

УДК 620.92

**Н. В. ДОЛГОВ, А. А. ОЛЕКСЮК, В. М. ЛЕВИН, О. В. ШАЙХЕД**  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В  
ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОМ ПУНКТЕ С МНОГОКОНТУРНЫМ  
ТЕПЛООБМЕННЫМ АППАРАТОМ (МТА)**

Проведен анализ распределения потоков жидкости в тепловом пункте с многоконтурным теплообменным аппаратом. Предложена схема обвязки многоконтурных тепловых пунктов, с оптимальной металлоёмкостью. Разработана методика расчета оборудования теплового пункта для его оптимальной работы.

**индивидуальный тепловой пункт, змеевиковый теплообменник, тепловая сеть, горячее водоснабжение (ГВС), отопление, независимое присоединение, тепловой счетчик**

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В системах централизованного теплоснабжения в странах СНГ традиционно используется центральное качественное регулирование отпуска тепла. Это значит, что расход воды, циркулирующей в системе отопления (теплоноситель), остается неизменным в течение всего отопительного периода, а количество тепла, которое поставляется, регулируется теплоснабжающей организацией путем изменения ее температуры в соответствии с изменением температуры наружного воздуха на основе утвержденного температурного графика.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Выявление факторов влияния на эффективность работы теплового пункта и распределение теплоносителя в трубопроводах и оборудовании. На базе метода контурных расходов получить зависимости расходов теплоносителя в независимых контурах отопления, горячего водоснабжения и контура источника теплоты.

**ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

Исследование работы индивидуального теплового пункта подразумевает определение расходов, температур и давлений с целью определения корректной и стабильной работы насосов, балансировочной, термостатической арматуры и др.

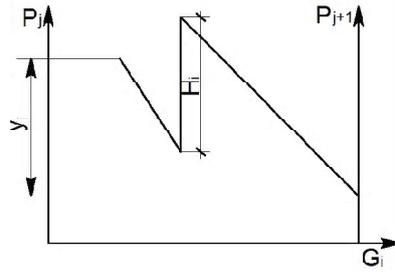
Рассмотрим произвольное циркуляционное кольцо теплового пункта с произвольным количеством участков  $d$ , узлов  $m$  и  $b$  линейных-неизвестных контуров. Будем считать, что для каждой ветви  $i = (j, j+1)$ , где  $j$  и  $j+1$  – ее начальный и конечный узлы, задан закон гидравлического сопротивления, связывающий общую потерю  $h_i$  давления на трение, перепад  $y_i$ . Тогда получаем зависимость

$$(m - 1 + b = d), \quad (1)$$

Изменение давления на участке с побудителем движения приведено на рис. 1.

На каждом участке действует закон квадратичного гидравлического сопротивления

$$\Delta p_i + H_i = \Delta P G_i^2. \quad (2)$$



**Рисунок 1** – Изменение давления на участке с побудителем движения:  $G_i$  – расход теплоносителя,  $\Delta P$  – сопротивление участка,  $H_i$  – активный напор,  $\Delta p$  – напор, равный разности пьезометрических отметок на концах участков.

Однако по знаку величины  $G_i$  необходимо судить о направлении потока. В работах академика В. Я. Хасилева вводятся векторные обозначения и диагональные матрицы  $\Delta\vec{p}$ ,  $\vec{G}$ ,  $\vec{H}$ ,  $A$  и  $B$ , тогда тепловой пункт в целом описывает уравнение, относящееся к каждому участку ( $i = 1, \dots, n$ )

$$\Delta\vec{p} + \vec{H} = A \cdot B \cdot \vec{G}, \quad (3)$$

где  $\Delta\vec{p}$  – вектор искомых потерь давления на участке;  
 $\vec{H}$  – вектор известных перепадов давления, создаваемых циркуляционными, смесительными насосами на участках ИТП;  
 $A$  – диагональная матрица характеристик гидравлического сопротивления всех участков ИТП от ( $i = 1$ ) до ( $i = n$ );  
 $B$  – диагональная матрица расходов теплоносителя всех участков теплового пункта от ( $i = 1$ ) до ( $i = n$ );  
 $\vec{G}$  – вектор расходов на искомых участках ИТП.

