

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТОПЛИНАТА ОТ ОТПАДЪЧНАТА ВОДА В СГРАДНАТА КАНАЛИЗАЦИЯ

Проф. д-р. инж. Ганчо Димитров, катедра ВКПВ на УАСГ, prof.dimitrov@abv.bg
Инж. Кристиан Кирков, община Пловдив, район централен, krisimirka@gmail.com

Р Е З Ю М Е

Направен е анализ на съществуващите системи за използване на топлинната енергия от отпадъчната вода от сградната канализация. Разгледани са две системи-с топлообменници за душие и за вертикален канализационен клон. Дадени са конкретни технически данни и изисквания за монтаж и експлоатация.

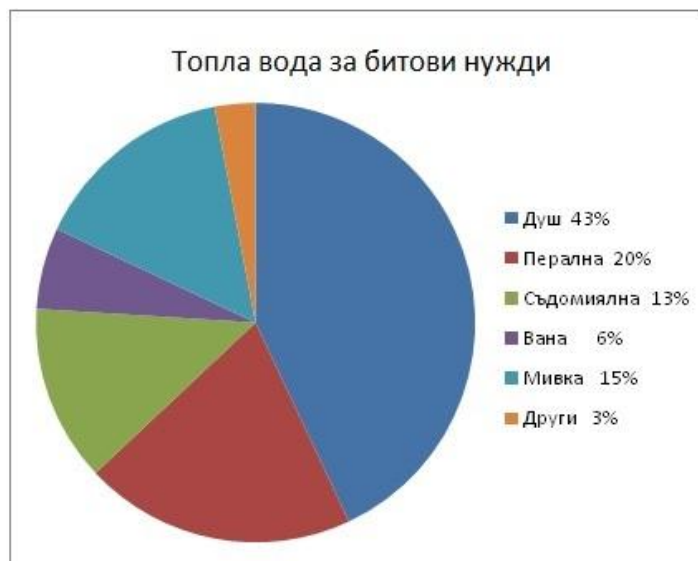
А B S T R A C T

An analysis has been made to the existing systems for usage of heat energy from water water from household sewage. Two systems have been reviewed - with heat exchangers for showers and for vertical sewage branch. Exact technical data and requirements for installation and exploitation have been provided.

Около 43 % от топлата вода в жилищните и обществени сгради, се изразходва при душове (фиг. 1). Тази вода с температура $t = 40 - 41$ °C постъпва в канализацията без да се оползотворява част от топлинната ѝ енергия. В битовия сектор се използва 40 % от общата енергия за отопление и водоснабдяване с топла вода, като делът на последната непрекъснато нараства. В редица производствени предприятия се изразходват големи количества енергия за загряване на водата, която не се оползотворява след използване на топлата вода. Значителна част от топлинната енергия на отпадъчната вода може да се използва повторно, което ще намали разхода на топлинна и електрическа енергия за загряване на водата при намаляване също и на въглеродните емисии и замърсяването на околната среда.

В редица страни и в САЩ, все повече се осъзнава, че отпадъчната вода е значителен източник на топлинна енергия. Според анализи от Министерството на енергетиката на САЩ, американците губят 350 милиарда kWh енергия в канализацията всяка година, което е достатъчно за хранване на 30 милиона домакинства. [2,3]

В Северна Америка количеството на изразходваната топла вода на обитател за домакинство е $q_{\tau} = 75$ л/d, за разлика от приетата в България водоснабдителна норма за централно битово горещо водоснабдяване която е $q_{\tau} = 120$ л/ден. [1,3]



фиг.1 Разпределение на рахода на топла вода в домакинствата

За разлика от слънчевата или вятърната енергия, използването на топлинната енергия от отпадъчната вода не изисква никаква промяна в начина на живот, тя просто може да бъде включена в съществуващата инфраструктура.

