

# **Внедрение Параллельно-последовательной Системы отопления для расчета потребленного тепла и оптимизации тепло-распределения в зданиях с системами вертикального отопления**

**Автор:** Унгуриану Сергей Инженер, энерго-аудитор

**Общее пояснение.** *В данной работе будет представлена и проанализирована методика расчета потребления тепловой энергии для квартир, расположенных в многоэтажных зданиях с вертикальной системой распределения тепловой энергии. Методология позволяет индивидуально регулировать потребление тепловой энергии и расчет потребления тепловой энергии для каждой комнаты и каждой квартиры (офиса) в зданиях с централизованной системой отопления по вертикали (стоячной). Предлагаемая система является простой и не предполагает больших неудобств или затрат на внедрения для системы и каждого пользователя.*

**Ключевые слова:** тепловая вертикаль(стояк), цифровой термодатчик (термопара), обводная труба (bypass), водомер, телеметрия, потребительская ячейка, система передачи и считывания данных, ЦСТ.

**Аббревиатуры:** Вертикальная система распределения тепла в зданиях - вертикальная система; Вертикальный стояк для распределения тепла – вертикальный стояк; Централизованная система теплоснабжения – ЦСТ

**Введение.** В Республике Молдова и во многих других странах бывшего Советского Союза и не только, были построены жилые дома и многофункциональные здания (офисы, производственные цеха, склады и т. д.), которые были подключены к централизованной системе отопления, а распределение тепла обеспечивалось через радиаторы, соединенные трубопроводами в вертикальной системе. То есть для здания теплоноситель (горячая вода) поступает по средствам трубопровод, затем идет разветвления на вертикальные трубы(сверху в низ или с низу в верх), которые питали теплом каждую батарею, расположенную на разных этажах здания. Теплоноситель (вода) циркулирует последовательно по всей вертикали по всем этажам отапливаемого здания.

Это также означает и ряд неудобств, которые в годы экономического кризиса и снижение платежеспособности населения сыграли ведущую роль в деле исчезновения многих централизованных систем отопления во многих населенных пунктах, в частности, благодаря накоплению многочисленных долгов перед поставщиком и технической деградации централизованных систем отопления. Основными неудобствами являются: невозможность индивидуального регулирования теплового потока, незнание точного потребления тепла того или иного потребителя (что привело к вопросам правильности платежей), низкое качество тепла из-за чрезмерного охлаждения теплоносителя для первых вертикальных потребителей по стояку, и холодный теплоноситель (вода) для последних потребителей по стояку.

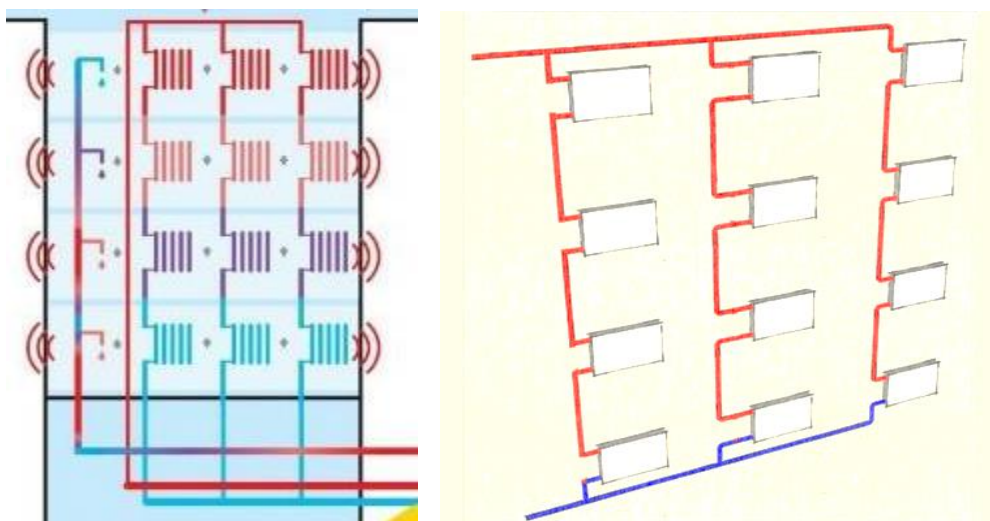


Рисунок 1 Схематическое изображение вертикальной системы распределения тепла

Эти проблемы привели к возникновению огромного потребительского долга к поставщику тепла, привели к отключению отдельных потребителей внутри зданий, отапливаемого ЦСТ, а также целых зданий вовсе.