Для любого потокораспределения должны выполняться два сетевых закона Кирхгофа. В первом законе в каждом узле будет соблюдаться математический баланс

$$\sum_j G_j = G_j, j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

где  $\sum G_j$  – алгебраическая сумма по всем участкам, имеющая общий участок  $j$ , потребитель тепловой энергии  $G_i > 0$ , источник тепловой энергии  $G_i < 0$ , если это разветвление  $G_i = 0$ .

Для ИТП должны быть заданы значения таким образом, чтобы имел место их общий нулевой баланс по всем узлам  $m$

$$\sum_{j=1}^m G_j = 0; G_a = -\sum_{j=1}^{a-1} G_j. \quad (5)$$

С использованием матрицы соединений  $A$ , которая однозначно отображает топологию схемы ИТП [1, 2], фиксируя соединение всех ее  $d$  участков и  $(a-1)$  неизменных узлов, балансы уравнения (4) для всей системы запишем в виде

$$A\vec{G} = \vec{G}_{yp}, \quad (6)$$

где  $\vec{G}_{yp}$  – вектор отдельных узловых расходов в отдельных узлах ИТП.

Второй сетевой расход требует нулевого суммарного изменения потерь давления  $\Delta p_i$  для любого гидравлического контура

$$\sum c\Delta p_i = 0. \quad (7)$$

Применимо для любого независимого контура ( $c = 1, \dots, k$ ) выбранной системы независимого подключения ИТП. Применяя матрицу  $B$ , получаем сокращение закона Кирхгофа

$$B\Delta p = 0, \quad (8)$$

где  $B$  – матрица совпадения мест обходов контуров.

Одна из искомым математических моделей сводится к системе уравнений

$$A\vec{G} = \vec{G}_{yp}, B\Delta p_p = 0, \Delta\vec{p} + \vec{H} = \Delta P \cdot G \cdot \vec{G}. \quad (9)$$

Уравнение (3), составляющее последнюю группу из  $d$  уравнений, называется замыкающим соотношением – оно дополняет  $(m - 1)$  уравнений первого закона и  $k$  уравнений второго закона Кирхгофа до полной системы (9) из  $2d$  уравнений относительно  $2d$  неизвестных  $\vec{G}$  и  $\Delta\vec{p}$ .

В этой системе можно исключить вектор  $\Delta\vec{p}$  путем подстановки (3) в (8)

$$AG = G. \quad (10)$$

Для определения степени открытия регулирующей арматуры в математическую модель должна быть введена матрица  $E$ , которая будет учитывать степень открытия балансировочной и регулирующей арматуры. После введения дополнительной матрицы она будет иметь вид

$$B \cdot \Delta P \cdot G \cdot E = B\vec{H}. \quad (11)$$

*Расчет потоков распределения на ИТП на основе метода контурного расхода*

Метод контурных расходов (МКР) – аналог известного метода контурных токов для расчета линейных электрических цепей в сочетании с методом Ньютона [5] для решения системы нелинейных алгебраических уравнений.

Для рассматриваемой схемы теплоснабжения строится оргграф схема. При построении этой системы, как правило, выбирают одну из систем контуров:

- 1) на схеме выделяется дерево, связывающее все ее  $d - 19$  узлов, в результате все участки разбиваются на  $a - 16$  участков дерева и  $k - 4$  участков, не входящих в это дерево, которые назовем хордами;
- 2) каждая хорда замыкает какую-то последовательность участков дерева и определяет контур, который и фиксируется соответствующей строкой в матрице  $B$ ;
- 3) матрицы и векторы цепи «расщепляются» на матрицы и векторы хорд  $(A_x, B_x, g_x, \Delta p_x, H_x)$  и дерева  $(A_d, B_d, g_d, \Delta p_d, H_d)$ .

Принципиальная схема индивидуального пункта представлена на рис. 2.

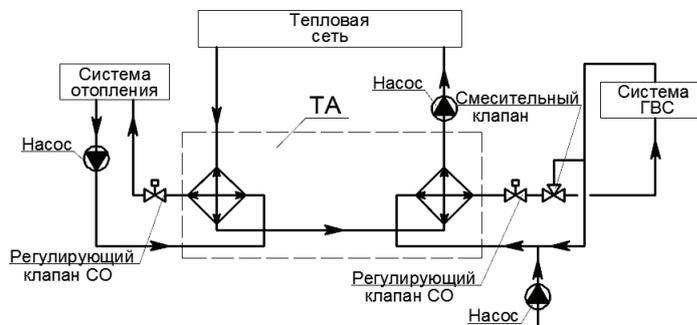


Рисунок 2 – Принципиальная схема индивидуального теплового пункта.