Въпреки че системите за оползотворяване на топлината от канализация са приложими за всяка сграда, те са най-ефективни при жилищни сгради с брой на обитателите по-голям от 200 или в обществени сгради като болници, които имат честа употреба на топла вода. [3]

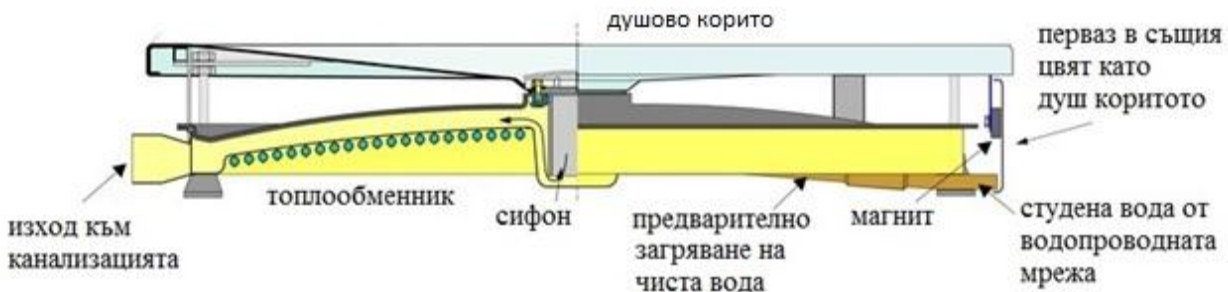
Оползотворяване на отпадъчната топлина от канализацията, може лесно да бъде включена в областта на енергийната инфраструктура. Различни системи за повторно използване на топлината на отпадъчните води също са в експлоатация в Токио (Япония) и в Осло (Норвегия), както и в жп гарата Пекин юг (Китай). [2]

Съществуват различни системи за оползотворяване на топлинната енергия от отпадъчната вода в сградите:

- с топлообменник поддушово корито;
- вертикален топлообменник.

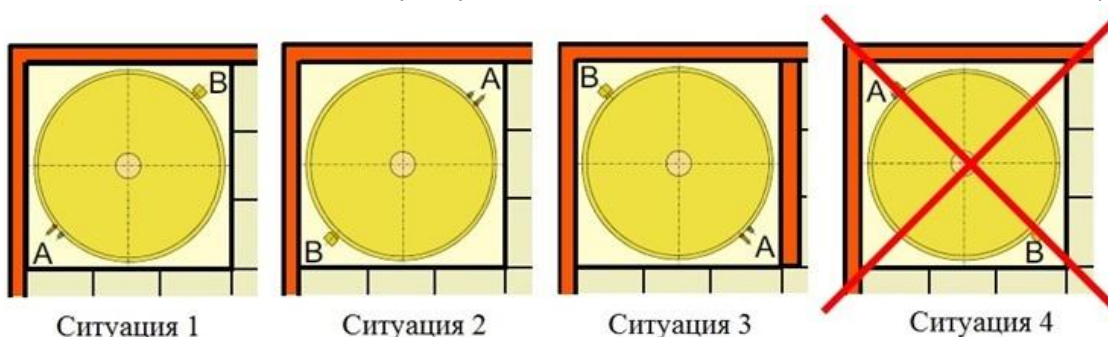
Поддушовото корито топлообменник е с кръгла форма, със спирално навита медна тръба закрепена за долната му част (фиг.2). Капакът на топлообменника е изработен от висококачествена издръжлива на въздействия пластмаса. Височината на топлообменника е минимална, поради което е предназначен да бъде монтиран под самото душово корито. Размерите на душ коритото са 900 x 900 x 35 mm. Теплообменникът поддушово корито е подходящ за монтаж в еднофамилни къщи, апартаменти, хотели или социални домове.

След използване на топлата вода тя попада върху коритото, която посредством сифона инсталиран в средата на уреда достига до топлообменника преминавайки от средата към периферията. При контакта на отпадъчната вода с топлообменника се загрява студената вода от водопроводната мрежа с температура $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, постепенно до температура $t = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Има наличие на двойно разделителни прегради, съгласно EN 1717:2000, тествани и сертифицирани от KIWA (Холандия). Това е условие поради което може да не бъде предвиден въздушен затвор в канализационната тръба, като се избягва шум и натрупване на влага. [6]



фиг.2 Разрез на душово корито с топлообменник

Топлообменникът се закрепя посредством скоби и трябва да бъде монтиран напълно хоризонтално. Допуска се едната му страна да бъде с 1,5 mm по - високо или по - ниско от другата. При монтажа на топлообменника е препоръчително да се спазват някои от следните схеми (фиг.3).



