряд газопроводів було реконструйовано протяжною поліетиленових труб. Для протягування використовувались поліетиленові труби загального призначення, які виготовлялися згідно ГОСТ 18599-72 і доставлялися на будівельний майданчик у відрізках довжиною 5,5-6 м. Зварювання труб виконувалось нагрітим інструментом встик. Інститутом

ГіпроНІІгаз розроблено і в 1979 році затверджено «Альбом технологических карт ремонта стальных газопроводов методом протяжки полиэтиленовых труб». Роботи по ремонту газопроводів протягуванням поліетиленових труб виконувались і в м. Саратові. Але через погану якість поліетиленових труб, відсутність методів неруйнівного контролю зварюваних стиків і недотримання технологічних вимог при виконанні робіт із декількох відремонтованих газопроводів в Москві виникли витoki газу. Тому була визнана недоцільність подальшого використання цього методу ремонту газопроводів.

З 1990 року в Москві відновилися роботи по ремонту і реконструкції газопроводів протягуванням поліетиленових труб з використанням технології фірми Gaz de France, розроблена «Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации полиэтиленовых газопроводов, прокладываемых методом протяжки внутри металлических труб». Ця інструкція введена в дію в Україні наказом по Держкомнафтогаз від 17 січня 1994 р. № 14. Наказ погоджено Держнаглядохоронпраці України.

В Україні вже виконало ремонт ряду газопроводів протягуванням поліетиленових труб з використанням технології фірми Gaz de France у містах Львові, Одесі і Києві. Декілька будівельно-ремонтних підприємств України самостійно почали освоювати технологію і виконувати роботи по реконструкції сталевих газопроводів протягуванням поліетиленових труб.

Для будівництва нових і реконструкції діючих газопроводів в Україні використовуються поліетиленові труби, які відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-73-98 «Труби поліетиленові для подачі горючих газів» [1].

В Україні більшість питань ремонту і реконструкції сталевих газопроводів тиском до 0,6 МПа протягуванням поліетиленових труб врегульовано ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання» [2]. Співвідношення діаметрів сталевих газопроводів, що реконструюються, та поліетиленових труб, що протягуються, визначається виходячи з можливості вільного проходження поліетиленових труб та зварювальних деталей усередині сталевих труб. Згідно цих норм максимальний зовнішній діаметр поліетиленових труб стосовно внутрішніх діаметрів сталевих газопроводів, що реконструюються, слід приймати не менше ніж на 20 мм менше для поліетиленових газопроводів без зварних з'єднань і не менше 40 мм – для поліетиленових газопроводів із зварними з'єднаннями. Проводити реконструкцію дозволяється на всіх ділянках, у тому числі при пересіченні газопроводами вулиць та автодоріг усіх категорій, залізниць загальної мережі та промислових підприємств, трамвайних колій та водяних перешкод.

Ремонт і реконструкцію дозволяється виконувати без зміни категорії тиску діючих газопроводів та зі зміною категорії тиску діючих (що реконструюються) газопроводів з низького на середній або із середнього на високий (до 0,6 МПа на території селищ та сіл і міжселищних газопроводів).

Ремонт і реконструкцію сталевих газопроводів виконується ділянками, довжина яких встановлюється в залежності від міцнісних характеристик поліетиленових труб, що протягуються, місцевих умов проходження траси, можливості вільного проходження поліетиленових газопроводів, прийнятої технології реконструкції, щільності забудови, кількості відгалужень, наявності крутих поворотів та різких перепадів висот в газопроводі, що реконструюється[3].

При наявності на ділянках, що реконструюються, відводів або трійникових відгалужень, протягування через них поліетиленових труб не рекомендується. В таких місцях необхідно передбачати вирізку з'єднувальних деталей сталевих газопроводів та заміну їх поліетиленовими з'єднувальними деталями.

В табл. 2 наведено діаметри поліетиленових труб, які рекомендуються для протягування при реконструкції сталевих газопроводів і коефіцієнти зменшення площі прохідного перерізу газопроводу після реконструкції.

Таблиця 2

Діаметри поліетиленових труб, які рекомендуються для протягування при реконструкції сталевих газопроводів

Умовний діаметр сталевих труб, які реконструюються, мм	Зовнішній діаметр поліетиленових труб, які рекомендуються для протягування, мм	Коефіцієнт зменшення площі прохідного перерізу	
		SDR 11	SDR 17,6
40	20	8,6	-
50	32	4,9	-
65	50	4,6	-
80	40	4,2	-
100	63	3,8	-
150	110	2,8	-
200	160	2,6	2,2
250	200	2,6	2,2
250	225	2,0	1,7
300	250	2,3	2,0
350	315	2,6	1,7

Роботи по ремонту і реконструкції сталевих газопроводів протягуванням поліетиленових труб повинні виконуватись по спеціально розробленому проекту. При протягуванні поліетиленових труб значно зменшуються площі прохідних перерізів труб (табл. 2) і пропускна спроможність газопроводів. Тому при розробці проекту особлива увага повинна бути звернена на гідравлічний розрахунок всієї системи газопостачання, яка підлягає реконструкції.

При реконструкції сталевих газопроводів протягуванням поліетиленових труб в зв'язку зі зменшенням їх пропускної здатності в більшості випадків приходить до переводити їх з низького тиску в газопроводи середнього тиску і з середнього тиску в газопроводи високого тиску (до 0,6 МПа на території селищ та сіл і міжселищні газопроводи) з установкою додаткових регуляторів тиску газу для газопостачання споживачів і подачі газу в газопроводи, які були безпосередньо підключені до реконструйованих газопроводів.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-73-98 Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови. – К.: Держбуд України, 1988.- 42 с.
2. ДБН В.2.5-20-2001 Газопостачання. – К.: Держбуд України, 2001. - 286 с.
3. Клюпа А. Применение полиэтиленовых труб в газоснабжении на подрабатываемых и сейсмически активных территориях. – К.: Инженерные сети из полимерных материалов, 2005, 4(14). – с. 24-27.

СУЧАСНІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ УКРАЇНИ В СИСТЕМАХ ТГВ.

Існуючі варіанти утеплення будівель відрізняються як за конструктивними рішеннями, так і використаними в конструкціях матеріалами. Фізико-технічні властивості використаних теплоізоляційних матеріалів мають значний вплив на теплотехнічну ефективність та експлуатаційну надійність конструкцій, трудомісткість монтажу, можливість ремонту в процесі експлуатації і в значній мірі визначають порівняльну техніко-економічну ефективність різних варіантів утеплення.

В останні роки створена досить велика група нових теплоізоляційних матеріалів з пластмас. Сировиною для їх виготовлення служать термопластичні (полістирольні; полівінілхлоридні, поліуретанові) і термореактивні (сечовино-формальдегідні) смоли, газоутворюючі і спінюючі речовини, наповнювачі, пластифікатори, барвники та ін. У будівництві найбільше поширення в якості тепло-і звукоізоляційних матеріалів отримали пластмаси пористо-ніздрюватої структури. Формування в пластмасах клітинок або порожнин, заповнених газами або повітрям, викликано хімічними, фізичними або механічними процесами чи їх поєднанням.

Найбільший інтерес для сучасного індустріального будівництва набувають пенополістирол, пінополівінілхлорид, пінополіуретан і міпора. Пінополістирол - матеріал у вигляді білої твердої піни з рівномірною замкнутопористою структурою. Пінополістирол випускають марки ПСБС у вигляді плит розміром 1000x500x100 мм і щільністю, $\rho=25-40\text{кг/м}^3$. Цей матеріал має теплопровідність 0,05 Вт / (м°C), максимальна температура його застосування 70°C. Плити з пінополістиролу застосовують для утеплення стиків великопанельних будинків, ізоляції промислових холодильників, а також в якості звукоізолюючих прокладок.

Сотопласти - теплоізоляційні матеріали з осередками, що нагадують форму бджолиних сот. Стінки осередків можуть бути виконані з різних листових матеріалів (крафт-паперу, бавовняної тканини, склотканини), просочених синтетичними полімерами. Сотопласти виготовляють у вигляді плит довжиною 1-1,5 м, шириною 550-650 і товщиною 300-350 мм. Їх щільність $\rho=30-100\text{ кг/м}^3$, теплопровідність $\lambda=0,046-0,058\text{Вт/(м°C)}$. Застосовують сотопласти як наповнювач тришарових

панелей. Теплоізоляційні властивості сотопастов підвищуються в результаті заповнення сот мікрочастками міпори.

До неорганічних теплоізоляційних матеріалів відносять мінеральну вату, скляне волокно, піноскло, спучені перліт і вермикуліт, азбестовмісні теплоізоляційні вироби, ніздрюваті бетони.

Мінеральна вата волокнистий теплоізоляційний матеріал, одержаний із силікатних розплавів. Сировиною для її виробництва служать гірські породи (вапняки, мергелі, діорити), відходи металургійної промисловості (доменні та паливні шлаки) та промисловості будівельних матеріалів (бій глиняної та силікатної цегли).

У залежності від щільності мінеральна вата поділяється на марки 75, 100, 125 і 150. Вона вогнестійка, не гниє, малогігроскопічна і має низьку теплопровідність $\lambda=0,04-0,05 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$. Мінеральна вата ламка, і при її укладанні утворюється багато пилу, тому вату гранулюють тобто перетворюють в пухкі грудочки - гранули. Їх використовують для теплоізоляційної засипки пустотілих стін та перекриттів.

Скляна вата - матеріал, що складається з безладно розташованих скляних волокон, отриманих з розплавленої сировини. Для виробництва скловати служить сировинна шахта для варіння скла (кварцовий пісок, кальцінована сода та сульфат натрію) або скляний бій.

У залежності від призначення виробляють текстильне і теплоізоляційне (штапельне) скловолокно. Середній діаметр текстильного волокна 3-7 мкм, а теплоізоляційного 10-30 мкм.

Скляне волокно має значно більшу довжину, ніж волокна мінеральної вати і відрізняється великою хімічною стійкістю і міцністю. Щільність скляної вати $\rho=75-125 \text{ кг/м}^3$, теплопровідність $\lambda=0,04-0,052 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$, гранична температура застосування скляної вати $\tau=450^\circ\text{C}$.

Піноскло - теплоізоляційний матеріал пористої структури. Піноскло характеризується водостійкістю, морозостійкістю, хорошим звукопоглинанням, його легко обробляти ріжучим інструментом.

Алюмінієва фольга (альфоль) - новий теплоізоляційний матеріал, що являє собою стрічку гофрованого паперу з наклеєною на гребені гофрів алюмінієвою фольгою. Даний вид теплоізоляційного матеріалу на відміну від будь-якого пористого матеріалу поєднує низьку теплопровідність повітря, укладеного між листами алюмінієвої фольги, з високою відбивною здатністю самої поверхні алюмінієвої фольги. Алюмінієву фольгу для цілей теплоізоляції випускають в рулонах шириною до 100 см, товщиною 0,005-0,03 мм.

Практика використання алюмінієвої фольги для теплоізоляції показала, що оптимальна товщина повітряного прошарку між шарами фольги повинна бути 8-10 мм, а кількість шарів має бути не менше трьох. Щільність такої шарової конструкції з алюмінієвої (фольги 6-9

кг/м³, теплопровідність - 0,03-0,08 Вт/(м°С) . Алюмінієву фольгу використовують для теплоізоляції поверхонь промислового обладнання і трубопроводів при температурі до $t=300^{\circ}\text{C}$.

Новим продуктом на ринку теплоізоляційних матеріалів стало теплоізоляційне покриття «Керамоізол». Дане покриття призначене для тепло-, гідро-, шумоізоляції споруд промислового та комунального призначення будь-якої форми складності, для зовнішніх і внутрішніх поверхонь, будівель, фундаментів, автотранспорту. «Керамоізол» використовується як теплоізоляційний матеріал для покриття трубопроводів, водогрійного обладнання котелень; дахів рефрижераторів, ангарів, нафтопроводів і нафтових цистерн, офісів, для покриття зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових, громадських та промислових будівель, як при капітальному будівництві, так і при реконструкції будівель з метою зниження теплових втрат.

Нанесений шар «Керамоізол» відповідає шару утеплення пінопластом товщиною 40мм. Але, на відміну, від останнього, легко може бути нанесений на практично будь-які поверхні: стіни, труби, стики і т. д. Наноситься він за допомогою розпилювача високого тиску, призначеного для фарб з високою в'язкістю, валика або кисті. Товщина одного шару покриття не більше 0,5 мм. Час сушіння одного шару - 24 години з періодом полімеризації, 12 годин - при кімнатній температурі. Норма витрати матеріалу при одношаровому покритті - 1 літр на 2 квадратних метра. Трудомісткість нанесення покриття при використанні фарборозпилювача порівнянна з трудомісткістю звичайного фарбування.