Формируется из выбранной принципиальной схемы теплового пункта схема дерева (рис. 3). Участки, не вошедшие в дерево, становятся хордами 1, 2, 3, 4 и их номера приняты совпадающими с номерами контуров  $d = 1, 2, 3, 4$  – хорды;  $d = 5, 6, 7, \dots, 20$  – дерево; направления обходов  $s = 1, 2, 3, 4; j = 1, \dots, 20$  – узлы. В качестве линейно независимых приняты первые 18 узлов.

В трехконтурном теплообменном аппарате процессы передачи теплоты обусловлены взаимодействием тепловых потоков, направленных от греющего теплоносителя (воды тепловой сети) к нагреваемым теплоносителям (горячее водоснабжение и отопление). Процесс передачи теплоты в теплообменном аппарате характеризуется уравнением Ньютона-Рихмана, которое описывает передачу теплоты через твердую стенку с учетом коэффициентов теплоотдачи и тепловосприятости.

Количество теплоты, передаваемое на границы площадью  $F$  за время  $\tau$ , пропорционально температурному напору

$$\bar{Q} = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau, \quad (12)$$

где  $\alpha$  – количество теплоты, отдаваемое с  $1 \text{ м}^2$  поверхности за единицу времени при единичном температурном напоре.

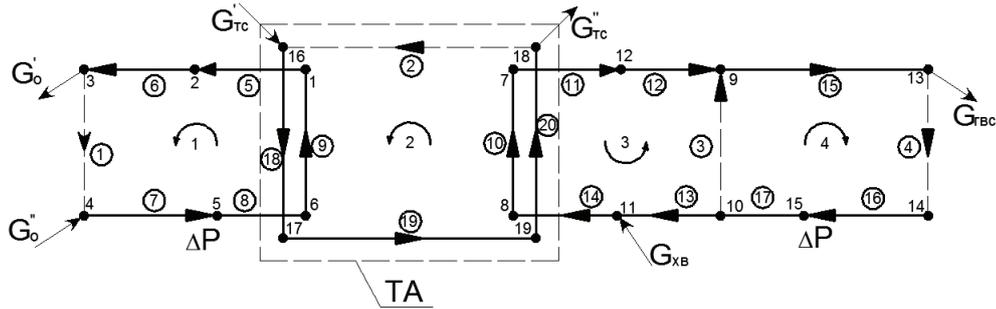


Рисунок 3 – Эквивалентная схема ИТП, оргграф схема.

С другой стороны, количество передаваемой теплоты зависит от характеристик потока теплоносителя [3, 4]

$$Q_i = c \cdot G_i (t_i^1 - t_i^2), \quad (13)$$

где  $c$  – удельная массовая теплоемкость теплоносителя при данной температуре, Дж/(кг·°C);  
 $G$  – расход теплоносителя в  $i$ -м контуре, кг/с;  
 $t_i^1$  – температура в подающем трубопроводе  $i$ -го контура теплоносителя, °C;  
 $t_i^2$  – температура в обратном трубопроводе  $i$ -го контура теплоносителя, °C.

Поскольку для математического моделирования потоков теплоты необходимо в комплексе учитывать тепловую мощность систем как теплоснабжения, так и отопления и горячего водоснабжения, то описывать работу систем в целом будет система уравнений (14)

$$\begin{cases} Q_{TC} = c \cdot G_{TC} (t_{TC}^1 - t_{TC}^2) \\ Q_o = c \cdot G (t_o^1 - t_o^2) \\ Q_{ГВС} = c \cdot G_{ГВС} (t_{ГВС}^1 - t_{ГВС}^2) \end{cases} \quad (14)$$

В силу того, что в данном случае рассматривается количественное регулирование систем теплоснабжения, то определяющим фактором, рассматриваемым в качестве регулируемого, будет расход теплоносителя. Тогда система уравнений (14) примет вид (15).