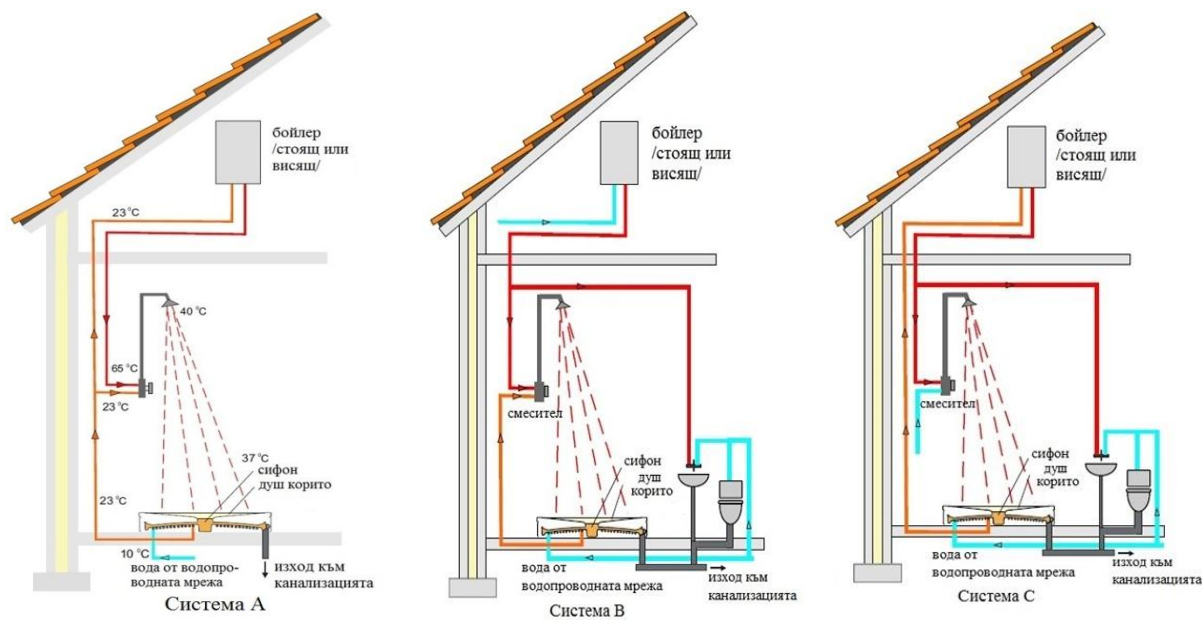
фиг.3 Варианти на разположение на топлообменника спрямо входните и отводните тръби.

За предпочитане е поддушовото корито, да се свързва както е показано в случаите 1 и 2 (фиг.3), където изходът към канализацията е показан с B, а връзките за студената вода (в син цвят) и за загорятата вода (в червен цвят) с A.

Връзките на тръбните отклонения на топлообменника са стандартни, което позволява свързване с различни PP и PVC тръби. Диаметърът на студената и на загорятата вода е $d = 15 \text{ mm}$., а отводната канализационна тръба е с диаметър $d = 50 \text{ mm}$. При ситуация 4, съществува затруднение при демонтаж на системата. За монтажа на топлообменника и избора на подходяща система при която той да бъде свързан с водопроводната инсталация е необходимо да се спазват условията показани на фиг.4.

Студената вода с температура $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ при система A, се подава от водопроводната мрежа към топлообменника. Същата се загрева до температура $t = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ посредством падащата вода от душа с постоянна температура $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, която се поддържа посредством термостатичен смесител. Отпадъчната вода с температура $t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ достига до сифона на душ коритото. Оттам вече загорятата вода се подава към душ смесителя и към електрическия бойлер, където се загрева до температура $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ и се разпределя към мрежата за топла вода в сградата. [6] Системата B се различава от система A по това, че загорятата студена вода от топлообменника се подава директно към крана за студена вода на душ батерията. За електрическия бойлер се подава студена вода с $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ от водопроводната мрежа, която се загрева до температура $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ (фиг.4). [6]