Покриття працює при температурах від -50°C до $+220^{\circ}\text{C}$, пожежобезпечне, має всі необхідні сертифікати. Гарантійний термін експлуатації покриття "Керамоізол" - не менше 7 років з дня нанесення.

«Керамоізол» - екологічно чистий продукт, розбавляється водою, що дозволяє працювати з ним у приміщеннях без додаткової вентиляції. Продукт фасується в тару: 1л, 10л, 30л, 50л з відповідною етикеткою.

«Керамоізол» відрізняється наступними перевагами:

- високі теплозберігаючі властивості;
- простота нанесення і, як наслідок, мала вартість робіт з улаштування теплоізоляції;
- можливість нанесення на поверхню будь-якої геометричної форми;
- можливість фарбування;
- антикорозійні властивості;
- Використання при реконструкції та ремонті будинків:
 - а) не збільшує навантаження на несучі конструкції;
 - б) не змінює геометрію приміщень, оскільки товщина покриття вимірюється міліметрами, а не сантиметрами, як при використанні стандартних видів теплоізоляції.

- Досить низька ціна - близько 60 гривень за 1м², в цінах 2010р;
- Довгий термін служби;
- Пожежобезпечний;
- При необхідності ремонту пошкоджене покриття легко відновлюється.

З початком реалізації в Донецькому та Дніпропетровському регіонах нового для наших країв матеріалу, теплоізоляційне покриття «Керамоізол», нами були проведені тестові випробування рекомендованих технологій покриття та оцінка експлуатаційних якостей готового продукту, в порівнянні його властивостей з властивостями інших теплоізоляційних матеріалів.

Випробування зразків теплоізоляційних матеріалів виконувались на приладі HFM 436 Lambda, схема якого наведена на рис.1.

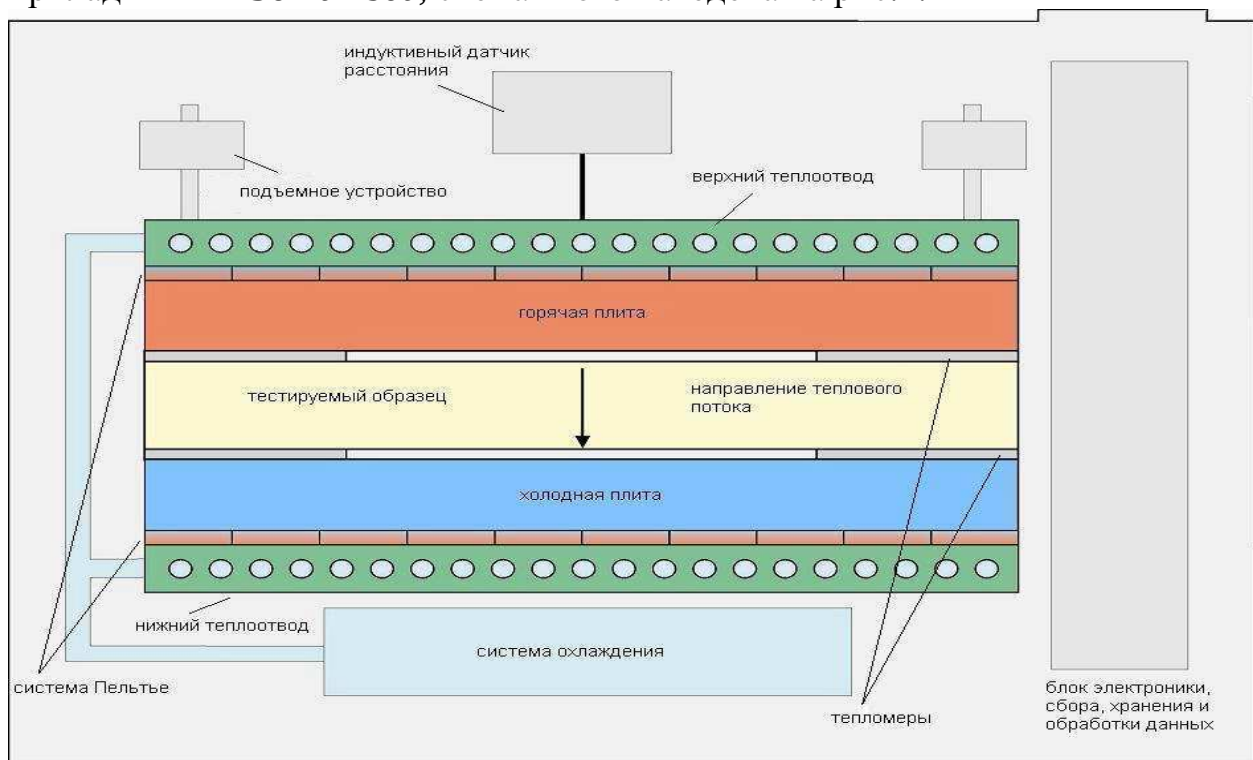


Рис 1. Схема приладу для вимірювання коефіцієнту теплопровідності.

Для випробування використовувались зразки площею 1дм² і товщиною 2мм.

Коефіцієнт теплопровідності матерілу визначав за формулою:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{F(t_1 - t_2)}; \quad (1)$$

де Q – кількість теплоти, що проходить крізь зразок, Вт;

δ – товщина зразка, м;

F – площа зразка, м²;

t_1 – температура гарячої поверхні, °С;

t_2 – температура холодної поверхні, °С;

Результати порівняльного випробування занесені в табл.1.

Таблиця 1.

Порівняльні характеристики деяких теплоізоляційних матеріалів при деяких рівних умовах.

Матеріал	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м °С	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м ² °С	Товщина шару, мм
Плити мінераловатні прошивні	0,046	8	40
Пінопласт поліуретановий еластичний	0,04	11	36
Теплоізоляція типу "URSA"	0,042	8	37
«Керамоізол»	0,0025	2	1

Висновки.

1. Виконано та експериментальні дослідження різноманітних теплоізоляційних конструкцій, що використовуються в системах центрального тепlopостачання та теплової ізоляції будівель.
2. Дослідження теплофізичних якостей теплоізоляційних матеріалів показали, що коефіцієнт теплопровідності «Керамоізолу» найменший із всього списку розглянутих матеріалів, де він в 16 разів менший у порівнянні з ізоляцією із пінополіуретану.
3. «Керамоізол» є одним з найперспективніших теплоізоляційних матеріалів є. Найкращі теплоізоляційні характеристики і товщина шару покриття дозволяє впроваджувати його в системах теплогазопостачання та в інших галузях будівництва.

Список літератури

1. Пак А.А. Эффективная теплоизоляция труб скорлупами из газозолобетона // Строительные материалы. 2004. №3 с. 21-23.
2. Воронков С., Исаров Д. Тепловая изоляция энергетических установок // С. Воронков, Д. Исаров. — М., 1982, 225с.
3. Кузнецов В.И. Тепловая изоляция // В.И. Кузнецов. — М., «Стройиздат», 1973, 439с.
4. Карманова И. Новые технологии в строительстве // - К., Будмайстер. 2002. с. 22-23.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСЛОВИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДКИСЛЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОСЕТИ

Системы централизованного теплоснабжения современных городов и других крупных населенных пунктов представляют собой сложные теплотехнические сооружения, устойчивая и безаварийная работа которых зависит от качества сетевой и подпиточной воды.

Как известно, основными способами подготовки подпиточной воды для теплосети являются подкисление, известкование или содо-известкование с последующим подкислением, Na-, H-, H-Na - катионирование, а также обработка воды комплексонатами. Выбор наиболее рационального из перечисленных выше способов в зависимости от конкретных условий является важной и актуальной задачей.

Представленная статья посвящена результатам технико-экономического анализа подготовки подпиточной воды теплосети посредством подкисления. При исследованиях в качестве основного экономического показателя для сравнений были взяты приведенные удельные затраты:

$$Z = C + (P_A + P_N) \cdot k_c + (\alpha + P_N) \cdot k_k, \quad (1)$$

где C – себестоимость подпиточной воды, учитывающая цены исходной воды, электроэнергии, реагентов и т.д., k_c и k_k – капиталовложения на металлические и катионитные части оборудования, α – норма годовой досыпки катионита, принимаемая равной 0,1; P_A и P_N – нормы амортизационных отчислений и нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принимаемые равными 0,105 и 0,15 соответственно.

При исследованиях в качестве исходных рассмотрены воды, имеющиеся в Азербайджане (Шолларская, Джейранбатанская, Куринская) и шесть расчетных типов вод, принятых в СНГ, ионные составы которых приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Ионные составы вод

Ионный состав	Местные воды			Воды, принятые в СНГ					
	Шолларская	Джейран-батанская	Куринская	I тип	II тип	III тип	IV тип	V тип	VI тип
Na+K	0,5	1,7	7,1	0,47	1,3	2,45	5,3	6,3	12,7
Ca	3,8	2,2	3,0	1,2	2,3	4,61	4,0	2,9	4,0
Mg	2,2	1,4	4,4	0,46	1,0	1,71	1,8	3,7	3,8
SO ₄	1,9	2,3	4,2	0,29	1,3	2,1	1,9	3,3	5,4
Cl	0,2	0,9	6,5	0,24	1,3	1,97	3,8	5,2	10,7
HCO ₃	4,4	2,1	3,8	1,6	2	4,7	5,4	4,4	4,4
Жесткость	6	3,6	7,4	1,66	3,3	6,32	5,8	6,6	7,8
ΣК	6,5	5,3	14,5	2,13	4,6	8,77	11,1	12,9	20,5

Для осуществления процесса самого простого из вышеперечисленных способов подготовки подпиточной воды теплосети подкисления обычно применяется относительно дешевая и легкая в использовании серная кислота. При обработке этим способом уменьшается лишь щелочность воды. Согласно требованиям, предъявляемым к качеству подпиточной воды тепловой сети [1] карбонатный индекс подпиточной воды ($I_k = Ca_n \cdot Щ_n$) не должен превышать нормируемого значения, не должно происходить осаждение сульфатной накипи ($PP_{CaSO_4} = Ca_n \cdot SO_{4,n}$), и щелочность обработанной воды не должна быть меньше $0,3 \div 0,4$ мг-экв/л. Учитывая эти условия можем написать:

$$0,3 \leq Щ_n \leq \frac{I_k}{Ca_u} \quad (2)$$

Известно, что доза кислоты определяется выражением:

$$D_k = Щ_u - \frac{I_k}{Ca_u} \quad (3)$$

В этом случае концентрация SO_4^{2-} -ионов в подпиточной воде увеличивается:

$$SO_{4,n} = SO_{4,u} + D_k \quad (4)$$

Подставив в (4) значение выражения дозы кислоты (3), с учетом условия отсутствия выпадения сульфата кальция в осадок и (2), получаем математические выражения для определения области применения способа подкисления:

$$\begin{cases} 0,3 \leq Щ_n \leq \frac{I_k}{Ca_u} \\ Ca_u \cdot (SO_{4,u} + HCO_{3,u}) \leq PP_{CaSO_4} + I_k \end{cases} \quad (5)$$

где I_k - карбонатный индекс, (мг-экв/л)²; $Щ_n$ - щелочность подпиточной воды; Ca_u -, $SO_{4,u}$ - и $HCO_{3,u}$ - концентрации в исходной воде соответственно кальциевой жесткости, сульфат- и бикарбонат-ионов, мг-экв/л; PP_{CaSO_4} - произведение растворимости сульфата кальция в подпиточной воде.

Полученными выражениями определены возможности применения метода подкисления при различных значениях кальциевой жесткости (Ca_u), суммы SO_4^{2-} и HCO_3^- ионов в исходной воде при различных температурных интервалах, для различных видов тепловых сетей и разных методов нагрева воды в теплосетях. Полученные результаты графически показаны на рис. 1.

Как видно из этого рисунка, если известны расчетная температура в сети, способ нагрева сетевой воды и сам вид тепловой сети, то возможность применения обработки воды подкислением можно оценить составом исходной воды. Это позволяет определить возможность применения способа подкисления, не производя предварительные расчеты при проектировании, реконструкции и эксплуатации

водоподготовительных установок, и повысить эффективность проведенных работ.

