

УДК: 697.34; 681.51.

А. А. БОБУХ, кандидат технических наук, доцент

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков, Украина

Д. А. КОВАЛЁВ, кандидат технических наук, доцент

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова,  
г. Харьков, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗАКРЫТОГО ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И МОДЕРНИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВЫХ ПУНККТОВ**

*Рассматриваются вопросы повышения энергосбережения инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, в частности, закрытого централизованного теплоснабжения города, за счет применения автоматизации технологических процессов. В результате исследований была разработана функциональная схема автоматизации технологических процессов индивидуального теплового пункта.*

*Розглядаються питання підвищення енергозбереження інженерних систем житлово-комунального господарства, зокрема, закритого централізованого теплопостачання міста, за рахунок застосування автоматизації технологічних процесів. В результаті досліджень була розроблена функціональна схема автоматизації технологічних процесів індивідуального теплового пункту.*

### **Введение**

Повышение эффективности эксплуатации закрытого централизованного теплоснабжения (ЗЦТ) города представляет собой актуальную научно-техническую задачу государственной политики в сфере теплоснабжения [1], практическое решение которой зависит от многих факторов, среди которых как реконструкция и модернизация технологических объектов управления (ТОУ) ЗЦТ, совершенствование структуры и технической реализации разработанных в конце 80-х годов прошлого века систем автоматизации ТОУ ЗЦТ городов, так и разработка с применением математических моделей новых автоматизированных систем управления (АСУ) параметрами технологических процессов на базе современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации (КИП и СА), в том числе микропроцессорных контроллеров (МПК), и их реализация.

ЗЦТ города представляет собой сложную иерархическую структуру, в состав которой входят ТОУ [2]: источник тепловой энергии (тепловая электростанция (ТЭС) или районные котельные), магистральные тепловые сети с подкачивающими насосными станциями на них и магистральными камерами, районные тепловые распределительные сети, центральные тепловые пункты (ЦТП) на группы зданий, внутриквартальные распределительные тепловые сети, индивидуальные тепловые пункты (ИТП), системы отопления с отопительными приборами потребителей тепловой энергии (СО).

Важными ТОУ ЗЦТ являются ЦТП на группы зданий, которые расположены между ТОУ – районными тепловыми распределительными сетями и внутриквартальными распределительными тепловыми сетями. ЦТП на группы зданий как ТОУ представляет собой комплекс сооружений и устройств, предназначенных для размещения оборудования, арматуры, приборов контроля и управления.

Теплоноситель, поступающий в ЦТП из подающего трубопровода районных тепловых распределительных сетей, отдает часть тепловой энергии на подогрев воды в системы горячего водоснабжения (СГВ) к потребителям этой воды, и транспортируется далее во внутриквартальные распределительные тепловые сети. От потребителей тепловой энергии теплоноситель возвращается в ЦТП из обратного трубопровода внутриквартальных распределительных тепловых сетей и по обратному трубопроводу

районных распределительных и магистральных тепловых сетей возвращается на ТОО – источник тепловой энергии для повторного нагрева и дальнейшего использования.

### Основной материал

В последнее время все больше внимания уделяется вопросам повышения энергосбережения при реконструкции ЦТП за счет отказа от нагрева воды в нем (из городского водопровода) для СГВ и подачи ее к ИТП каждого здания (например, микрорайона). При этом производится модернизация ИТП, которая предусматривает монтаж водонагревательной установки (ВНУ) для СГВ здания, а также разработку новых АСУ параметрами технологических процессов ИТП. При указанной модернизации ИТП достигается экономия тепловой энергии за счет отсутствия теплопотерь при транспортировке нагретой в ЦТП воды для СГВ по длине трубопровода от ЦТП к ИТП. Важной задачей экономии тепловой энергии является также предотвращение перерасхода горячей воды, обусловленного избыточным давлением ее в малоэтажных при разноэтажных (от 5 до 16 этажей) зданиях микрорайона. Кроме того, повышение эффективности энергосбережения модернизируемого ИТП способствует отсутствию расхода электроэнергии на перекачку горячей воды от ЦТП к ИТП насосами с электродвигателями, а также экономии денежных средств на приобретение трубопроводов транспортировки горячей воды от ЦТП к ИТП, их прокладку, техническое обслуживание и ремонт.