Проблема невозможности регулирования потребляемого тепла, точное и справедливое знание фактического потребления и низкое качества тепла, которое доходит до каждого потребителя, в настоящее время являются одними из главных в ЖКХ, и с которыми сталкиваются все централизованные системы отопления в Молдове и других странах, где в настоящее время жилые помещения оснащены вертикальной системой отопления.



Эти проблемы необходимо решать быстро, эффективно и экономически приемлемо для большинства населения, особенно с учетом низких финансовых возможностей у населения.

Одним из решений, которые в настоящее время внедряется ЦСО в Кишиневе - Termoelectrica SA, является внедрение параллельной системы распределения. Это решение довольно проблематично так как связано со сложными работами и пере подключения всех батарей (радиаторов) в каждой квартире а также большие стоимости. В среднем это составляет 1200 евро за квартиру

[https://www.termoelectrica.md/ro\\_RO/dezvoltare/pti-distributia-pe-orizontala/](https://www.termoelectrica.md/ro_RO/dezvoltare/pti-distributia-pe-orizontala/)

**Предлагаемое решение.** Чтобы определить индивидуальное потребление каждого потребителя тепловой энергии, необходимо определить, каково его влияние на теплоноситель, то есть на сколько изменилось качество теплоносителя (энергетическое содержание). В частности, необходимо определить, какая часть тепловой энергии, протекающей по каждой вертикали (стояку), поглощается каждым потребителем на каждом этаже, питаемом этой вертикалью. Поскольку мы считаем что количество воды (масса / объем) одинаковое по всей длине вертикали, то есть системы в которых нет утечки или отбора теплоносителя внутри здания, а теплоноситель одинаковый (вода!) по всей вертикали (стояку), поэтому единственный параметр который изменится представляет собой температуру теплового носителя от одного этажа к другому, тем самым от одного потребителя к другому. Таким образом только температура и изменяется.

В этом случае на каждом этаже важны значения температуры для входа и выхода с данного этажа. Для упрощения рассмотрим температуру на выходе с этажа  $i$ , равную входной температуре на этаже  $i-1$  (в вертикальных системах теплоснабжение где подача идет сверху вниз, поэтому от верхнего до нижнего этажа).

Таким образом, имея вертикаль (стояк) с подачей сверху в низ который снабжает теплом  $n$  этажей и  $n$  потребителей, потребуются тепловые данные по  $n + 1$  вертикальных точек, то есть температуры на входе на каждом этаже (равные выходной температуре от предыдущего этажа) плюс одна температура от выхода из последней квартиры, которую пересекает и питает соответствующую вертикаль.

Температурный датчик (термопара) должен находится на отрезке потребителя, то есть на его этаже наиболее близко к входу, чтобы минимизировать меж-квартирные потери, то есть как можно ближе к потолку помещения.

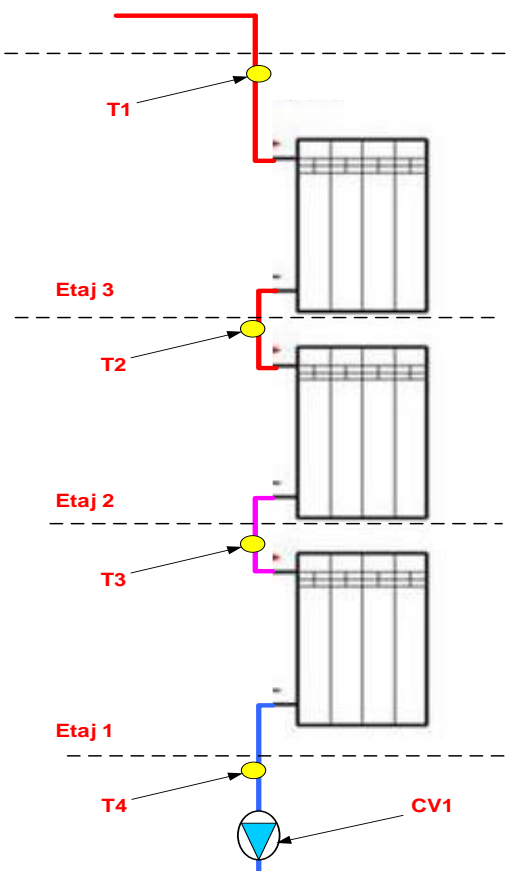


Рисунок 2 Тепловая вертикаль (стояк) и точки сбора температуры воды (3 этажа)