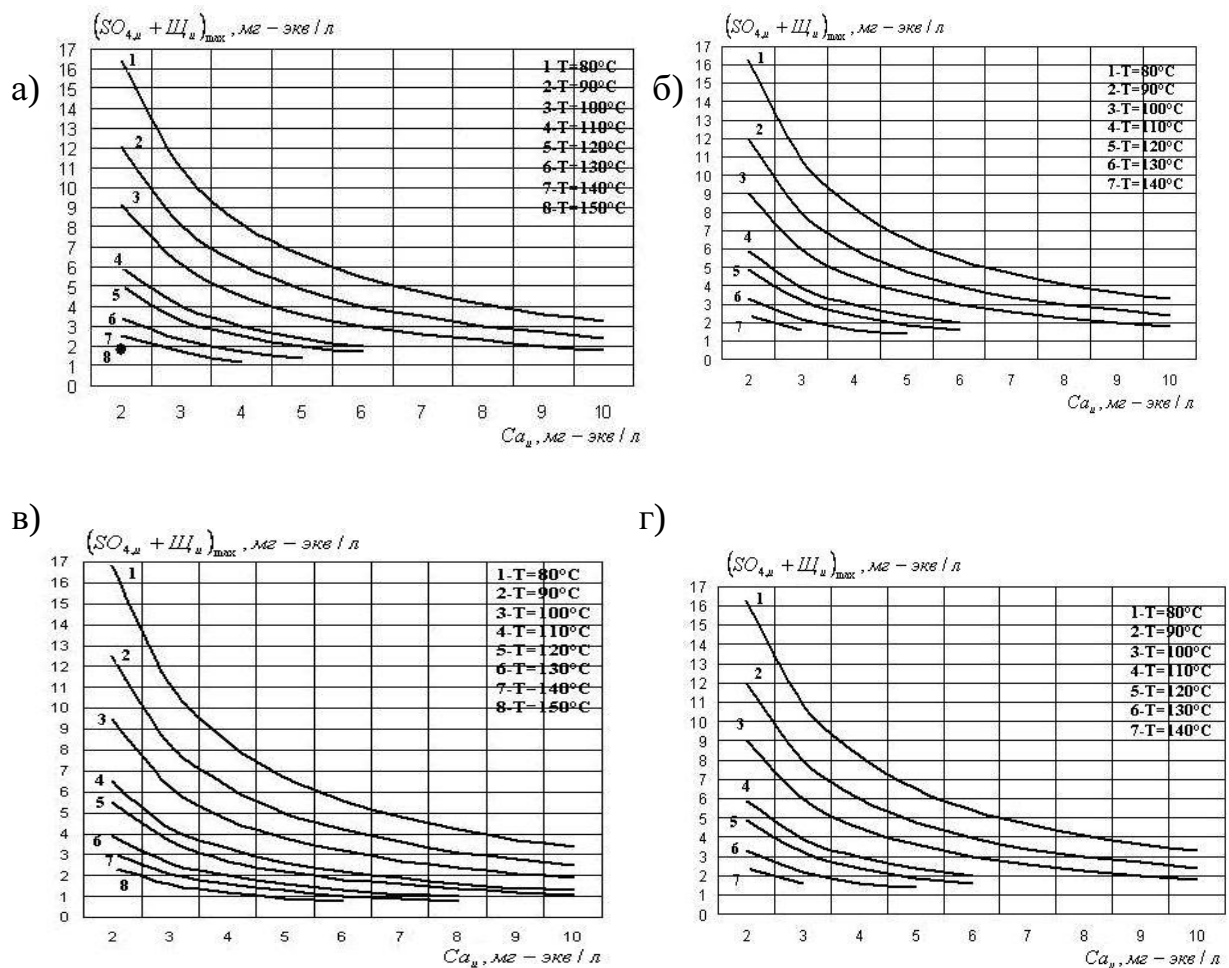


Рис. 1. Кривые возможности применения метода подкисления открытого (а; в) и закрытого (б; г) типов теплосетей с водогрейным котлом (а; б) и с сетевым подогревателем (в; г)

Технико-экономический анализ способа подкисления проведен для установок с традиционным оборудованием, работающих по общеизвестной схеме.

В результате проведенных расчетов для вод с указанными выше составами, определены области возможного применение способа подкисления в различных температурных интервалах, при нагреве сетевой воды водогрейным котлом и сетевым подогревателем, для открытой и закрытой теплосетей. В качестве примера показана возможность применения способа подкисления для теплосети открытого типа (табл. 2).

Используя вышеуказанные табличные данные для случая, когда подготовка подпиточной воды методом подкисления возможна, приведенные удельные затраты можно вычислить при помощи выражения (1), используя разработанную на языке программирования Microsoft Q Basic программу. При этом рыночные цены используемых оборудования, реагентов и материалов определены с учетом транспортных и монтажных затрат.

Таблица 2.

Возможность применения способа подкисления в открытой теплосети при обработке различных типов вод

Интервалы температуры, °C	Водогрейный котел									Сетевой подогреватель								
	Типы вод									Типы вод								
	Щ	Дж	К	1	2	3	4	5	6	Щ	Дж	К	1	2	3	4	5	6
70÷100	-	+	-	В	+	-	-	-	-	+	+	+	В	+	+	+	+	+
101÷120	-	+	-	В	+	-	-	-	-	+	+	+	В	+	+	+	+	+
121÷130	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	+	-	-	+	-
131÷140	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	+	-	-	-	-
141÷150	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	+	-	-	-	-

Замечание: "+" применение подкисления возможно; "-" применение подкисления невозможно из-за существующей вероятности выпадения сульфатной накипи; "В" - подача воды в тепловую сеть возможна без обработки.

Применив разработанную программу для семи производительностей установки ($Q=10; 25; 50; 75; 100; 200; 400 \text{ м}^3/\text{час}$), пяти различных температурных интервалов в тепловой сети ($t=70\div 100; 101\div 120; 121\div 130; 131\div 140$ и $141\div 150^\circ\text{C}$), при использовании водогрейного котла и сетевого подогревателя, для открытой и закрытой теплосети можно рассчитывать затраты на металлические части оборудования (насосы, баки, фильтры, осветлители и т.д.), на катиониты и реагенты, на исходную воду и электроэнергию, определяя в итоге удельные затраты для выработки 1 м^3 подпиточной воды.

По результатам расчетов построены гистограммы, показывающие изменения приведенных удельных затрат в зависимости от производительности водоподготовительной установки с учетом основных технологических параметров в температурном интервале $t=70\div 100^\circ\text{C}$ в открытой теплосети с водогрейным котлом при обработке воды второго типа (рис. 3). Как видно из этого рисунка, с повышением производительности удельные приведенные затраты, как и заранее предполагалось, уменьшаются.

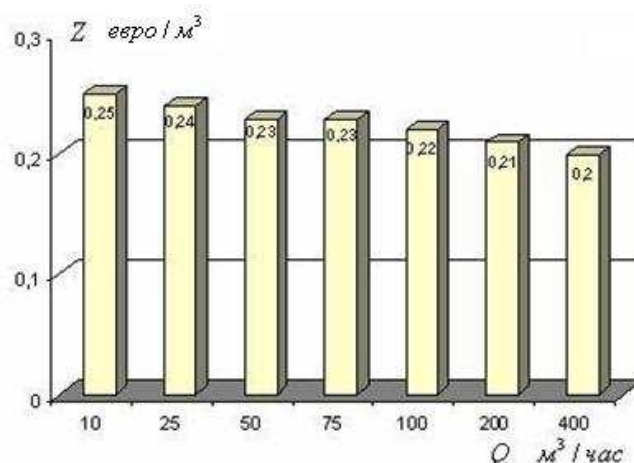


Рис. 3. Изменение приведенных удельных затрат в зависимости от производительности установки подготовки подпиточной воды подкислением, для теплосети открытого типа с водогрейным котлом при температурном интервале $70\div 100^\circ\text{C}$ использованием воды второго типа

Используя эти данные предварительно можно оценить экономическую эффективность применения подкисления для подготовки подпиточной воды теплосети.

Выводы.

1. Определены условия возможного применения подкисления для подготовки подпиточной воды теплосети.
2. Разработана программа (алгоритм) на языке программирования Microsoft QBasic для вычисления удельных приведенных затрат в зависимости от состава исходной воды, от типа системы теплоснабжения (открытая или закрытая), от типа установленного теплового оборудования (водогрейный котел или сетевой подогреватель), от температуры нагрева сетевой воды в интервале 70 - 150°C и от производительности установки (10-400 м³/час) при подготовке подпиточной воды теплосети подкислением.
3. В качестве примера представлена гистограмма изменения приведенных удельных затрат в зависимости от производительности установки подготовки подпиточной воды подкислением, для теплосети открытого типа с водогрейным котлом в температурном интервале 70÷100°C использованием воды второго типа.

Список литературы

1. Фейзи́ев Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 192 с.
2. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. -М.: Издательство МЭИ, 2003.-309с.
3. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник/ Ю.М.Кострикин, Н.А.Мещерский, О.В.Коровина. –М.: Энергоатомиздат, 1990.- 254с.

СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З КОМБІНОВАНИМИ СТОЯКАМИ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНОЇ СТІЙКОСТІ.

Як при центральному, так і місцевому теплопостачанні, системи водяного опалення [1] традиційно мають нижнє розміщення теплогенераторів по висоті будівель. При цьому системи розробляються з верхньою або нижньою розводкою магістралей подачі. Відповідні рішення застосовуються в основному в залежності від наявності або відсутності технічного поверху (горища) з урахуванням техніко-економічних показників та інших вимог.

Наприкінці минулого століття фахівцями Німеччини була запропонована і практично реалізована система з розміщенням джерела теплоти на рівні покрівлі будівлі. Технічне рішення системи з таким розташуванням джерела теплоти при децентралізованому теплопостачанні, крім економії корисної площі в будівлі і більшої компактності всієї системи, має ряд істотних недоліків. До них відносяться, перш за все, протинаправлена дія гравітаційного тиску насосному, що вносить істотний негативний внесок у вертикальне розрегулювання систем, а отже, у збільшення енерговитрат і вартість засобів автоматики, пов'язаних з експлуатаційним регулюванням змінної потужності систем в опалювальний період.

Розрахунковий перепад наявного тиску в системі визначається змінним значенням насосної та природної складових для досягнення необхідної інтенсивності циркуляції теплоносія. Недоліки систем, як з верхнім, так і з нижнім розташуванням магістралей, досить повно відображені в [1,2].

В роботах [1, 2, 3] зазначено, що причиною як початкового, так і експлуатаційного розрегулювання систем опалення є вплив природного тиску на розподіл води, у зв'язку з чим для її зниження необхідно зменшувати значення природного тиску в загальному наявному циркуляційному перепаді тиску в опалювальній системі.

Цьому вельми важливому фактору, що є першопричиною теплового розрегулювання та зумовлюючого істотне подорожчення систем автоматики, присвячено ряд робіт [4,5].

Відомі технічні рішення для підвищення гідравлічної та теплової стійкості [1,2,3] систем, що використовуються як при центральному, так і децентралізованому теплопостачанні для створення та підтримки необхідного гідравлічного режиму за рахунок застосування терморегулювальних клапанів, в т.ч. з підвищеним опором для двотрубних систем та пристроїв зниження наявних тисків в основі

стояків і магістралей. Тому гідравлічний опір систем, які проектуються, зріс в 2-3 рази, в тому числі з причини того, що всі вищевказані елементи засобів регулювання самі привносять додатковий гідравлічний опір. В результаті сучасні автоматизовані системи відрізняються тим, що питома вартість засобів автоматики досягає 15-20% щодо загальної кошторисної вартості систем опалення [6].

Крім того на нинішньому етапі розвитку енергопостачання в державі очевидно, що використання електроенергії для опалення (при істотно підвищеній вартості та дефіциті газового палива) в Україні має великі перспективи з огляду на її відносно низьку собівартість в секторі державного виробництва. Її отримання досягає більше 50% за рахунок ядерного палива, є також стимулюючий тариф економного споживання електроенергії в добовому інтервалі.

Очевидно, що відомі технічні рішення спрямовані на вирішення наслідків, тому вони безпосередньо пов'язані зі збільшенням енерговитрат в процесі вимушеного зниження надлишкових тисків, не усуваючи по суті причин їх виникнення.

З вище викладеного аналізу слідує доцільність підвищення теплогідравлічної, енергетичної та техніко-економічної ефективності систем водяного опалення на основі подальшого вдосконалення устрою, конструктивного і функціонального взаємозв'язку структурних елементів системи та джерела теплоти, що володіє повним циклом можливостей експлуатаційного регулювання процесів виробництва та подачі теплоти в автоматичному режимі. Суть запропонованого технічного рішення [7] полягає в створенні такого функціонального взаємозв'язку елементів опалювальної системи та автоматизованого теплогенератора з повним циклом можливостей експлуатаційного регулювання, при якому гранично знижується вертикальне теплогідравлічне розрегулювання до мінімально можливих значень.

З результатів аналізу особливостей устрою одно-і двотрубних систем опалення з проміжним розміщенням теплогенератора по висоті будівлі слідує, що вдосконалення аналізованих систем з комбінованими стояками визначається доцільністю подолання протинаправленої дії гравітаційного тиску в нижній частині стояка за рахунок гравітаційного тиску, що виникає у верхній його частині. Комбіноване поєднання елементів однокотлових і двотрубних стояків спеціальної структури, необхідність якого виникає, наприклад, при реконструкції систем, дозволяє підвищити ступінь корисного використання результуючого гравітаційного циркуляційного тиску для підвищення гідравлічної та теплової стійкості систем.