Реализацию задачи предлагаемой модернизации рассмотрим на примере одного 5-этажного 50-ти квартирного жилого дома. Для этого ТОО разработана функциональная схема автоматизации технологических процессов (ФСА ТП) с применением современных общепромышленных и специальных КИП и СА, в том числе МПК (рисунок). Без нарушения требований ДСТУ к разработке ФСА ТП из-за сложной технологической схемы рассмотрим краткое описание фрагмента технологических процессов.

Горячий теплоноситель (1.1) из внутриквартальной разводящей тепловой сети (на ФСА ТП не показана), имеющий температуру свыше 95 °С, поступает на ИТП (1), разделяясь на два потока.

Первый поток (1.1.1) горячего теплоносителя (1.1) подается на одноступенчатую ВНУ (2) (производства «АНКОР-ТЕПЛОЭНЕРГО» типа Н 0,1-7-1КУ при параллельном ее подключении) для подогрева смешанной воды (1.6), которую получают смешением холодной (1.5) и циркуляционной (1.8) воды, для приготовления горячей воды (1.7) требуемой температуры, поступающей в СГВ указанного жилого дома (на ФСА ТП СГВ не показана). Для автоматического управления температурой горячей воды (1.7) необходимо предусмотреть ее контроль с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расхода первого потока горячего теплоносителя (1.1.1) в одноступенчатую ВНУ (2). Автоматическое управление температурой горячей воды (1.7) в значительной мере зависит от интенсивности ее потребления, а так же за счет охлаждения в часы незначительного отбора. Для устранения этих влияний установлен циркуляционный насос (3) с электродвигателем, который подает циркуляционную воду (1.8) на смешение с холодной водой (1.5). Для автоматического управления температурой и давлением циркуляционной воды (1.8) необходимо предусмотреть контроль указанных параметров с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расхода этой воды (1.8) путем изменения числа оборотов электродвигателя циркуляционного насоса (3). Для автоматического управления соотношением температур смешанной воды (1.6) в одноступенчатую ВНУ (2) и горячей воды (1.7) в СГВ необходимо предусмотреть контроль указанных температур и при их равенстве выполнять расчет и выдачу управляющих воздействий на изменение расхода холодной воды (1.5) вплоть до прекращения ее подачи, при необходимости. После одноступенчатой ВНУ (2), отдавший теплоту теплоноситель (1.1.3) подается на смешение с первым потоком (1.4.1) обратного из СО (4) теплоносителя (1.4).