**Желтым, указаны точки, из которых должен быть сбор температуры** теплоносителя, точки под потолком как можно ближе к входу вертикали в нагрываемое помещение(квартира).

Имея температуру теплоносителя (воды) для каждой вертикальной точки входа в этаж для каждого потребителя плюс одна точка для температуры на выходе (см T4) мы сможем определить перепады температуры для каждого потребителя. Таким образом:

$$\Delta T_1 = T_1 - T_2; \quad \Delta T_2 = T_2 - T_3 \dots \dots \text{в общем } \Delta t_i = T_i - T_{(i+1)}$$

Замечаем что T2 является температурой входа теплоносителя на следующий этаж но в то же время это считаем и температурой выхода с предыдущего этажа.

Для последнего n-наго потребителя имеем:  $\Delta T_n = T_n - T_{(n+1)}$  в случае с рисунка имеем  $\Delta T_3 = T_3 - T_4$

Для облегчения расчетов можно нумерация температур может совпадать с нумерацией этажей таким образом будет  $\Delta t_i$  который будет соответствовать *i*-тому этажу здания. (с соответствующими поправками в расчете перепадов температур)

В точках пересечении вертикали отопления (стояка) с этажом образуется тепловая ячейка (ячейка потребления тепла), в случае рис выше будет вертикаль с 3 ячейками потребления тепла.

В случае здания с n этажами и m вертикалей мы получим  $n*m$  ячейки потребления тепла.

Например, 5-этажное здание и 20 вертикалей образуют  $5 * 20 = 100$  ячеек потребления тепла.

Каждая вертикаль также будет оснащена цифровым счетчиком воды (CV1), который будет измерять объема проходящей по вертикали теплоносителя (воды).

Для здания с несколькими вертикалями у нас будет ситуация, как на рисунке ниже.