З представленої схеми, рис.1, слідує, що найбільш раціональним варіантом для цієї мети є такий устрій стояка, при якому протинаправлений гравітаційний тиск найбільш не вигідного циркуляційного контуру двотрубною частиною стояка компенсується за

рахунок дії гравітаційного тиску його однотрубною частини. Інакше, зазначену умову може задовольняти така комбінована структура стояка, нижня частина якої є двотрубною, а верхня - однотрубною відносно умовного центру нагріву води в теплогенераторі.

При цьому нижня частина двотрубного циркуляційного контуру з більш низьким температурним потенціалом теплоносія в порівнянні з аналогічним значенням його у верхній зоні має переважну можливість застосування більш енергоефективних і комфортних низькотемпературних нагрівальних приладів та систем, наприклад, систем панельно-променистого та повітряного опалення.

При цьому може бути збільшена кількість поверхостояків у верхній зоні за умови послідовного з'єднання їх з двотрубною частиною стояка.

В розглянутому контурі системи опалення з ідеальною тепловою ізоляцією трубопроводів виключення складової природної циркуляції визначається умовою рівності протинаправлених гравітаційних тисків, що виникають у верхній та нижній зонах, тобто

$$\Delta P_e^B = \Delta P_e^H. \quad (1)$$

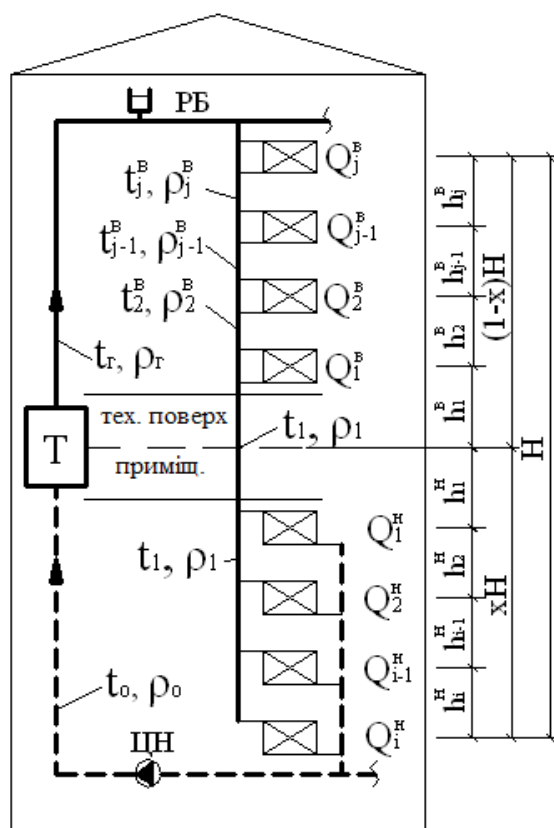


Рис. 1. Схема комбінованої системи опалення з верхньою розводкою магістралей розподілу. Умовні позначення:

T - теплогенератор (теплообмінник); ЦН - циркуляційний насос;
РБ - розширювальний бак.

Для розрахункових умов, представлених на рис. 1, гравітаційний тиск, що виникає в однотрубній частині стояка, записується в наступному вигляді

$$\Delta P_e^B = \beta q(t_r - t_o) \{ \bar{Q}_1^B [(1-x)H - \sum_2^j h^B] + \bar{Q}_2^B [(1-x)H - \sum_3^j h^B] + \dots \dots + \bar{Q}_{j-1}^B [(1-x)H - h_j^B] + \bar{Q}_j^B [(1-x)H] \} \quad (2)$$

Відзначимо, що тут теплові навантаження нагрівальних приладів $\bar{Q}_{1,2,\dots,j}^B$ віднесені до загального теплового навантаження всього стояка, при якому $\sum_1^j \bar{Q}^B + \sum_1^j \bar{Q}^H = 1$.

З аналізу системи виникає, що розрахунковий контур циркуляції теплоносія в стояку аналізованої структури проходить через нагрівальний прилад двотрубного елемента, як і для раніше розглянутого, двотрубного стояка [7], що знаходиться в нижній його частині з навантаженням Q_i^H .

Максимальний протинаправлений гравітаційний тиск, який виникає від охолодження води в циркуляційному кільці через нижній прилад двотрубної частини стояка з початковою температурою t_1 , визначається у вигляді

$$\Delta P_e^H = \beta q(t_1 - t_o) x H \quad (3)$$

З рішення рівнянь (2) та (3) на основі умови (1) встановлюється залежність для визначення значення відносного рівня розміщення теплогенератора по висоті аналізованої системи, яка представиться в наступному вигляді

$$x = \frac{t_r - t_o}{t_1 - t_o} \times \frac{\{ \bar{Q}_1^B [(1-x)H - \sum_2^j h^B] + \bar{Q}_2^B [(1-x)H - \sum_3^j h^B] + \dots + \bar{Q}_{j-1}^B [(1-x)H - h_j^B] + \bar{Q}_j^B [(1-x)H] \}}{H} \quad (4)$$

Представимо різниці температур фігуруючого симплексу в рівнянні (4) у вигляді співвідношень

$$t_r - t_o = \frac{\sum Q^B + \sum Q^H}{c G_o} \quad (5)$$

$$\text{та} \quad t_1 - t_o = \frac{\sum Q^H}{c G_o}, \quad (6)$$

звідки випливає, що

$$\frac{t_r - t_o}{t_1 - t_o} = \frac{\sum Q^B + \sum Q^H}{\sum Q^H}. \quad (7)$$

Для чисельника другого співмножника рівняння (4), прийнявши $h^B = \text{const}$, отримаємо

$$\{\bar{Q}_1^B h^B + \bar{Q}_2^B 2h^B + \bar{Q}_1^B 3h^B + \dots + \bar{Q}_{j-1}^B (j-1)h^B + \bar{Q}_j^B jh^B\} = \quad (8)$$

$$= h^B \{\bar{Q}_1^B + 2\bar{Q}_2^B + 3\bar{Q}_1^B + \dots + (j-1)\bar{Q}_{j-1}^B + j\bar{Q}_j^B\}.$$

На основі (7) та (8) після перетворень рівняння (4) набуває остаточного вигляду

$$x = \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^j \bar{Q}_i^B}{\sum_{i=1}^j \bar{Q}_i^H} \right) \cdot \frac{h^B}{H} [\bar{Q}_1^B + 2\bar{Q}_2^B + 3\bar{Q}_1^B + \dots + (j-1)\bar{Q}_{j-1}^B + j\bar{Q}_j^B]. \quad (9)$$

Рівняння (9) ілюструється графічно, рис. 2, за наступних умов: $\bar{Q}_1^B = \bar{Q}_2^B = \bar{Q}_j^B$; $h^B/h^H = 2,5 \text{ м} / 3,0 \text{ м}$; $h^B/h^H = 3,0 \text{ м} / 3,5 \text{ м}$; $h^B/h^H = 3,5 \text{ м} / 4,0 \text{ м}$.

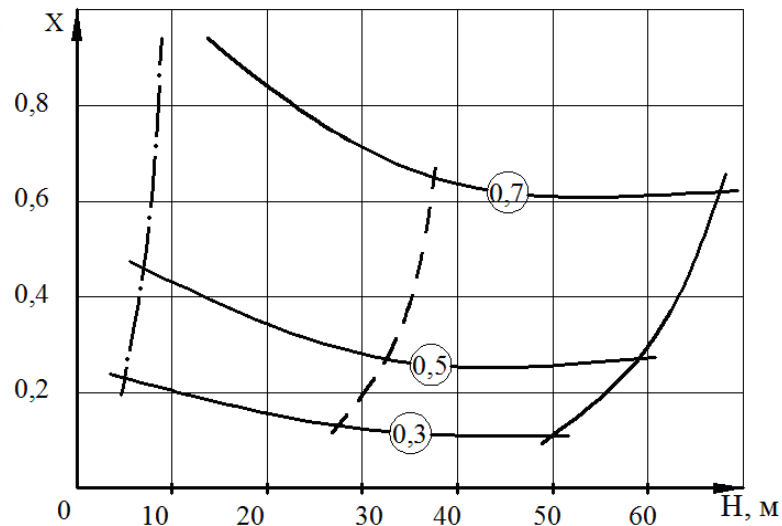


Рис.2. Залежність відносного рівня розміщення теплогенератора в системі опалення з комбінованими стояками при верхній розводці розподільчих магістралей.

Умовні позначення: — $i+j=18$ поверхів; --- $i+j=10$ поверхів;
- . - $i+j=2$ поверхи; $\textcircled{0,3}$, $\textcircled{0,5}$ та $\textcircled{0,7}$ - відповідні значення $\Sigma \bar{Q}^B$.

З представлених графіків слідує, що для зазначених умов рівень розміщення теплогенератора x істотно залежить від висоти системи опалення і температурних умов верхньої та нижньої зон стояка, що побічно враховується співвідношенням $\frac{\Sigma \bar{Q}^B}{\Sigma \bar{Q}_0}$. Його пошукові значення

можуть бути визначені з представленої графічної залежності, рис.2, або з рівняння (9).

Висновок.

Вдосконалення систем водяного опалення на основі раціонального взаєморозташування та взаємозв'язку структурних елементів дозволяє підвищити загальну ефективність роботи систем за рахунок зниження негативного впливу гравітаційного тиску, при якому підвищується теплогідравлічна стійкість. В результаті забезпечується рівномірність та ефективність процесів теплопередачі всіх нагрівальних приладів, як у розрахунковому, так і в експлуатаційному режимах регулювання роботи систем. Техніко-економічна ефективність застосування систем водяного опалення з проміжним розміщенням теплогенератора сумарно враховує позитивний ефект, який досягається на основі вище перерахованих факторів зниження капітальних та експлуатаційних затрат в загальній вартості елементів систем опалення та автоматики.

Список література

1. Сканава А.Н, Махов Л.М. Отопление. – М.: Изд-во АСВ, 2002, 576с.
2. Константинова В. Е. Надежность систем центрального водяного отопления в зданиях повышенной этажности. - М., Госстройиздат, 1976, 183с.
3. Белинкий Е. А. Эксплуатационный режим водяных систем центрального отопления. М., Изд-во МКХ, 1956с.
4. Туркин В.П. Водяные системы отопления с автоматическим управлением для жилых и общественных зданий. – М.; Стройиздат, 1987с.
5. Полунин М.М., Петраш В.Д. Гидравлическая устойчивость систем водяного отопления, ж. Водоснабжение и санитарная техника №10 - 1996, 22-23с.
6. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.; Такі справи, 2005, 304с.
7. Петраш В.Д., Басіст Д.В., Гераскіна Е.А. Підвищення ефективності теплонасосних систем опалення з середнім розведенням магістралей. Наукові праці ОНАХТ, №35, Т-2. Одеса, 2009р. 204-207с.

УДК 697.34

П.М. Мороз, *ген. дир. СП Укрінтерм,*
М.В. Степанов, *к.т.н., доцент, КНУБА,*
В. Ластовка, *магістрант, КНУБА.*

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ

Найбільш крупними споживачами теплової енергії в країні є системи комунального теплопостачання (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) та технологічні потреби промислових підприємств. Більшість із них забезпечуються системами централізованого теплопостачання, як найбільш розвинутого і розповсюдженого. Але на сьогоднішній день ці системи настільки застаріли і технічно відстали від сучасних досягнень, що вже не можуть ні домінувати ні конкурувати з децентралізованим або автономним теплозабезпеченням [1, 2].

Існуючі теплові мережі прокладені в основному в непрохідних залізобетонних каналах з мінераловатною тепловою ізоляцією труб, експлуатуються 30-40 років і більше. Невідповідність технічного стану теплотрас вимогам їх експлуатації та застаріле малоефективне теплотехнічне обладнання призводить до суттєвого зниження надійності та якості теплопостачання. Тому все більшої актуальності в економіці України набуває переорієнтація на енерго- та ресурсозбереження, доцільне використання паливно-енергетичних ресурсів (заміна та модернізація водогрійних котлів, зменшення витрат теплоти і палива, альтернативний вибір джерел енергії, оптимізація режимів експлуатації існуючих систем і обладнання).

Для вирішення більшості задач поставлених перед житлово-комунальним господарством України розроблені системи та технології теплопостачання, випускається вітчизняне теплотехнічне та теплоенергетичне обладнання. Провідним підприємством з випуску газових водогрійних котлів малої та середньої потужності, модульних котелень та індивідуальних теплових пунктів є СП Укрінтерм (м. Біла Церква). Головним залишається питання вдосконалення систем теплопостачання та систем опалення будинків. Не менш важливим є утеплення зовнішніх стін, вікон та покрівлі, через які будівлями втрачається основна кількість теплової енергії.