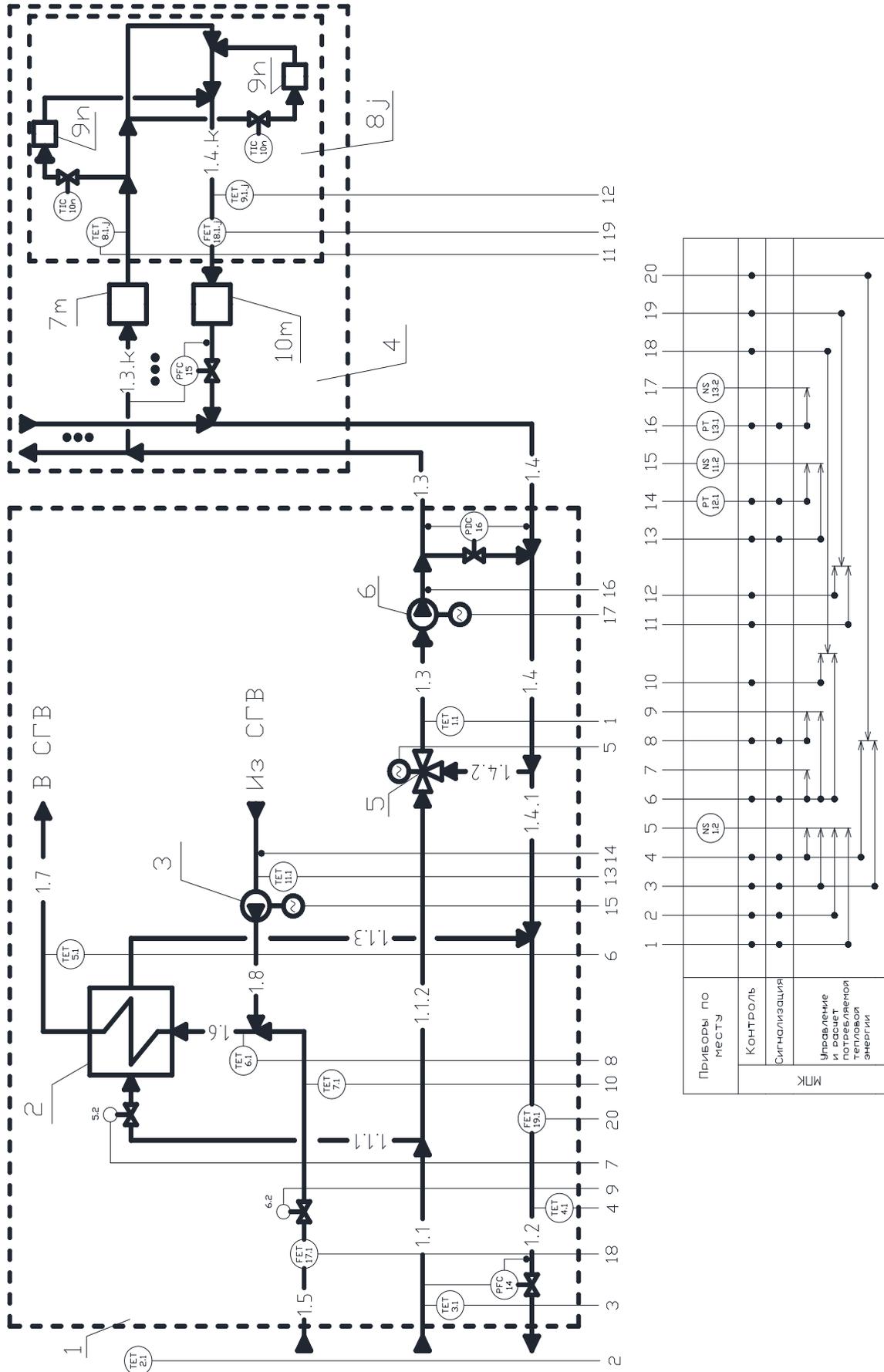


Рисунок. Функциональная схема автоматизации технологических процессов ИТП, СО и СГВ

В результате смешения этих двух потоков, образуется обратный теплоноситель (1.2) из ИТП (1), который подается во внутриквартальную разводящую сеть (на ФСА ТП не показана).

Второй поток (1.1.2) горячего теплоносителя (1.1) подается на трехходовой управляющий клапан (5) со специальным приводом типа VF 350 фирмы «Danfoss», на смешение со вторым потоком (1.4.2) обратного теплоносителя (1.4) из СО (4), в результате получаем смешанный теплоноситель (1.3). Для автоматического управления температурой смешанного теплоносителя (1.3) необходимо предусмотреть ее контроль с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение соотношения расходов вторых потоков горячего (1.1.2) и обратного (1.4.2) теплоносителей с коррекцией по температурам: наружного воздуха, горячего (1.1) в ИТП (1) и обратного (1.2) из ИТП теплоносителей. Смешанный теплоноситель (1.3) насосом (6) с электродвигателем с мокрым ротором подается в вертикальную 2-трубную СО (4) с нижней подачей через три коллектора ( $7m$ ) ( $m = \overline{1,15}$ ) смешанного теплоносителя (1.3.k) на каждый этаж в три секции с поэтажной горизонтальной разводкой и с отдельными контурами на каждую из квартир ( $8j$ ) ( $j = \overline{1,50}$ ) 5-этажного дома.

Для обеспечения нормальной работы насоса (6) с электродвигателем с мокрым ротором необходимо предусмотреть контроль давления смешанного теплоносителя (1.3) в напорном патрубке указанного насоса (6) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расхода этого теплоносителя путем изменения числа оборотов электродвигателя этого насоса (6) при необходимости.