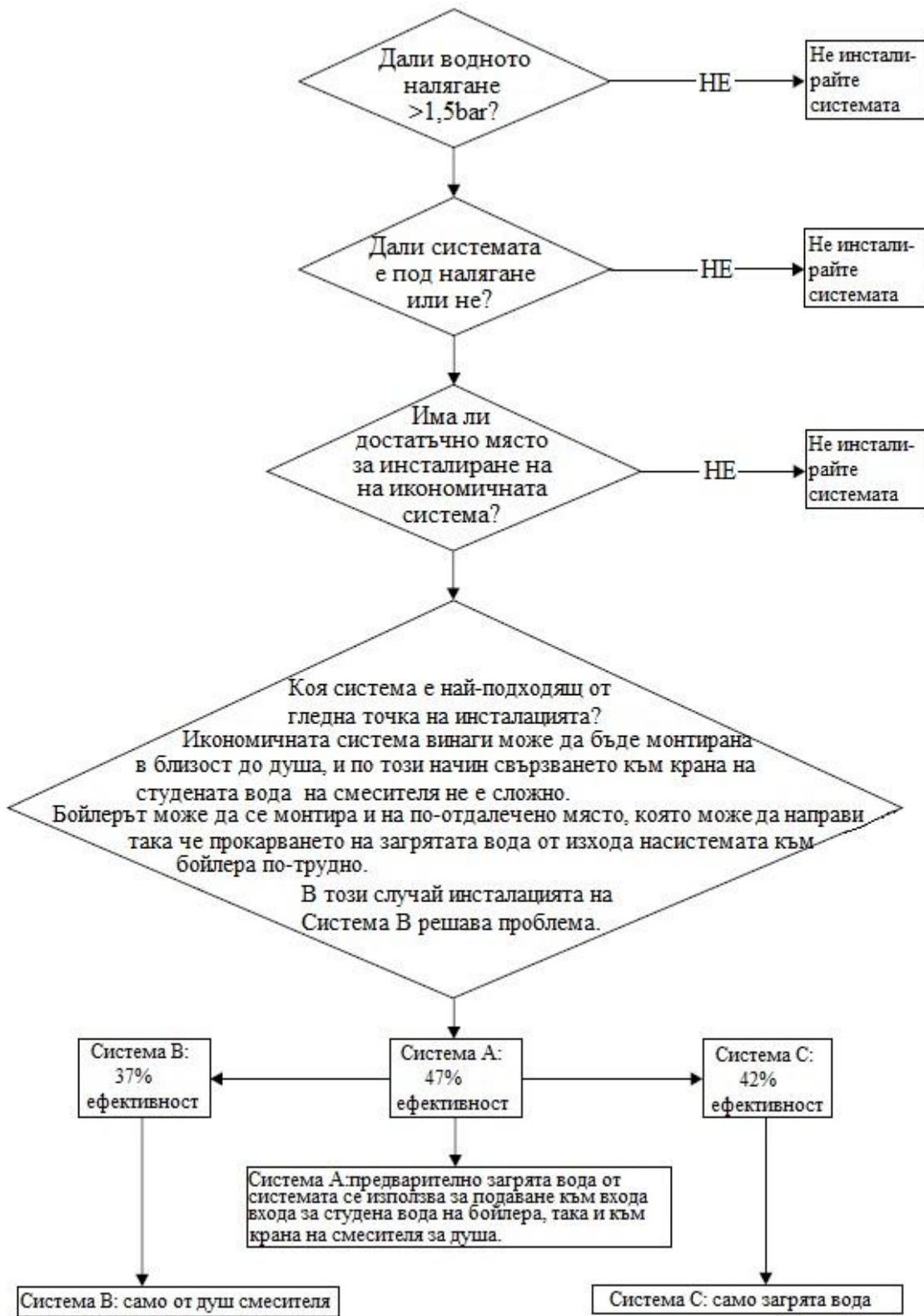
При система C, загорятата вода с температура $t = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ се подава директно към електрическия бойлер. Към крана за студена вода на душ батерията се подава единствено студена вода с $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. [6]