За останні 10 років намітився суттєвий прогрес в галузі енергоефективного використання тепла та енергозбереження. Введені в дію державні будівельні норми В.2.6-31:2006, які є обов'язковими і для проектувальників і для будівельників. Цими нормами підвищено

мінімальний опір теплопередачі зовнішніх огорожень будинків на 25..40% в порівнянні з нормами II-3-79** та змінами до них, введено вимоги до надійності конструкцій теплоізоляції, підвищені вимоги до показників теплового комфорту в житлових приміщеннях. Але невирішені питання ще залишаються. Навіть за цими нормами допустимі витрати теплоти на опалення багатоповерхових будинків на 28% більші німецьких нормативів [3]. Більше 80% загального енергоспоживання в будівельному комплексі витрачається на експлуатацію раніше споруджених будинків. Фонд вітчизняних житлових та громадських будинків знаходиться в експлуатації протягом багатьох десятиріч і проблема надійності теплової ізоляції цих будинків стає першочерговою. Тому питання ефективності тепlopостачання та тепловикористання необхідно розглядати в комплексі.

Ефективність автономного тепlopостачання будинків визначається, в основному, правильним вибором водогрійних котлів, їх технічними та експлуатаційними характеристиками, а надійність централізованого тепlopостачання залежить від застосованих індивідуальних теплових пунктів, від обраних схем приєднання споживачів до теплових мереж та від технічного стану каналів і мереж трубопроводів. Наприклад, схему незалежного приєднання системи опалення, наведену на рис.1, доцільно застосувати, якщо є необхідність вирівнювання температури повітря в опалюваних приміщеннях. Проте, при недостатній температурі теплоносія в тепловій мережі, комфортні температурні умови в приміщеннях тільки системою водяного опалення забезпечити не можна.

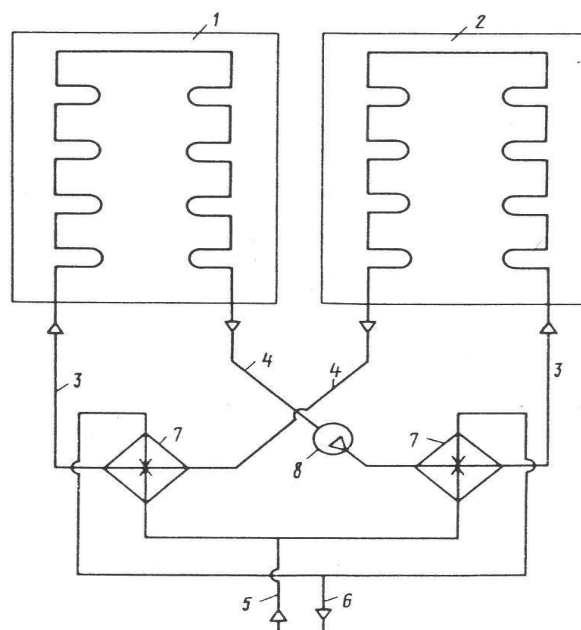


Рис.1. Схема незалежного приєднання системи опалення до теплової мережі (за а. с. №1160189, Бюл. №21, 1985).

1, 2- фасадні системи опалення, 3, 4-подавальний та зворотний трубопроводи, 5, 6-трубопроводи теплової мережі, 7-теплообмінник, 8-циркуляційний насос.

З метою підвищення енергоефективності систем тепlopостачання, спрощення та підвищення точності регулювання температури теплоносіїв в системі тепlopостачання кафедра теплотехніки КНУБА розробила схему ІТП (Патент України №6164, Бюл. №11, 2003р.) з встановленням додаткового масляноводяного теплообмінника (рис.2) для більш глибокого охолодження теплофікаційної води і, відповідно, більш повного використання підведеної в будинок теплової енергії.

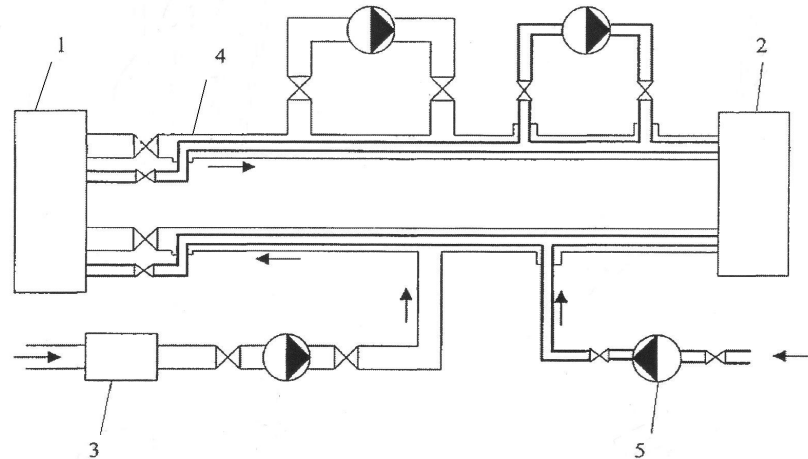


Рис.2. Схема тепlopостачання будинку з додатковим теплообмінником.
1-теплогенератор, 2-місцевий ІТП, 3-установка хімоводопідготовки,
4-масляно-водяний теплообмінник, 5-масляний насос.

Олексюк А.О. запропонував [4] встановлювати в ІТП кожного будинку компактні підігрівачі-акумулятори. Таке технічне рішення дозволяє відмовитись від чотирьохтрубної внутрішньоквартальної теплової мережі, замінивши її двоохтрубною (рис.3) і скоротивши витрату труб, будівельних конструкцій (лотків, опор), інших матеріалів. Застосування підігрівально-акумуляторних установок дає можливість зняти «пікові» навантаження в системах гарячого водопостачання, перерозподіленням теплових навантажень між системами протягом доби.

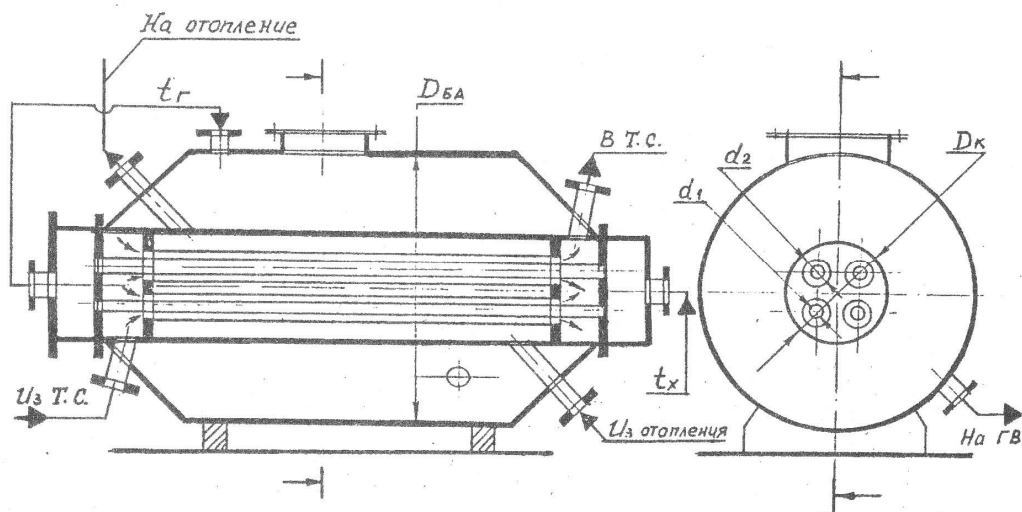


Рис.3. Схема трьохконтурного теплообмінника для ІТП.

Одним із шляхів вирішення проблеми енергозабезпечення в цілому є перехід до схем з використанням відновлювальних джерел енергії. Необхідність науково обґрунтованих підходів до широкого використання нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії в системах теплопостачання будинків активізувалась лише за останні 5...10 років. Застосування сонячної енергії для теплопостачання в Україні має тривалий досвід. Розроблені та введені у виробництво кілька типів геліоколекторів для системи гарячого водопостачання одного з корпусів НВО «Геліотерм» в м.Алушта [5], ряд інших проектів.

Система теплопостачання з використанням сонячної енергії суттєво підвищує ефективність енергозабезпечення та покращує економічні показники. Інтенсивність сонячної радіації в умовах України коливається в межах 2,9...3,6 кВт·год/м² за добу [1,6]. Близько 70...75 % загального потоку сонячного випромінювання надходить в літні місяці (з квітня по вересень), коли нема необхідності опалення будинків. Принципова схема гарячого водопостачання з застосуванням геліоустановки наведена на рис.4. Якщо інтенсивності сонячної радіації недостатньо для приготування гарячої води, додатково включається електронагрівач або газовий водогрійний котел. Така система успішно пройшла випробування в Києві та Одесі для теплопостачання двох житлових будинків площею 500 м² кожний [6].

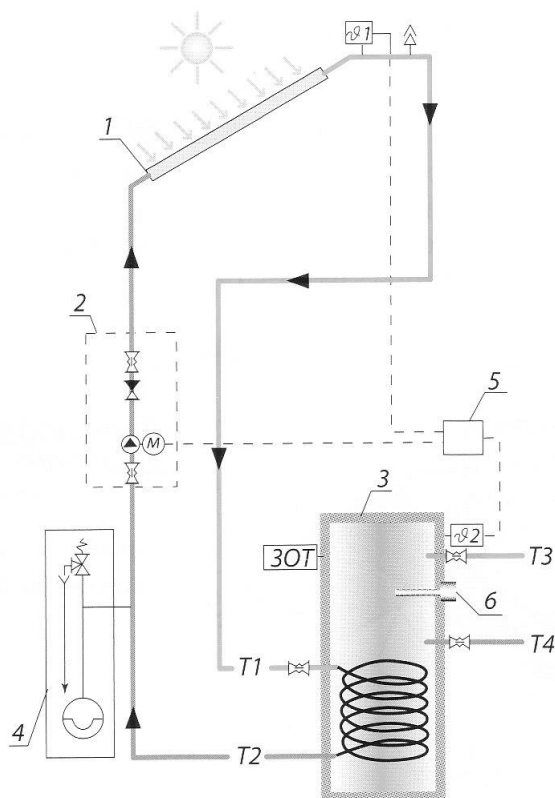
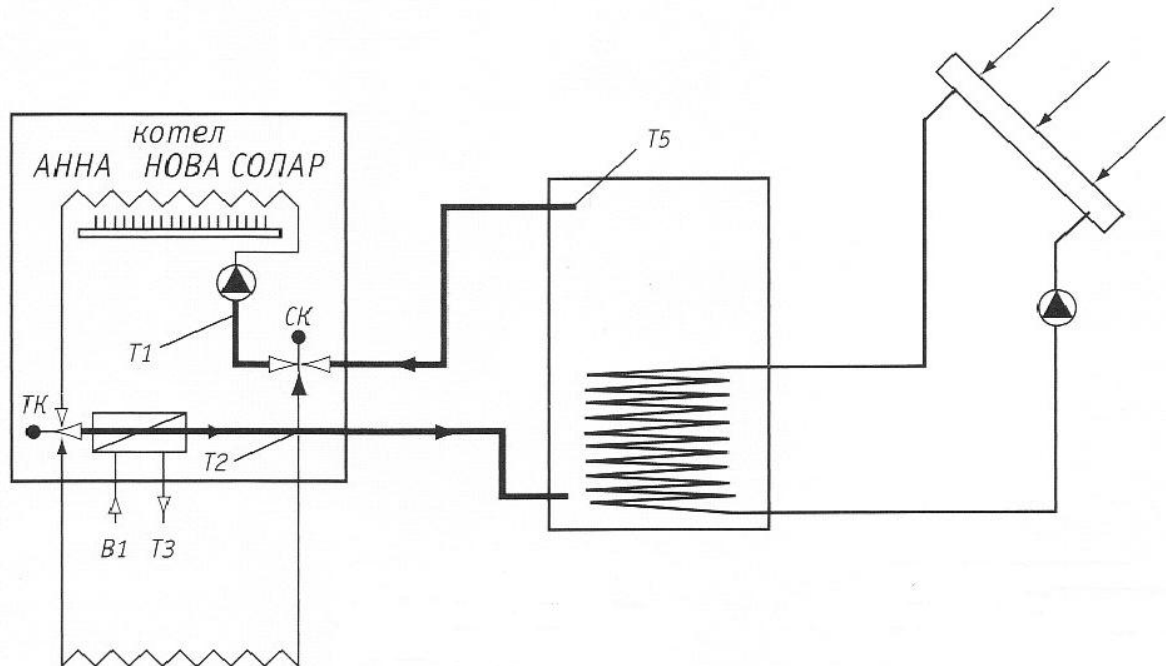


Рис.4. Схема гарячого водопостачання з сонячним колектором.