В комнатах квартир жилого дома установлены радиаторы конвекторного типа RADIK VKM фирмы «KORADO» ( $9n$ ) ( $n = \overline{1,165}$ ) в которые подается смешанный теплоноситель (1.3.k). Для экономии энергоресурсов и создания комфортных условий в комнатах установлены терморегуляторы радиаторные в комплекте фирмы «Danfoss» типа RTO-N (поз.  $10n$  ( $n = \overline{1,165}$ )), выполняющие функции показывающего вторичного прибора с возможностью индивидуального задания дистанционно (вручную) желаемой температуры воздуха в помещении и индивидуального автоматического регулятора отпуском тепловой энергии по заданной температуре в  $n$ -радиатор, вплоть до прекращения ее подачи. Обратный из каждой секции этажа СО (4) теплоноситель (1.4.k) через три коллектора ( $10m$ ) ( $m = \overline{1,15}$ ) подается в ИТП (1).

Для обеспечения стабильной работы модернизируемого ИТП (1) реализовано автоматическое управление расходом горячего (1.1) в ИТП и давлением обратного (1.2) из ИТП (1) теплоносителей во внутриквартальную разводящую тепловую сеть (на ФСА ТП не показана) с применением специального универсального регулятора давления и расхода в комплекте фирмы «Danfoss-ООО» типа AVPQ-4/VFQ 2 (поз. 14). Для стабильного распределения смешанного теплоносителя (1.3.k) по горизонтально поэтажно разветвленным секциям жилого дома и возврата обратного теплоносителя (1.4.k) из этих секций применен такой же специальный универсальный регулятор давления и расхода в комплекте фирмы «Danfoss-ООО» типа AVPQ-4/VFQ 2 (поз. 15)  $k$  ( $k = \overline{1,15}$ ). При возможном одновременном (в течение одного-двух часов) прекращении подачи смешанного теплоносителя (1.3.k) во все вышеуказанные радиаторы, в результате срабатывания указанных индивидуальных терморегуляторов радиаторных в комплекте, предусмотрено автоматическое управление расходом (перепуском) смешанного теплоносителя (1.3) в СО (4) в обратный теплоноситель (1.4) из СО (4) с помощью автоматического регулятора перепуска (расхода) указанных теплоносителей фирмы «Danfoss» типа AFPA/VFG 2 (поз. 16).

Для повышения энергосбережения и экономии тепловой энергии необходимо предусмотреть реализацию систем автоматического учета потребляемой тепловой энергии (САУПТЭ): для нагрева холодной воды (1.5) в одноступенчатой ВНУ (2) до заданного

значения горячей воды (1.7); системой отопления каждой квартиры (на примере одной из них); модернизируемым ИТП, СО и СГВ жилого дома.

Для реализации приведенных задач для фрагмента ФСА ТП ИТП, СО и СГВ применен МПК типа РЕМИКОНТ Р-2000 технические характеристики которого достаточно подробно описаны в [2-4] и нижеследующие КИП и СА.

Для автоматического контроля температур в соответствующих точках ФСА ТП в качестве первично-передающих преобразователей (ПП/ПрП) применяем термопреобразователи сопротивления медные с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4-20 мА типа КВАНТ ДТ.1 (поз. 1.1; 2.1; 3.1; 4.1; 5.1; 6.1; 7.1; 8.1*j*; 9.1*j* ( $j = \overline{1,50}$ ); 11.1), сигналы от которых поступают на соответствующие входы МПК, «который по алгоритмам контроль температуры» выполняет преобразование их в единицы температуры (°С). В случае выхода температур за нормы технологического регламента, МПК по алгоритму «технологическая сигнализация температуры» выдает световые и/или звуковые сигналы. В это же время МПК по алгоритму «расчет и выдача управляющих воздействий» рассчитывает их и выдает на соответствующие исполнительные механизмы (ИМ), выбор которых описан ниже.

Для автоматического контроля избыточного давления в качестве передающего преобразователя (ПрП) применяем измерительные тензорезисторные преобразователи избыточного давления типа КВАНТ ДИ.11 (поз. 12.1; 13.1) с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4-20 мА. Сигналы от этих ПрП поступают на входы МПК, который по алгоритму «контроль давления» преобразует их в значения давления в Па (кПа, МПа). В случае выхода значений за нормы технологического регламента, МПК по алгоритму «технологическая сигнализация давления» выдает световые и/или звуковые сигналы, а так же регистрирует эти значения. В это же время МПК по алгоритму «расчет и выдача управляющих воздействий» рассчитывает их и выдает на соответствующие ИМ, выбор которых описан ниже.