$$\begin{cases} G_{TC} = \frac{Q_{TC}}{c \cdot (t_{TC}^1 - t_{TC}^2)} \\ G_o = \frac{Q_o}{c \cdot (t_o^1 - t_o^2)} \\ G_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС}}{c \cdot (t_{ГВС}^1 - t_{ГВС}^2)} \end{cases} \quad (15)$$

Нумерация участков произведена таким образом, что первые номера присвоены хордам  $Q_x = (G_1 \dots G_k)^T$ ,  $Q_n = (G_{k+1} \dots G_n)^T$ , а номера контуров и направления их обхода совпадают с номерами и ориентацией хорд. В таком случае,  $A = (A_x, A_n)$ , а  $B = (B_x, B_n)$ , где  $E$  – единичная матрица порядка  $k$ ,  $t$  – знак транспортирования.

Схема дерева рассматриваемого ИТП и система контуров принятого ИТП представлены на рис. 4, 5.

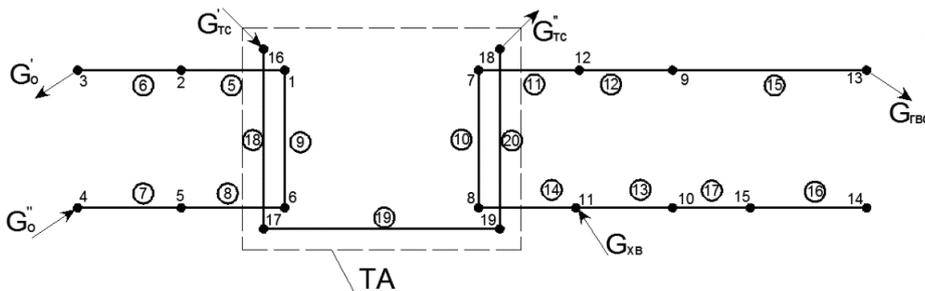


Рисунок 4 – Схема дерева рассматриваемого ИТП.

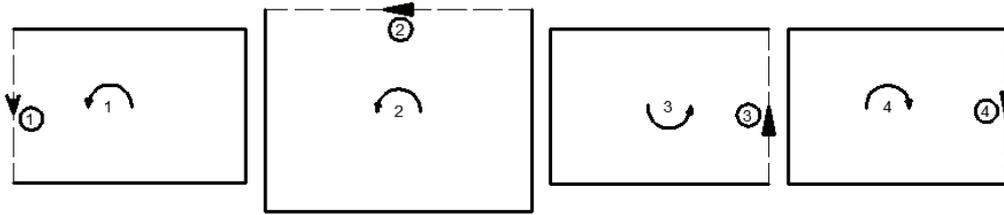


Рисунок 5 – Система контуров принятого ИТП.

По выбранному варианту дерева формируется система независимых контуров, число которых равно  $k = b - m + 1$ .

Выбирается направление обходов контуров, совпадающее с предварительно принятым направлением хорд, стрелки для контуров отвечают выбранным направлениям их обхода.

Эквивалентная математическая модель потокораспределения опирается на использование в качестве основных переменных, помимо расходов  $g_i$  и напоров  $\Delta p_i$ , также и узловых давлений  $p_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ), составляющих вместе с заданными давлениями  $p_m$  вектор  $\vec{p}$ . Соответствующая ей система уравнений не требует обращения к контурам, так как при любом  $\vec{p}$  уравнения второго закона Кирхгофа обращаются в тождества, при этом связь между напором  $h_i$  и этими давлениями на участках  $i = (j, j+1)$  будет иметь вид

$$\Delta p_i = p_i - p_{j+1}. \tag{16}$$

Строим матрицу соединений  $A$ , фиксирующую схему цепи:

$i$	$i$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0
9	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	-	0	0	0	0	0
10	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	+	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
14	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0	0	0
16	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-

Так как полная матрица  $\vec{A}$  соединений узлов и участков схемы будет содержать информацию о конечных узлах данного участка и его ориентации, то последовательным умножением этих столбцов на один и тот же вектор  $\vec{p}$  получаем уравнение (17) для всех участков, которое можно записать

$$A_{\vec{G}} = \vec{A}_{yp}; \Delta p = -\vec{A}^t \vec{p} + H = -\Delta P G_i, \tag{17}$$