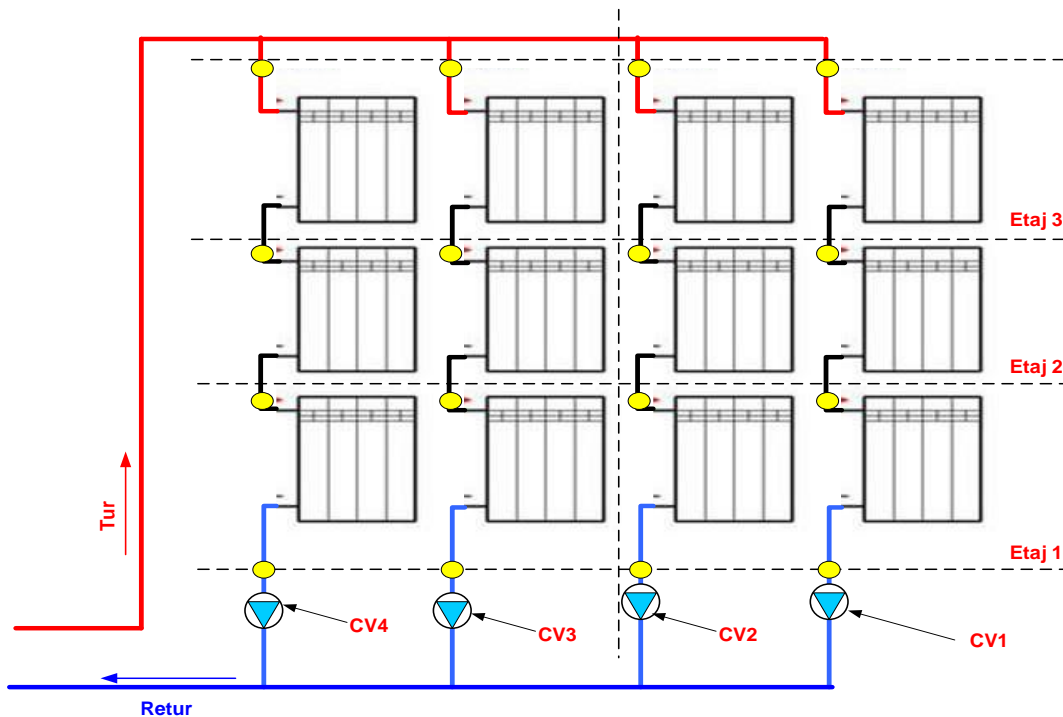


Рисунок 4 Схематическое изображение здания с n вертикалями теплоснабжения.

Таким образом для здания на рисунке, где у нас есть 3 этажа и 4 вертикали (стояка), у нас будет 12 ячеек потребления тепла (энергопотребления).

Обозначим каждую ячейку с  $C_{ij}$  где  $i$ -это этаж а  $j$  номер вертикали (столбца).

Падение температуры ( $\Delta T_i$ ) для каждого потребителя будет зависеть от поверхности радиатора (количество его элементов), теплоизоляции квартиры, температуры наружного воздуха и т. д. Таким образом, принимаются во внимание все соответствующие элементы.

Общее потребление тепла в здании есть сумма индивидуального потребления каждой квартиры (потребителя) плюс общие потери из-за неизолированных труб в подвалах и технических этажах здания

Для зданиях имеющие общий счетчик тепла можно написать

$$Q_{Tot} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n Q_{ij} + \Delta P_{com}$$

Где  $Q_{tot}$ -общее потребление тепла по зданию

$Q_{ij}$ -потребление тепла по ячейке  $C_{ij}$  ( $i$ -тый этаж и  $j$ -тая вертикаль)

$\Delta P_{com}$ -потери тепла по местам общего пользования

Учет потребления каждого потребителя будет основываться на суммировании тепла для ячеек потребления, из которых формируется квартира (рассматриваемое пространство). Это может быть одна ячейка потребления на квартиру или  $n$  ячейках, где  $n$ =количество комнат + 1 (кухня).

Так как квартиры состоят из ячеек, находящихся на одном этаже, так на пример для 2-комнатной квартиры на 3-м этаже и с питанием от вертикалей 1, 2 и 3, расчетное потребление тепла будет:

$$Q_{ap12} = Q_{3,1} + Q_{3,2} + Q_{3,3}$$

Потребление тепла на каждую потребительскую ячейку будет определяться на основе падения температуры на ячейке и объема прошедшего теплоносителя по данной вертикали

$$Q_{i,j} = \Delta T_{ij} \cdot V_j \cdot c \cdot \rho$$

Где  $Q_{ij}$  - потребление ячейки  $C_{ij}$

$\Delta T_{ij}$ -падение температуры для данной ячейки

$V_j$ - объем воды (теплоносителя), проходящий через соответствующую вертикаль

$c$ -удельная теплоемкость воды = 4187J / (кг \* К)

$\rho$ -плотность п-воды 1000 кг / м<sup>3</sup>

**Падение температур** на каждую ячейку будет взято из соответствующих точек  $T_1, T_2, T_i, T_n, T_n + 1$

$$\Delta T_{ij} = T_i - T_{i+1}$$

Для правильной работы расчетной системы эти температуры и объемы воды следует считывать с частотой 1-2 раза в час (или чаще). Таким образом, мы будем иметь часовой график температуры (на ячейку) и объемы, проходящие через каждую вертикаль.

Это можно сделать с помощью современных цифровых и телеметрических систем, которые предлагают решения для сбора данных и их оцифровки. Таким образом, цифровые термодатчики (термопара)уже доступны на рынке и могут устанавливаться внутри вертикальной трубы, стоимость такого термодатчика составляет около 3 евро.

Данные разложенные по временным рядам легко обрабатываются и могут быть введены в формулах Excel для расчета потребления каждой квартиры в жилом доме.