Для автоматического учета потребляемой тепловой энергии на нагрев холодной воды (1.5); СО каждой квартиры; ИТП (1), СО (4) и СГВ жилого дома, контроля расходов соответствующих материальных (1.5), (1.4.*k*), (1.2) потоков в качестве ПП/ПрП применяем электромагнитный расходомер в комплекте с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4-20 мА типа ЭМР-02У (поз. 17.1; 18.1.*j* ( $j = \overline{1,50}$ ); 19.1), а контроль соответствующих температур описан выше. Сигналы от указанных ПП/ПрП поступают на соответствующие входы МПК, который по алгоритму «учет потребляемой тепловой энергии», рассчитывает эту величину по формуле:

$$Q = \frac{G \cdot \Delta T \cdot k_{\phi} \cdot k_T}{1000}, \quad (1)$$

где  $Q$  – потребляемая тепловая энергия за какое-то время ( $t$ );

$G$  – средний объем холодной воды (1.5) и теплоносителей (1.4.*k*) и (1.2) в соответствующих трубопроводах за это же время ( $t$ ):

$$G = F \cdot t, \quad (2)$$

$F$  – усредненные значения расходов соответствующих материальных потоков (поз. 17.1; 18.1.*j* ( $j = \overline{1,50}$ ); 19.1);

$$\Delta T = T_1 - T_2, \quad (3)$$

$T_1$  – усредненные значения температур соответствующих материальных потоков: (1.7) – поз. (5.1); (1.3.*k*) – поз. (8.1.*j*); (1.1) – поз. (3.1);

$T_2$  – усредненные значения температур соответствующих материальных потоков: (1.5) – поз. (7.1); (1.4.*k*) – поз. (9.1.*j*); (1.2) – поз. (4.1);

$k_{\phi}$  – коэффициент, величина которого определяется теплоемкостью соответствующих материальных потоков;

$k_T$  – коэффициент, значение которого зависит от единиц измерения потребляемой тепловой энергии:

$$k_T = \begin{cases} 1 \text{ при расчете } Q \text{ в Гкал;} \\ 1,163 \text{ при расчете } Q \text{ в МВт;} \\ 4,186 \text{ при расчете } Q \text{ в ГДж;} \end{cases} \quad (4)$$

САУПТЭ реализованные с применением МПК, по приведенному алгоритму, работоспособны и обеспечивают фактический учет потребляемой тепловой энергии каждой квартирой ( $j = 1,50$ ), для нагрева холодной воды и в целом ИТП, СО, СГВ.

Для автоматического изменения расходов соответствующих материальных потоков, прекращения или возобновления их в качестве ИМ применяем электрический однооборотный двигатель с тормозом типа МЭО-1, механически соединенным с регулирующим органом (поз. 5.2; 6.2).

Для автоматического пуска/останова специального привода трехходового управляющего клапана (5), электродвигателя циркуляционного насоса (3) и электродвигателя с мокрым ротором насоса (6), или изменения числа их оборотов, в качестве ИМ применяем электромагнитные пускатели в комплекте типа ПМЕ (поз. 1.2; 11.2; 13.2).

Для приведенного фрагмента ФСА ТП разработаны нижеследующие АСУ параметрами технологических процессов и САУПТЭ.

1. АСУ температурой смешанного теплоносителя после ИТП в СО с выдачей управляющих воздействий на управление этой температурой изменением соотношения расходов вторых потоков горячего в ИТП и обратного из СО теплоносителей с коррекцией по температурам: наружного воздуха и указанных горячего и обратного теплоносителей (поз. 1.1; 2.1; 3.1; 4.1; 1.2; МПК).

2. АСУ температурой горячей воды в СГВ с выдачей управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода первого потока горячего теплоносителя в одноступенчатую ВНУ (поз. 5.1; 5.2; МПК).

3. АСУ соотношением температур смешанной воды в одноступенчатую ВНУ и горячей воды в СГВ с выдачей управляющих воздействий на управление расходом холодной воды, а при их равенстве – вплоть до прекращения ее подачи (поз. 5.1; 6.1; 6.2; МПК).

4. САУПТЭ для нагрева холодной воды в одноступенчатой ВНУ до заданного значения горячей воды в СГВ (поз. 5.1; 7.1; 17.1; МПК).