1-сонячний колектор, 2-насосний блок, 3- смісний акумулятор ГВП,
4-датчик основного нагрівального контура, 5-загальний контролер, 6-насос.

Аналогічна система (рис.5) гарячого водопостачання за допомогою сонячних колекторів змонтована на інженерному корпусі СП Укрінтерм [7] і повністю забезпечує його протягом весняно-літнього періоду.

Накопичений досвід показує, що застосування геліосистем найбільш доцільно та економічно вигідно при створенні систем сонячного гарячого водопостачання та для підігріву води в плавальних басейнах, в бальнеології.



*Рис.5. Схема гарячого водопостачання з геліосистемою
ТК-триходовий клапан, СК-змішувальний клапан, T5-температура в бойлері, T1-температура в подаючій магістралі, T2-температура в зворотній магістралі, B1-подача холодної води, T3-гаряча вода.*

В системах тепlopостачання житлових та громадських будинків широкого застосування набувають компресійні теплові насоси. Термодинамічні процеси, що відбуваються у теплових насосах, це по суті підвищення температури низькопотенційного теплоносія за рахунок підведення механічної або електричної енергії. В подальшому теплоносій з підвищеною температурою подається в теплообмінник для підігрівання води чи повітря. Автономну систему тепlopостачання з тепловим насосом та сонячним колектором запропоновано СП Укрінтерм (рис.6).

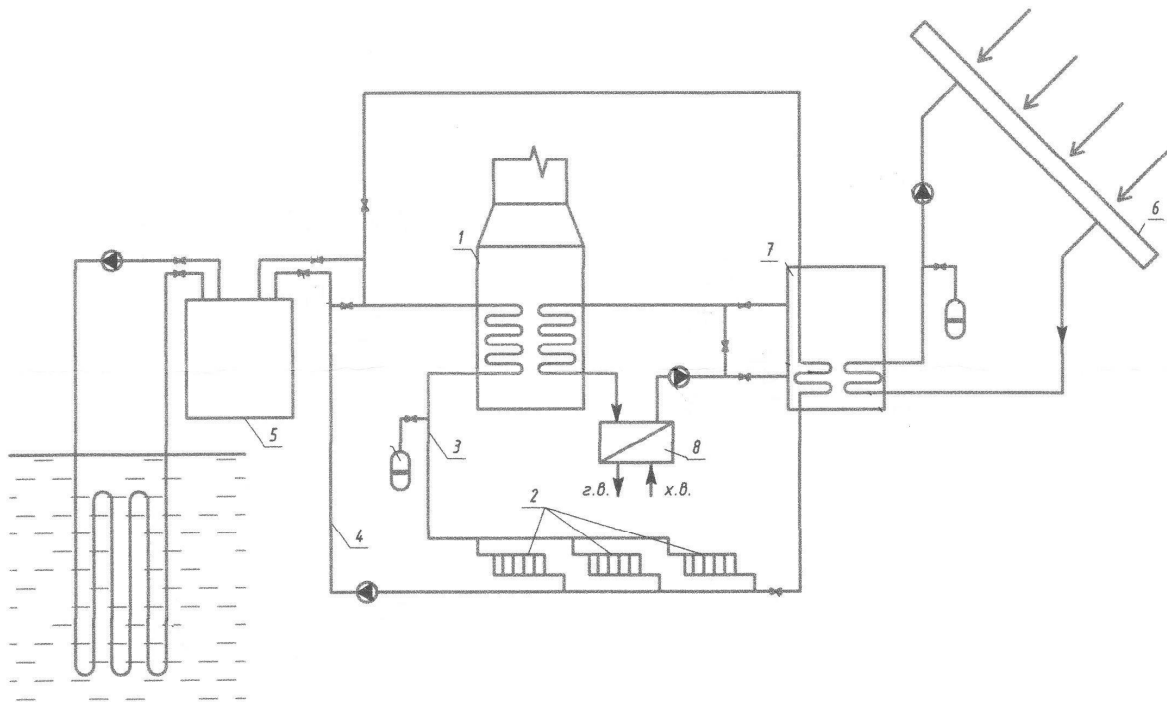


Рис.6. Система автономного теплопостачання.

1-водогрійний котел, 2-опалювальні прилади, 3, 4-подавальна та зворотня магістралі, 5-тепловий насос, 6-сонячний колектор, 7-ємнісний водонагрівач, 8-пластинчастий теплообмінник.

Система автономного теплопостачання включає газовий водогрійний котел, мембранний розширювальний бак, систему опалення, тепловий насос з трубчатим колектором для відбору тепла водного басейну чи ґрунтового масиву та систему геліотеплопостачання з ємнісним водонагрівачем і сонячним колектором. Вода для системи гарячого водопостачання нагрівається в пластинчастому теплообміннику, а при необхідності догрівається газовим водогрійним котлом. Запропонована система автономного теплопостачання будинку дає можливість зменшити витрати палива на опалення та гаряче водопостачання за рахунок застосування теплового насосу та використання сонячної енергії. Тепловий насос потужністю 35 кВт, встановлений в системі гарячого водопостачання на підприємстві Укрінтерм [7], забезпечує економію близько 63700 кВт·год теплової енергії за рік. Оптимальною сферою застосування теплових насосів можна вважати системи повітряного опалення громадських будинків та гаряче водопостачання. Двохрічна експлуатація експериментальної автономної системи теплопостачання з тепловим насосом та сонячним колектором підтвердила економічну і технологічну доцільність комплексного використання геліоколекторів та теплових насосів в теплопостачанні житлових і громадських будинків.

Список літератури

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве – К.: Наукова думка, 2000 – 420 с.
2. Мороз П.М., Степанов М.В. Дослідження режимів експлуатації енерго- ефективних систем тепlopостачання будинку // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. - К. КНУБА вип.. 12.2008. – с.67...74.
3. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій – К.: Гама-Принт, 2009 – 216
4. Олексюк А.А. Энергоресурсосберегающие технологии для систем тепло- снабжения. – Макеевка, ДонНАСА, 2005. – 204 с.
5. Рабінович М.Д., Степанов М.В. Перспективи використання сонячної енергії в Україні для тепlopостачання // Нова тема – №2, 2006 – с. 7-10.
6. Кушніров О.С. Системи тепlopостачання з використанням сонячної енергії // Нова тема. Науково-технічний журнал. - № 4, 2009. – с. 22-25.
7. Мороз П.М. Система опалення та гарячого водопостачання будинків з використанням теплового насоса та сонячного колектора. // Нова тема. Науково-технічний журнал. - №4, 2009. – с. 7-10.

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ КОТЛІВ МАЛОЇ І СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ.

В Україні одночасно з існуючим централізованим теплопостачанням останні десять років широко розвиваються децентралізоване та індивідуальне опалення і гаряче водопостачання будинків. Централізоване теплопостачання конкурує з децентралізованим, хоча крупні теплогенеруючі фірми і неохоче віддають частину свого ринку незалежним виробникам теплової енергії. В великих містах України, де переважає централізоване теплопостачання будинків, потенціальними споживачами децентралізованої енергії є об'єкти, що будуються та власники будинків і квартир, які від'єднуються від систем теплопостачання і встановлюють власні водогрійні котли або будинкові, наприклад, дахові котельні, що забезпечує їм більш комфортні умови проживання. На думку Н.М. Мхітаряна [1] така тенденція буде розвиватись по мірі підвищення рівня життя в країні і в залежності від законодавчої бази та від удосконалення водогрійних котлів, опалювальних приладів, теплообмінників ГВП.

Для систем автономного опалення та гарячого водопостачання окремих будинків і квартир СП Укрінтерм (м. Біла Церква) випускає газові опалювальні водогрійні котли: підлогові «Богдан» та «Укрінтерм», настінні «Анна-Нова», індивідуальні теплові пункти з пластинчастим теплообмінником для ГВП, модулі нагріву МН і МНеко для котельних середньої потужності [2,3].

Сертифікаційний випробувальний центр опалювального обладнання (м.Київ) на своєму обладнанні виконував типові випробування опалювальних котлів з метою визначення теплотехнічних характеристик, екологічних параметрів та показників безпеки. Обробка даних, одержаних під час теплотехнічних випробувань проводилась на персональному комп'ютері.

На випробування були представлені газові водогрійні котли «Богдан», номінальною теплопродуктивністю 42 та 50 кВт, «Анна-Нова-комфорт», номінальною теплопродуктивністю 24,3 кВт, «Укрінтерм», теплопродуктивністю 20 та 42 кВт та модуль нагріву МН-120еко. Основні теплотехнічні показники роботи вказаних котлів і МН, одержані за результатами випробувань, наведені в табл.1.

Таблиця 1

**Основні результати теплотехнічних випробувань
опалювальних котлів СП Укрінтерм**

Назва параметру	Значення показників за результатами випробувань						
	Богдан – 40	УІТ – 20	УІТ – 42		Анна-Нова – 24		МН – 120
			опал.	ГВП	опал.	ГВП	
Нижча теплота згоряння палива, кДж/м^3 , Q_{H}^{P}	36120	36250	36750	36850	35950	35950	
Витрата палива, $\text{м}^3/\text{год}$	4,0	2,27	4,12	4,11	2,72	2,72	14
Номінальна теплова потужність, кВт	40,2	20,4	40,8	40,6	24,6	24,3	120
Температура води, $^{\circ}\text{C}$ на вході в котел, $t_{\text{вх}}$ на виході із котла, $t_{\text{вих.}}$	54,1 73,9	55,4 76,1	59,4 78,8	16,1 50,9	64,0 82,9	13,3 48,2	60,3 85,2
Витрата води, кг/год	1573	849,4	1815	1004	1112	597	4150
Склад вихідних газів: Диоксид вуглецю, CO_2 , %	4,1	4,40	8,31	8,4	6,3	6,2	6,5
Оксид вуглецю, CO , мг/м^3	12	7,1	47	48	44	58	37
Оксид азоту, NO_x , мг/м^3	39	233,8	16	10	207	204	15
Температура вихідних газів, $t_{\text{в.г.}}$, $^{\circ}\text{C}$	193	105	73	70	165	162	126,2
ККД, %	90	89,3	97	96,5	90,5	-	91,4

Температура вихідних газів та склад цих газів (вміст кисню, оксиду вуглецю, двооксиду вуглецю і оксиду азоту) вимірювались газоаналізатором «Тесто-342-3», класом точності $\pm 0,2\%$ (CO_2), ± 20 ppm (CO), ± 5 ppm (NO_x); температура води, повітря, природного газу вимірювались лабораторними термометрами ТЛ-4 класом точності $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Випробування водогрійних котлів та МН проведені з використанням природного газу тиском 1960 Па з нижчою теплотою згоряння, приведену до нормальних умов, $Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 35950 \text{ кДж/м}^3$, за таких умов в приміщенні, де проводились випробування:

- Відносна вологість повітря 64...67%
- Температура повітря 20,3...20,4 $^{\circ}\text{C}$
- Барометричний тиск 98 кПа
- Швидкість руху повітря 0,25 м/с

- Вміст вуглекислого газу в повітрі 0%

В результаті випробувань одержані теплотехнічні параметри та експлуатаційні характеристики водогрійних котлів та модулів нагріву, які випускає СП Укрінтерм (табл.2). Встановленні функціональні залежності між окремими параметрами. Наприклад, збільшення витрати води, що циркулює через водогрійний котел потребує збільшення теплової продуктивності котла, а із зменшенням температури вихідних газів підвищується ККД.



Котли серії «Богдан»

Котел «Богдан» - це підлоговий газовий котел з атмосферним пальником інжекційного типу і чавунним секційним теплообмінником потужністю 35, 42,50, 80кВт, призначений для опалення, а при необхідності і гарячого водопостачання житлових будинків, офісів.

Переваги чавунного теплообмінника:

довготривалість, низький гідравлічний опір, можливість нарощування потужності теплообмінника збільшенням кількістю секцій, велика енергоємність. Панель управління має зручне розташування і повний комплект необхідних для контролю приладів.

Особлива увага приділяється безпеці експлуатації. Для цього використовуються електронні датчики, що виявляють збої в роботі котла і припиняють подачу газу в аварійних випадках.



Котли серії «Укрінтерм»

Котли опалювальні водогрійні підлогові УКРІНТЕРМ-13 та УКРІНТЕРМ-20 із сталевим теплообмінником, оснащені газовою автоматикою, яка підтримує задану температуру води в опалювальній системі та відключає подавання газу в аварійних випадках (згасання полум'я, відсутність тяги, перегрів теплоносія, припинення подачі газу).

В опалювальному апараті "Укрінтерм-42" використаний термоблок, який включає в себе камеру згоряння, теплообмінник і газопальниковий пристрій з трубчатим пальником, на який за допомогою вентилятора подається заздалегідь приготована у потрібній для повноцінного горіння пропорції суміш "газ-повітря".