и будет состоять из  $m - 1 + 2b$  уравнений относительно векторов  $x, h$ , и  $m - 1$  значений  $p_i$  для линейно независимых узлов. Также уравнение (17) можно сократить

$$A_{\vec{G}} = \vec{G}_{yp}; h = \vec{D}^t \vec{p} + S G_i = H. \tag{18}$$

Формируются вектора узловых расходов в цепи

$$\vec{G} = (0, 0, G_3, -G_4, 0, 0, 0, 0, -G_9, G_{10}, G_{11}, 0, -G_{13}, 0, 0, -G_{16}, 0, 0)^T,$$

присваивая потребителю знак «-», источнику «+», а там, где водоразбор не осуществляется присваивается знак «0».

Формируются векторы действующих напоров по всем участкам теплового пункта

$$\Delta \vec{P} = (0, 0, 0, 0, \Delta P_5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, \Delta P_{15}, 0, 0, 0, 0, 0)^T,$$

ветки, где установлены насосы, обозначаются « $\Delta P$ », а пассивные ветки обозначаются знаком «0».

Далее для определения гидравлических сопротивлений на участках ИТП и расходов составляются диагональные матрицы.

$$G = \begin{pmatrix} g_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & g_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & g_{20} \end{pmatrix} \Delta P = \begin{pmatrix} \Delta p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Delta p_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \Delta p_{20} \end{pmatrix}.$$

Определяемое распределение потоков определяется векторами расходов

$$\vec{G} = (G_1, G_2, G_3 \dots G_{20})^T.$$

и гидравлических напоров

$$\Delta \vec{P} = (\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3 \dots \Delta p_{20})^T.$$

Для данного дерева ИТП и соответствующей ему хордовой системы контуров составляем матрицу  $B$  совпадающих участков и контуров

c	i																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	+	0	0	0	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+
3	0	0	+	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
4	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0

Числа в строке означают: «0» – отсутствие участка на  $i$ -м контуре, «+» – совпадение, а «-1» – несовпадение принятого направления движения на участке с принятым направлением обхода.

В каждом столбце матрицы не более двух нулевых элементов «-» или «+», а это значит; в определенный узел входит не более чем два контура, что является признаком плоской схемы. После построения матриц  $B$ ,  $G$ ,  $\Delta P$  запишем производную трех матриц:

$G_i s_i $	0	0	0	$G_i s_i $	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
0	$G_i s_i $	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$G_i s_i $	$G_i s_i $	$G_i s_i $
0	0	$G_i s_i $	0	0	0	0	0	0	$-G_i s_i $	0	0	0	0	0	0						
0	0	$G_i s_i $	$G_i s_i $	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$G_i s_i $	$G_i s_i $	$G_i s_i $	0	0	0	

Составим систему уравнений исходя из матриц  $A$  и  $BGAP$ , решение которых является коэффициентами системы уравнений (10, 11), относительно

$$\left\{ \begin{array}{l} -g_5 + g_9 = 0 \\ g_5 - g_6 = 0 \\ -g_1 + g_6 = G_3 \\ g_1 - g_7 = -G_4 \\ g_7 - g_8 = 0 \\ g_8 + g_9 = 0 \\ g_{10} - g_{11} = 0 \\ -g_{11} + g_{12} = 0 \\ g_3 + g_{12} = -G_9 \\ -g_3 - g_{13} + g_{17} = G_{10} \\ -g_{13} + g_{14} = G_{11} \\ -g_4 + g_{15} = G_{12} \\ g_4 - g_{16} = 0 \\ g_{16} - g_{17} = 0 \\ -g_2 - g_{21} = -G_{15} \\ g_{21} - g_{22} = 0 \\ g_{22} - g_{23} = 0 \end{array} \right. \quad (19)$$

$$\begin{cases} G_1\Delta P_1^2 + G_5\Delta P_5^2 + G_6\Delta P_6^2 + G_7\Delta P_7^2 + G_8\Delta P_8^2 + G_9\Delta P_9^2 = -H \\ G_2\Delta P_2^2 + G_{21}\Delta P_{21}^2 + G_{22}\Delta P_{22}^2 + G_{23}\Delta P_{23}^2 = 0 \\ G_3\Delta P_3^2 - G_{10}\Delta P_{10}^2 - G_{11}\Delta P_{11}^2 - G_{12}\Delta P_{12}^2 - G_{13}\Delta P_{13}^2 - G_{14}\Delta P_{14}^2 = 0 \\ G_3\Delta P_3^2 + G_4\Delta P_4^2 + G_{15}\Delta P_{15}^2 + G_{16}\Delta P_{16}^2 + G_{17}\Delta P_{17}^2 = -H \end{cases} \quad (20)$$