Ниже приводится пример расчета для нескольких вертикалей 9-этажного здания, где указаны температуры каждой вертикали, входящей в квартиру, и внизу выходная температура от последней квартиры а также объем воды, проходящей через вертикаль, считаемую каждым счетчиком.

**Таблица 1** Данные расчета для жилого дома (пример)

Стояки	Стояк 1	Стояк 2	Стояк 3	Стояк i	Стояк i+1	Стояк n
Этажи	Темп °С	Темп °С	Темп °С	Темп °С	Темп °С	Темп °С
Этаж 9	Квартира 23		Квартира 35			Кварт 51
	82	81	80	80	80	81
Этаж 8	Квартира 24		Квартира 36			Кварт 52
	76	75	75	74	75	75
Этаж 7	Квартира 25		Квартира 37			Кварт 53
	71	70	70	70	69	71
Этаж 6	Квартира 26		Квартира 38			Кварт 54
	64	63	65	64	65	65
Этаж 5	Квартира 27		Квартира 39			Кварт 55
	59	58	58	59	59	61
Этаж 4	Квартира 28		Квартира 40			Кварт 56
	53	52	53	54	53	57
Этаж 3	Квартира 29		Квартира 41			Кварт 57
	50	48	48	48	49	52
Этаж 2	Квартира 30		Квартира 42			Кварт 58
	45	46	45	44	43	48
Этаж 1	Квартира 31		Квартира 43			Кварт 59
	39	39	40	41	40	46
Темп. Точ выхода °С	34	33	34	35	35	40
Объем воды м3	1,25	1,31	1,82	1,55	1,48	1,84

Данные обрабатываются, и мы получаем потребление тепла на каждую потребительскую ячейку

Стояки	Стояк 1	Стояк 2	Стояк 3	Стояк i	Стояк i+1	Стояк n
Этажи	Потребление в Гкал	Потребление в Гкал	Потребление в Гкал	Потребление в Гкал	Потребление в Гкал	Потребление в Гкал
Этаж 9	Квартира 23		Квартира 35			Кварт 51
	0,0075	0,0079	0,0091	0,0093	0,0074	0,0110
Этаж 8	Квартира 24		Квартира 36			Кварт 52
	0,0063	0,0066	0,0091	0,0062	0,0089	0,0074
Этаж 7	Квартира 25		Квартира 37			Кварт 53
	0,0088	0,0092	0,0091	0,0093	0,0059	0,0110

Этаж 6	Квартира 26		Квартира 38			Кварт 54
	0,0063	0,0066	0,0127	0,0078	0,0089	0,0074
Этаж 5	Квартира 27		Квартира 39			Кварт 55
	0,0075	0,0079	0,0091	0,0078	0,0089	0,0074
Этаж 4	Квартира 28		Квартира 40			Кварт 56
	0,0038	0,0052	0,0091	0,0093	0,0059	0,0092
Этаж 3	Квартира 29		Квартира 41			Кварт 57
	0,0063	0,0026	0,0055	0,0062	0,0089	0,0074
Этаж 2	Квартира 30		Квартира 42			Кварт 58
	0,0075	0,0092	0,0091	0,0047	0,0044	0,0037
Этаж 1	Квартира 31		Квартира 43			Кварт 59
	0,0063	0,0079	0,0109	0,0093	0,0074	0,0110

Таким образом решается проблема индивидуального учета тепла для каждого потребителя.

### Индивидуальное регулирование потребления в вертикальных распределительных систем.

В нынешних условиях регулирование потребления тепла на ячейку потребления (соответственно потребителю) практически невозможно, поскольку, если один из потребителей снижает поток теплоносителя через свой вертикальный сектор, он влияет на всех потребителей на данной вертикали.

Единственным решением, предлагаемым на сегодняшний день поставщиком, является переход на параллельную систему распределения тепловой энергии.

Для того, чтобы избежать перехода к параллельной системе распределения что требует высоких затрат и капитальных реконструкций, предлагается система параллельно-последовательная (ППС), что позволяет избежать данных неудобств.

**Параллельно последовательная** система состоит из установки в каждой ячейке потребления тепла (в каждой вертикали и каждом этаже) по отводной трубе к радиатору, который работает как обходной т.е. для шунтирования радиатора с помощью специального клапана (Трехходовой кран) который установлен на входе в радиатор, позволит обходить через него часть объема от 0 до общего объема, проходящего через стояк.