Використання такої технології горіння дозволяє знизити вміст шкідливих речовин в продуктах згоряння та підвищити ККД.

В залежності від необхідної миттєвої теплової потужності вентилятор може змінювати частоту обертання, забезпечуючи таким

чином модуляцію полум'я в межах від 20 % до 100 % теплової потужності.



Газовий опалювальний двоконтурний апарат « Анна-нова»

Якщо споживачеві необхідна велика кількість води для технологічних та господарських потреб, то використовують газові котли настінні двоконтурні з вбудованим бойлером місткістю 40...60 л призначені для автономного опалення і гарячого водопостачання. Апарати опалювальні газові двоконтурні серії «Анна-нова» призначені для опалення и гарячого водопостачання житлових будинків та споруд комунально-побутового призначення. Теплова потужність котлів «Анна-нова» 24 ,28 та 30 кВт.

Конструктивно такі апарати випускаються з відкритою (ОК) і з закритою (ЗК) камерою згоряння. Котли «ЗК-комфорт» – такі ж як «ЗК»,але з додатковим теплообмінником-рекуператором і, відповідно, більш високим ККД(до 97%).



Модулі нагріву серії МН

Вартість будівництва чи реконструкції мереж централізованого теплопостачання на порядок перевищує вартість проектування і будівництва дахової котельні житлового або громадського будинку. В таких умовах виробництво теплової енергії є більш доцільним в місцях її споживання (дахові або вбудовані котельні). Для дахових котельнь

найбільш доцільним є використання модулів нагріву МН-120еко та МН-100еко виробництва СП «Укрінтерм». Модулі нагріву серії МН-еко доукомплектовані спеціальними пальниками та теплообмінниками, що дають можливість значно зменшити викиди в атмосферу газами СО та NO_x з димовими газами та підвищити ККД до 92%.

Таблиця 2.

Основні технічні характеристики водогрійних котлів СП Укрінтерм

Найменування параметрів	Значення параметра				
	Богдан - 42	УІТ – 20	УІТ – 42	Анна – нова 24 ЗК комфорт	МН 120еко
Номінальна теплова	42	20	42	25	120

потужність, $\pm 10\%$, кВт					
------------------------------	--	--	--	--	--

Продовження таблиці 2

Максимальна витрата газу м ³ /год, при 20° С, 101,3кПа, Q _{н.р.} = 36950 кДж/м ³	4,50	2,39	4,55	2,68	11,6
Коефіцієнт корисної дії, %	88	89	97	97,2	92
Максимальна температура теплоносія, С°	95		90	85	95
Діапазон регулювання температури теплоносія на виході з котла, С°	50-90	50-85	40-85	35-80	50-95
Температура продуктів згоряння на виході з котла, С°	110	110		65	110
Габаритні розміри:					
-висота, мм	895	900		740	2200
-ширина, мм	570	600		400	711
-глибина, мм	823	700		300	500
Маса котла, кг	160	100	70	33	170

На внутрішній ринок України пропонуються теплогенератори різного призначення, різної потужності, різної вартості [4,5,6,7], які виробляються підприємствами багатьох європейських фірм та українськими підприємствами (табл.3). Серед них підлогові опалювальні котли, настінні газові одноконтурні та двоконтурні водонагрівачі, модульні котельні установки в т.ч. для дахових котелень малої та середньої потужності.

Аналіз даних теплотехнічних та техніко-економічних показників водогрійних котлів для систем автономного центрального опалення та гарячого водопостачання дає можливість зробити такі висновки:

1. Українські виробники котельного обладнання та пропозиції закордонних фірм в повному об'ємі задовольняють потреби вітчизняних споживачів. Теплова потужність індивідуального будинку, котеджу чи окремої квартири в багатоквартирному будинку може бути забезпечена як одним котлом (одноконтурним чи двоконтурним) так і кількома котлами.

2. Коефіцієнт корисної дії котлів майже всіх виробників досить високий (на рівні 90-92%). За металоємністю, коефіцієнтом корисної дії та за вартістю серед котлів вітчизняного виробництва кращими є котли виробництва СП Укрінтерм (див. діаграми на рис.1,2,3).

Таблиця 3

Зведена таблиця технічних даних котлів малої потужності

Технічні дані Котли	Теплова потужність, кВт	Витрата прир.газу, м3/год	ККД, %	Габаритні розміри: вис/шир/глиб, мм	Маса, кг	Темп води, °С	Ціна, Євро
Настінні газові							
АННА-НОВА 24 ОК	27	2,9	90,5	740/400/300	33	85	570
24 3К комфорт	25	2,68	97,2	740/400/300	33	85	1146
28 3К	31	3,33	91	740/400/300	43	85	780
30 3К комфорт	31	3,33	97	740/400/300	47	85	1212
Viessman Vitopend 100WH1D	24	2,6	93	725/400/340	31	76	673
Vitopend 100WH1B	30	3,53	90	360/450/725	31		795
TERM з бойл 28 LXZ	31	1,4- 3,25	90	830/500/344	36	80	764
20 LXZ	22,2	0,9- 2,3	90	830/500/344	35	80	679
12 TLXZ	20	1,15- 2,1	90	940/500/344	35	80	633
DUO50T	49	2,1- 5,2	92	900/560/430	58	80	1224
Dacon DUA 24	24	1,1- 2,4	93	880/450/345	47	40- 80	1130
DUA 30	30	1,5- 3,2	93	880/520/385	55	40- 80	1353
Protherm tiger 24 KTZ	23,7	-	91	900/570/410	70	85	1065
12KTZ	11,5	-	91	900/570/410	70	85	1130
Protherm pantera 24 KTO	24,6	-	92,5	740/410/330	35,5	85	620
Підлогові							
Viessman Vitogas100	29	3,39	92	877/650/760	142	85	1433
GENIO TECNIC TS25B	31,6	3,3	91,9	1400/600/600	210	80	-

TS30B	34,6	3,7	91,3	1400/600/600	210	80	-
Protherm 20KLO	17	1,4- 2,0	92	830/335/600	90	90	671

Продовження таблиці 3

30KLO	26	2,1- 3,0	92	830/420/600	110	90	775
40KLO	35	2,9- 4,0	92	830/505/600	136	90	943
50KLO	44,5	3,6- 5,2	92	830/590/600	164	90	1052
Buderus Logano G124WS	20	2,3	90	845/545/600	127	80	1362
Данко-24 (Рівне)	24	2,8	92	850/585/450	102	90	279
Рівнетерм-32	32	3,2	91	1010/655/420	125	90	334
Рівнетерм-48	48	5	91	1010/655/560	170	90	513
Богдан-40 (Біла Церква)	40	4,28	90	895/570/823	140	95	816
Богдан-47 Еко	47	5,05	90	895/650/823	155	95	876
Богдан-55	55	5,28	90	895/810/823	170	95	972
УКРІНТЕРМ 20	20	2,39	89	900/600/700	100	85	260
УКРІНТЕРМ 42	42	4,55	97	900/415/585	70	85	1600
ІВАС-18 (Фастів)	18	2,1	90	340/420/850	42	85	535
ІВАС-35	35	4,1	90	365/540/870	43	85	911