## ВЫВОД

В результате математического моделирования получена зависимость контурных расходов в оборудовании индивидуального теплового пункта с многоконтурными теплообменными аппаратами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасилев, В. Я. Линейные и линеаризованные преобразования схем гидравлических цепей [Текст] / В. Я. Хасилев // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – М. : Наука, 1964. – № 2. – С. 231–243.
2. Хасилев, В. Я. О выборе диаметров труб разветвленных тепловых сетей с использованием ЭВМ [Текст] / В. Я. Хасилев, А. П. Меренков, С. В. Сумароков // Теплоэнергетика. – М. : Наука, 1966. – № 6. – С. 60–65.
3. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача [Текст] / В. В. Нащокин. – М. : Высшая школа, 1980. – 469 с.
4. Краснощеков, Е. А. Задачник по теплопередаче [Текст] : [Учеб. пособие для ВУЗов] / Е. А. Краснощеков, А. С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1980. – 288 с.
5. Демидович, Б. П. Основы вычисления математики [Текст] / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М. : Наука, 1970. – 664 с.
6. Gross, Jonatan L. Graph Theory and Its Applications [Текст] / Jonatan L. Gross, Jay Yellen. – NewWork : CRC Press, 2011. – 779 p.

Получено 11.09.2014

М. В. ДОЛГОВ, А. О. ОЛЕКСЮК, В. М. ЛЕВИН, О. В. ШАЙХЕД  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОТОКОРОЗПОДІЛЕННЯ В  
ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ З БАГАТОКОНТУРНИМ  
ТЕПЛООБМІННИМ АПАРАТОМ (МТА)

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проведено аналіз розподілу потоків рідини в тепловому пункті з багатоконтурним теплообмінним апаратом. Запропоновано схему обв'язки багатоконтурних теплових пунктів, з оптимальною металомісткістю. Розроблено методику розрахунку обладнання теплового пункту для його оптимальної роботи.

**індивідуальний тепловий пункт, змієвиковий теплообмінник, тепла мережа, гаряче водопостачання (ГВП), опалення, незалежне приєднання, тепловий лічильник**

NYKOLAY DOLGOV, ANATOLIY OLEKSYUK, VIKTOR LEVIN, OLGA SHAYHED  
A MATHEMATICAL MODEL OF THE FLOW DISTRIBUTION IN THE  
INDIVIDUAL HEATING UNITS WITH MULTI-LOOP HEAT EXCHANGER (AIT)  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The analysis of the distribution of fluid flow in the thermal point with multi-loop heat exchanger has been carried out. A scheme of multiple-tying heat points, with optimum metal content has been suggested. The method of calculation of thermal equipment item for optimum performance has been developed.

**individual heater, coil heat exchangers, thermal network, domestic hot water (DHW) heating, independent affiliation, heat meter**

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

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

**Левін Віктор Матвійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри вищої і прикладної математики та інформатики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження нестационарних неоднорідних нелінійних математичних моделей механіки деформівного твердого тіла.

**Шайхед Ольга Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання.

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

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

**Левин Виктор Матвеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей и прикладной математики и информатики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование нестационарных неоднородных нелинейных математических моделей механики деформируемого твердого тела.

**Шайхед Ольга Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения.

**Dolgov Nikolay** – Assistant lecturer, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy resources in systems of heat supplying.

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

**Levin Viktor** – DSc (Eng.), Professor, the Head of the Higher and Applied Mathematics and Computer Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of unsteady inhomogeneous nonlinear mathematical models of mechanics of deformable rigid bodies.

**Shayhed Olga** – PhD (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy resource saving in heating systems.