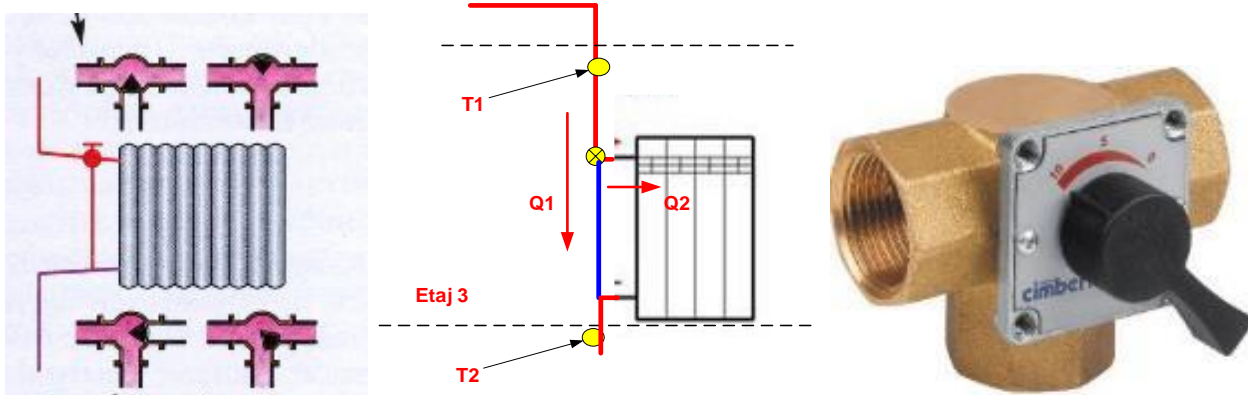


Рисунок 5. Схема регулятора с байпасным клапаном

Такая простая в использовании конструкция позволяет установить тепловой поток Q2 для который проходит через радиатор в каждый момент времени.



Регулируя таким образом, избегаем перегрева радиаторов и чрезмерного нагрева верхних этажей. В сочетании с термодатчиками (термопары) для измерения перепадов температуры на каждом этаже, каждый потребитель будет заинтересован в регулировании, поскольку это уменьшит потери при неэффективности и позволит индивидуально регулировать объем потребления