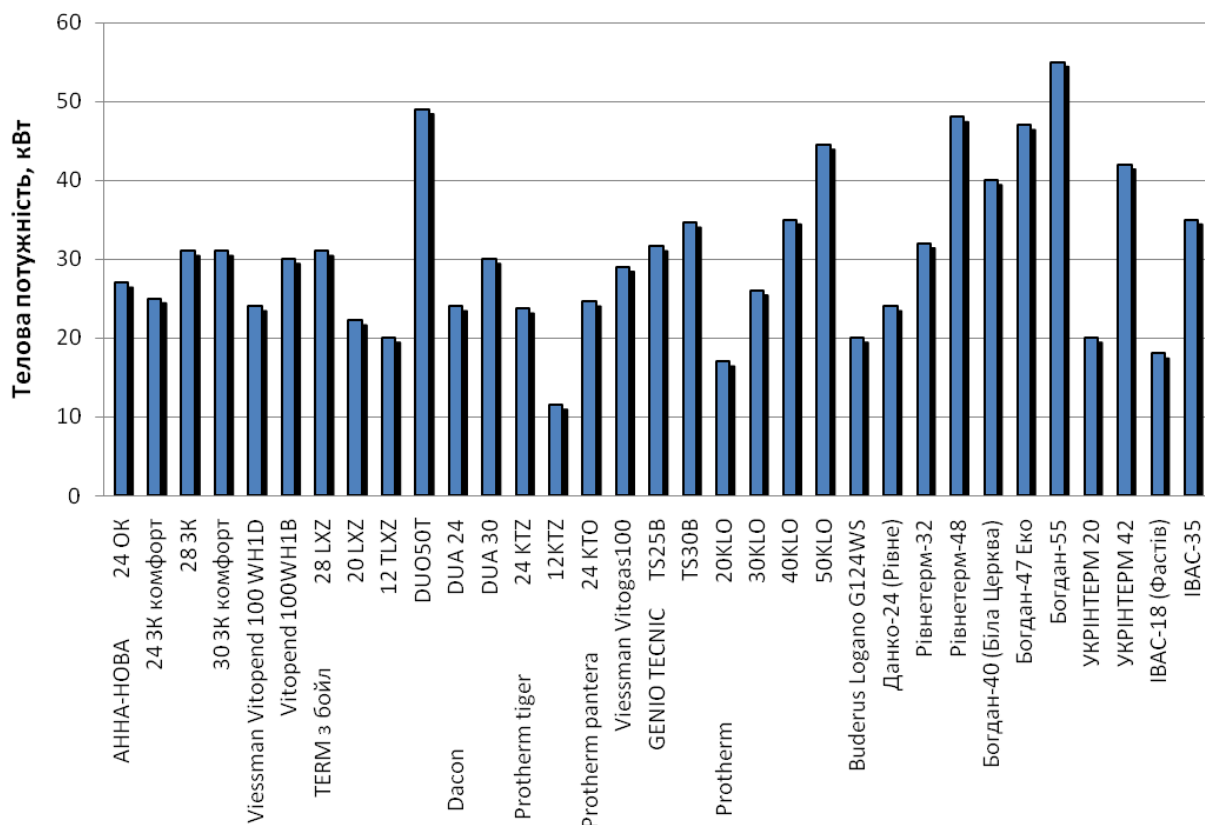


Рис. 1. Діаграма теплових потужностей котлів

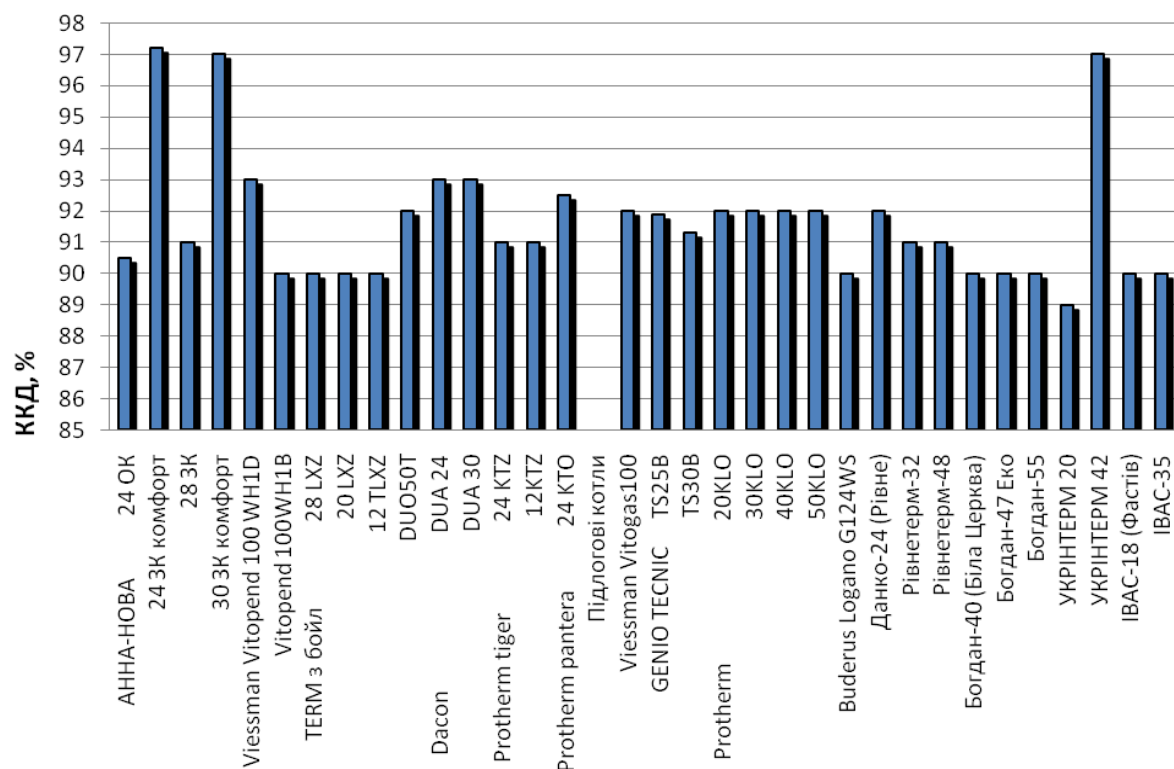


Рис. 2. Діаграма ККД котлів

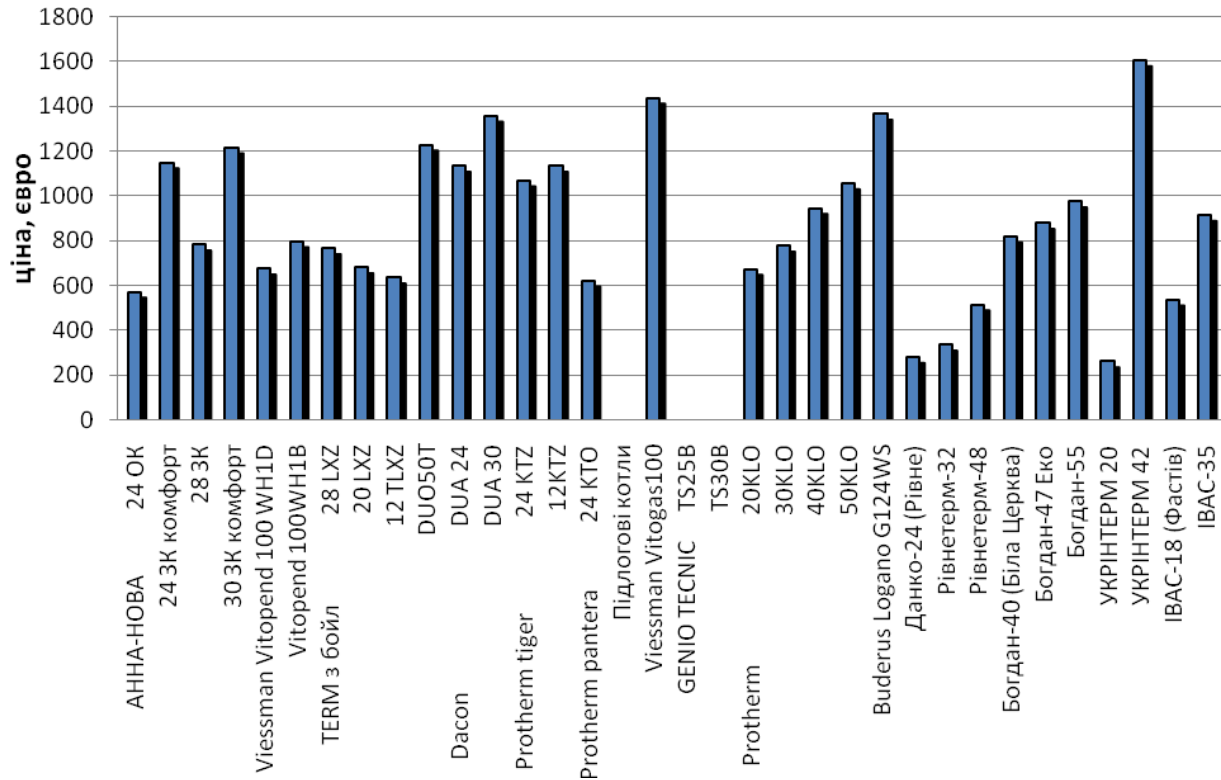


Рис. 3. Ціна котлів

Список літератури:

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве – К.: «Наукова думка», 2000р., 420стр.
2. Мороз П.М. Аналіз розвитку та впровадження автономних джерел тепlopостачання//Нова тема.-№2/2009
3. www.ukrinterm.com.ua
4. www.termona.ru
5. Інструкція по сервісному обслуговуванню котлів Viessman
6. Технічний паспорт «Buderus» Logano 124WS
7. Зобнін Д. Побутові котли вітчизняного виробництва: реальність і перспективи// Аква Терм. – №5/2006

ВИДАТНІ ВЧЕНІ, ПЕДАГОГИ.



Богословський В'ячеслав Миколайович (1923-2001) — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри опалення і вентиляції Московського інженерно-будівельного інституту (нині Московский государственный строительный университет), Заслужений діяч науки і техніки Російської федерації, академік Російської академії будівництва і архітектури, член вищої атестаційної комісії при раді міністрів СРСР.

Богословський В.М. народився 30 травня 1923 року.

В 1941р. після закінчення середньої школи поступив в Московський інженерно будівельний інститут (в російській аббревіатурі МІСИ) на факультет теплогазопостачання і вентиляції. Осінню того ж 1941р. він був призваний в ряди Червоної Армії і пройшов нелегкий шлях

радянського солдата. В 1944р. після важкого поранення В.М. Богословський був демобілізований з армії і повернувся в сім'ю студентів. Після закінчення інституту вступив в аспірантуру МІСИ, написав і успішно захистив кандидатську дисертацію за досить маловідомою в той час проблемою тепловологісного режиму будівель.

В складі другої Антарктичної експедиції Радянського Союзу він очолив теплофізичні дослідження в Антарктиді. Після повернення в Москву В.М. Богословський призначений доцентом кафедри опалення і вентиляції, в 1959-1964рр. був деканом факультету теплогазопостачання і вентиляції МІСИ.

Після захисту докторської дисертації В.М. Богословський продовжував працювати над вирішенням проблем, пов'язаних з тепловим та повітряним режимом будівель. В 1971р. В.М. Богословський був обраний завідувачем кафедри опалення і вентиляції і очолював цю кафедру до 1989р. Він підготував сотні спеціалістів з опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, написав прекрасні підручники, «Отопление», «Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха)», якими ще й сьогодні користуються студенти й аспіранти. В'ячеслав Миколайович вперше зібрав та систематизував курс теплового і повітряного режиму будинків. Його підручник «Строительная теплофизика» очевидно, перше видання, де сформульовані, пояснені фізичні процеси, які впливають на формування мікроклімату в приміщеннях, які опалюються та вентилуються. Дві його книги по теплому та повітряному режиму будівель і на теперішній час є невичерпною криницею знань, ідей, які можна розвивати...

В. М Богословський займався в нашій спеціальності питаннями, які на перший погляд здавалися абсолютно тривіальними, наприклад як нестаціонарність процесів теплообміну в приміщенні впливає на величину тепловтрат (і, звичайно, теплонадходжень) і потужності системи опалення. В. М. Богословський ввів в практику таке поняття як коефіцієнт забезпеченості в розрахункових умовах відносно зовнішнього клімату. До цього всі розраховували тепловтрати за температурою найхолоднішої п'ятиденки, але коли з'явилися нові конструкції обгороджень, виявилось, що цього недостатньо.

Під керівництвом В. Н. Богословського були оброблені кліматичні дані спочатку для Москви, потім для ряду інших міст, і ті коефіцієнти забезпеченості, які ми сьогодні маємо для будівельної кліматології у нашій спеціальності стали використовуватися саме після його робіт.

У питаннях формування надійного повітряно-теплового режиму досі у будь-яких модифікаціях, яку б систему ми не розраховували, ми використовуємо 1-у і 2-у умову комфортності, які сформулював, запропонував і впровадив В'ячеслав Миколайович.

За спогадами одного з його учнів віце-президента НП «АВОК» Є.О Шилькрота «Вячеслав Николаевич практически никогда не «разжевывал» задачу, которую он ставил перед учеником, часто он сам не знал решения. Он подсказывал путь поиска, литературу, где можно посмотреть аналогичные вопросы, но всегда был готов обсудить результаты. В. Н. Богословский обладал поразительной интуицией, он видел «слабые» места сразу, даже в вопросах, которыми он сам никогда прежде не занимался. Это особенно хорошо было видно на защитах



диссертаций, когда он моментально схватывал «болеву точку» практически любой работы. Вячеслав Николаевич был чрезвычайно яркой личностью. Это его качество проявлялось в науке, педагогике, в общении с друзьями». Він був надзвичайно різносторонньою, талановитою людиною, оптимістом і життєлюбом.

23 лютого 2001 року солдат Великої вітчизняної війни, професор В'ячеслав Миколайович Богословський помер. Залишились його книги. Читайте їх, читайте вдумливо, критично – він завжди на цьому наполягав – і беріть знання і підхід до розуміння і рішення нових завдань. У книгах В. Н. Богословського дуже багато ідей, які ще не реалізовані.

АНОТАЦІЇ

«ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УКРАЇНІ» – 3 НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

<i>Л.Л. Покровский, Г.М. Семчук П. Ю., Зембицкий.</i> Стратегия коммунальной электроэнергетики Украины на период до 2030 года.....	3
<i>О.Л. Підгорний, В.О. Плоский, О.В. Сергейчук.</i> Актуальні проблеми геометричного моделювання в задачах енергозбереження у будівництві.....	23
<i>Э.С. Малкин.</i> Взгляд на возможные пути перехода на эффективное энергоснабжение в Украине.....	31
<i>Ю.К. Росковшенко, М.П. Сенчук.</i> Ефективність використання твердого палива в модернізованих системах теплопостачання.....	35
<i>Г.Г. Фаренюк.</i> Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів.....	46

<i>І.І. Катцов, О.М. Лобко. Аналіз пошкоджуваності теплопроводів і трубопроводів гарячого водопостачання теплових мереж</i>	55
<i>В.Ф. Гершкович. Особенности гидравлически устойчивого регулирования</i>	60
<i>О.Н.Зайцев, К.И. Борисенко. Перспективные направления и аспекты модернизации водяных систем отопления жилых зданий</i>	66
<i>О.Т.Возняк, Ю.С.Юркевич, В.М.Желих. Аналіз економічних ефектів при термомодернізації будівель</i>	73
<i>О.М. Голишев, Д.В. Михалків. Підвищення ефективності систем опалення приміщень великого об'єму громадських будівель</i>	86

ТЕПЛООБМІН, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ГАЗОПОСТАЧАННЯ

<i>І.Е. Фуртат, В.О. Мельник, І. О. Сергієчко. Оптимізація конструктивних рішень головної магістралі в одяної теплової мережі</i>	92
<i>Корбут В. П., Іщенко М. Ю. Особливості розповсюдження газопароповітряного факелу комбінованої баштової градирні</i>	98
<i>А.А. Олексюк, М.В. Долгов. Оптимізація гідравлічних режимів роботи теплових мереж</i>	108
<i>М.В. Степанов, Л.В. Дідик, П.Г. Берегова, Т.В. Ілліна. Теплопередача в циліндричному теплообміннику з еластичною теплопередаючою стінкою</i>	116
<i>О.В. Задоянний, А.А. Ящук. Економічна доцільність використання тирси в якості палива для парової котельні деревообробного комбінату</i>	126
<i>П.М. Гламаздін, К.О. Цикал. Методи підготовки води для систем теплопостачання</i>	130
<i>К.М. Предун, С.Г. Рибачов, А.В. Ахоніна. Техніко-економічне порівняння систем газопостачання населених пунктів</i>	135
<i>П.М. Гламаздін, А.Д. Гламаздіна. Нічне акумулювання теплоти в системах гарячого водопостачання</i>	139
<i>П.Ф. Марчук. Ремонт газопроводів з використанням поліетиленових труб</i>	142
<i>А.О. Олексюк, С.В. Васильєв. Сучасні теплоізоляційні матеріали України в системах ТГВ</i>	147
<i>М.Ф.Джалилов, А.С. Юсубов. Об определении условий возможности применения подкисления при</i>	

підготовке подпиточной воды теплосети.....	152
<i>Басист Д.В.</i> Системи опалення з комбінованими стояками підвищеної теплогідравлічної стійкості.....	157

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

<i>П.М. Мороз, М.В. Степанов, В. Ластовка.</i> Енергоефективні системи теплопостачання житлових та громадських будинків.....	163
--	-----

<i>П.М. Мороз, А.П. Дудніков, М.В. Степанов.</i> Теплотехнічні випробування котлів малої і середньої потужності для систем тепlopостачання будинків.....	170
--	-----

ВИДАТНІ ВЧЕНІ, ПЕДАГОГИ.....	179
-------------------------------------	-----

АНОТАЦІЇ.....	181
----------------------	-----

ВЕНТЛЯЦІЯ, ОСВІТЛЕННЯ ТА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 14

Підписано до друку 24.11.2010 Формат 60×84/16
Папір друк. №1. Умовн. друк. арк. ????? Обл. вид. арк. ????
Тираж 150 прим. Зам. 10-1703

Віддруковано на ІВНВКП «Укреліотех»
Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК 3310 від 07.11.2008 р.