5. САУПТЭ СО одной квартиры 5-этажного жилого дома (поз. 8.1j; 9.1j; 18.1j; МПК).

6. САУПТЭ ИТП, СО и СГВ 50-квартирного 5-этажного жилого дома (поз. 3.1; 4.1; 19.1; МПК).

7. АСУ температурой и давлением циркуляционной воды с выдачей управляющих воздействий на изменение расхода этой воды путем изменения числа оборотов электродвигателя циркуляционного насоса при необходимости (поз. 11.1; 12.1; 11.2; МПК).

8. АСУ давлением смешанного теплоносителя в напорном патрубке насоса с электродвигателем с мокрым ротором с выдачей управляющих воздействий на изменение расхода этого теплоносителя путем изменения числа оборотов электродвигателя этого насоса (поз. 13.1; 13.2; МПК).

### Вывод

Разработанный фрагмент ФСА ТП модернизируемого ИТП, СО и СГВ 5-этажного 50-квартирного жилого дома с одноступенчатой параллельной схемой подключения ВНУ способствует повышению эффективности энергосбережения тепловой энергии этого дома на 35 %, созданию комфортных условий в комнатах, ежемесячному учету фактически потребляемой тепловой энергии, а также по возможности своевременной ее оплате жильцами.

### Список литературы

1. Про теплоснабжения: [закон Украины: офиц. текст: за станом на 2 вересня 2005 р.] –

р.] – К.: Парламентське вид-во, 2005. – 25 с.

2. Бобух А. А. Компьютерно-интегрированная система автоматизации технологических объектов управления централизованным теплоснабжением: монография / А. А. Бобух, Д. А. Ковалёв; под ред. А. А. Бобуха. – Х. : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 226 с.

3. Ковалев Д. А. Автоматизация технологических процессов систем солнечных коллекторов и кондиционирования воздуха / А. А. Бобух, Д. А. Ковалев // Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит. – 2013. – № 07 (113). – С. 2–6.

4. Бобух А. А. Повышение энергоэффективности получения и использования геотепловой энергии за счет автоматизации технологических процессов / А. А. Бобух, Д. А. Ковалев // Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит. – 2013. – № 10 (116). – С. 18–23.

### **BETTER ENERGY SAVING IN CLOSED CENTRAL DISTRICT HEATING SYSTEM AFTER RECONSTRUCTION OF CENTRAL AND MODERNIZATION OF INDIVIDUAL HEAT SUPPLY STATIONS**

A. A. BOBUKH, Candidate of Engineering  
D. A. KOVALEV, Candidate of Engineering

*The paper address the issues of better energy saving in engineering systems of housing and utilities sector, in particular, the closed central district heating system due to the use of process automation. The research resulted in development of a functional diagram of process automation for the individual heat supply station.*

1. About the heat-supply : [law of Ukraine : official text: on the state on Septembers, 2 in 2005], [Pro teplopostachannja: [zakon Ukraïni: ofic. tekst: za stanom na 2 veresnja 2005 r.]] – К.: the Parliamentary publishing house, 2005. are 25 p.

2. Bobukh A. A. The computer-integrated system of automation of technological objects of control centralized heat-supply : monograph, [Komp'juterno-integrirovannaja sistema avtomatizacii tehnologicheskikh ob'ektov upravlenija centralizovannym teplosnabzheniem: monografija] / A. A. Bobukh, D. A. Kovalyov. – Kh. : KNUMG the name of A. N. Beketova, 2013. – 226 p.

3. Kovalyov D. A. Automation of technological processes of the systems of sunny collectors and climatization , [Avtomatizacija tehnologicheskikh processov sistem solnechnyh kollektorov i kondicionirovanija vozduha] / A. A. Bobukh, D. A. Kovalyov // Energy saving • Ppower engineering • Energyaudit. 2013. – № 07 (113). – P. 2–6.

4. Bobukh A. A. Increase energy to efficiency of receipt and use of geothermal energy due to automation of technological processes, [Povyshenie energojeffektivnosti poluchenija i ispol'zovanija geoteplovoj jenergii za schet avtomatizacii tehnologicheskikh processov] / A. A. Bobukh, D. A. Kovalyov // Energy savings • Power engineering • Energyaudit. – 2013. – № 10 (116). – P. 18–23.

Поступила в редакцию 14.02 2014 г.