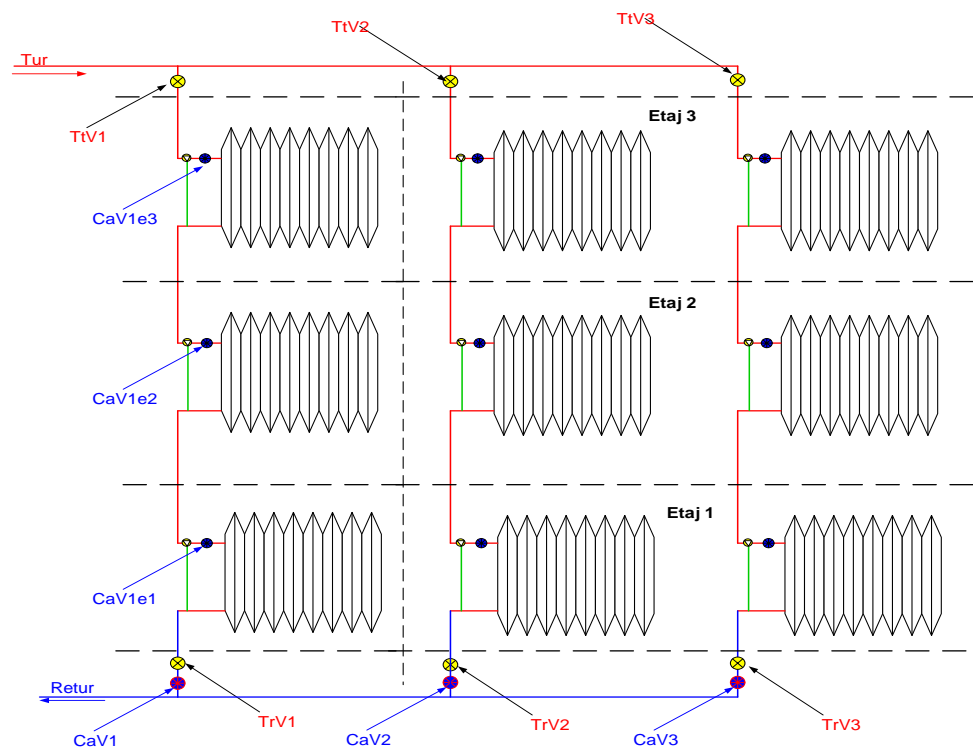


Рисунок 6. Пример комбинированной измерительной системы и обходных трубопроводов

**Экономические аспекты.** В настоящее время уровень технического развития позволяет реализовать телеметрические решения (дистанционное измерение) с хранением данных и автоматическую обработку массивов данных, полученных в экономически выгодных условиях. На международном рынке существует множество компаний предлагающие решения, а цифровые датчики можно найти по ценам от 3 до 10 евро, а счетчик воды с оцифровкой - от 12 до 20 евро, что делает внедрение такой системы очень выгодно для каждой квартиры.

Дополнительный аспект заключается в том, что для каждой вертикали должен быть установлен клапан балансировки давления (около 15 евро) для обеспечения нормального распределения при любых условиях потребления.

### Выводы.

Внедрение Параллельно последовательной системы с системой учета потребления энергии на основе температур теплоносителя в разных точках вертикали позволяет решить главные проблемы и неудобства централизованной системы отопления. Позволяет потребителям настраивать индивидуальное потребление тепло-энергии на каждую квартиру и каждую отдельную комнату, не влияя на других потребителей, и зная точное свое потребление тепла.

После внедрения эта система будет стимулировать потребителей к повышению энерго-эффективности их квартир за счет изоляции, изменения окон, вентиляции, что приведет к снижению потребления и приведет к сокращению выбросов парниковых газов.



## Полезные ссылки.

1. Доклад о национальной энергетической политике  
[http://energyefficiency.clima.md/public/files/publication/Raport\\_privind\\_politicile\\_nationale\\_energetice.pdf](http://energyefficiency.clima.md/public/files/publication/Raport_privind_politicile_nationale_energetice.pdf)
2. Инвестиции в тепловые сети  
[https://www.termoelectrica.md/ro\\_RO/dezvoltare/imbunatatirea-eficientei-sacet/](https://www.termoelectrica.md/ro_RO/dezvoltare/imbunatatirea-eficientei-sacet/)
3. Статистика потребления тепловой энергии  
<http://www.statistica.md/category.php?l=ro&idc=128&>
4. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:926925/FULLTEXT01.pdf>
5. <https://www.ovoenergy.com/guides/energy-guides/ultimate-guide-to-being-efficient-with-heating-and-hot-water.html>
6. Примеры надлежащей практики <https://www.termoelectrica.md/wp-content/uploads/2016/12/EXEMPLE-DE-BUNE-PRACTICI-v1.22.pdf>
7. Цифровые счетчики и термодатчики [https://www.alibaba.com/product-detail/GSM-SMS-wireless-remote-control-reading\\_60735369897.html?spm=a2700.7724838.2017115.300.383963e3VxYFKn](https://www.alibaba.com/product-detail/GSM-SMS-wireless-remote-control-reading_60735369897.html?spm=a2700.7724838.2017115.300.383963e3VxYFKn)

[https://www.alibaba.com/product-detail/GPT-Armored-Thermocouple-Temperature-Sensor-For\\_60739671223.html?spm=a2700.7724838.2017115.103.37eb1eceM2IQc3](https://www.alibaba.com/product-detail/GPT-Armored-Thermocouple-Temperature-Sensor-For_60739671223.html?spm=a2700.7724838.2017115.103.37eb1eceM2IQc3)

8. Цифровые термодатчики, компании по телеметрии  
<http://www.analog.com/en/products/sensors/temperature-sensor-control-devices/digital-temperature-sensors.html>
9. Orange Moldova и Водоканал Кишинев внедрили систему smart water metering  
<http://unimedia.info/stiri/orange---operatorul-1-care-ofera-solutii-inteligente-pentru-un-oras-smart-149297.html>