фиг.4 Видове системи за използване на топлината от отпадъчната вода при душове

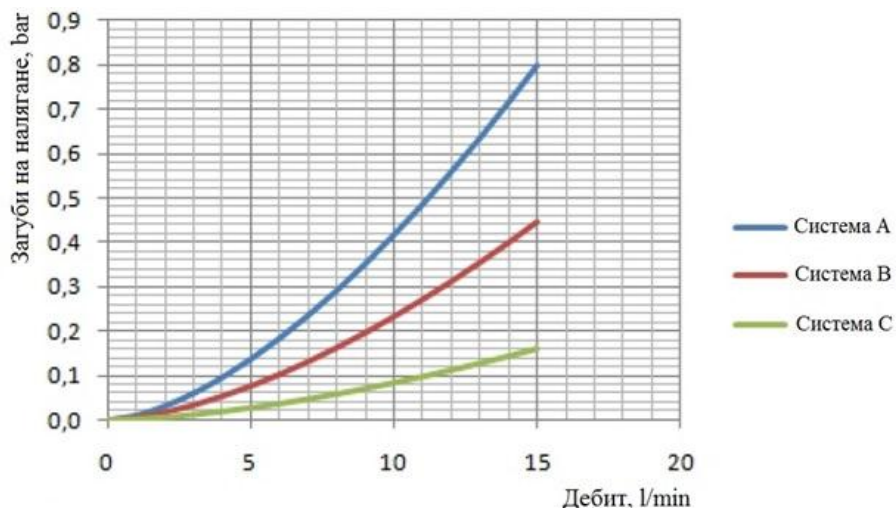
От направени анализи е установено, че при система А се осигурява максимална икономия на енергия - ефективност 47%, докато при система В тя е 37% а при система С-42%.

Условията за използване на топлообменника поддушово корито са дадени на фиг.5.



фиг.5 Условия за инсталиране на топлообменник - поддушовокорито

На фиг.6 са илюстрирани загубите на налягане на водата преминавайки през топлообменника при използване на различните системи. [6]



фиг.6 Зависимост между дебита q и загубите на налягане Δp

Тъй като топлообменника е предназначен да се инсталира, когато налягането в мрежата е по-голямо от 1,5 bar, е препоръчително предварително да бъде измерено налягането в мрежата за студена вода (фиг.5).

Максималния дебит, който може да премине през топлообменника е $q = 25$ l/min.

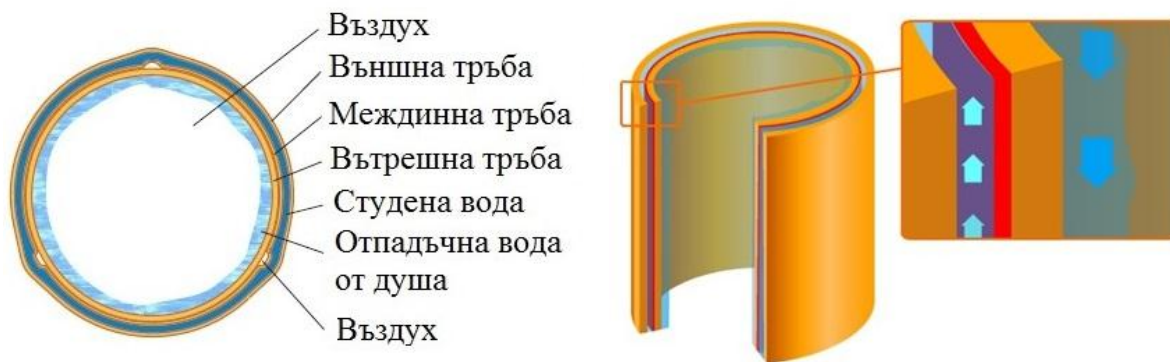
Обикновено водното количество от един душ е $q = 9$ l/min, като загубите на налягане за система А, В, С са съответно $\Delta p = 0,35$ bar., $\Delta p = 0,19$ bar. и $\Delta p = 0,07$ bar. [6]

Успешното функциониране на системата душ корито - топлообменник, зависи изцяло от спазване на инструкциите за монтаж и експлоатация на съоръжението.

Ефективността на системата може да се намали в резултат на запушване вследствие натрупване на замърсявания от вътрешната страна на топлообменника. Повърхността на топлообменника се почиства, веднъж или два пъти годишно с помощта на специална четка, която е включена към доставката на комплекта. Полиращи и абразивни почистващи препарати не са препоръчителни за почистване, тъй като могат да останат към повърхността на чинията на топлообменника, намалявайки неговата ефективност при работа. Температурата на студената вода в топлообменника не трябва да надвишава 25 °C, при която се развива бактерията легионела. Не е подходящо топлообменника да е в пряк досег с тръбни инсталации които транспортират топлина, да е в досег с топли повърхности, като например подов отопление или помещения с константна температура $t > 25$ °C. [6]

За по-голяма ефективност при усвояване на топлината от отпадъчните води в канализацията може да се използва вертикален топлообменник в комбинация с поддушовото корито или самостоятелно.

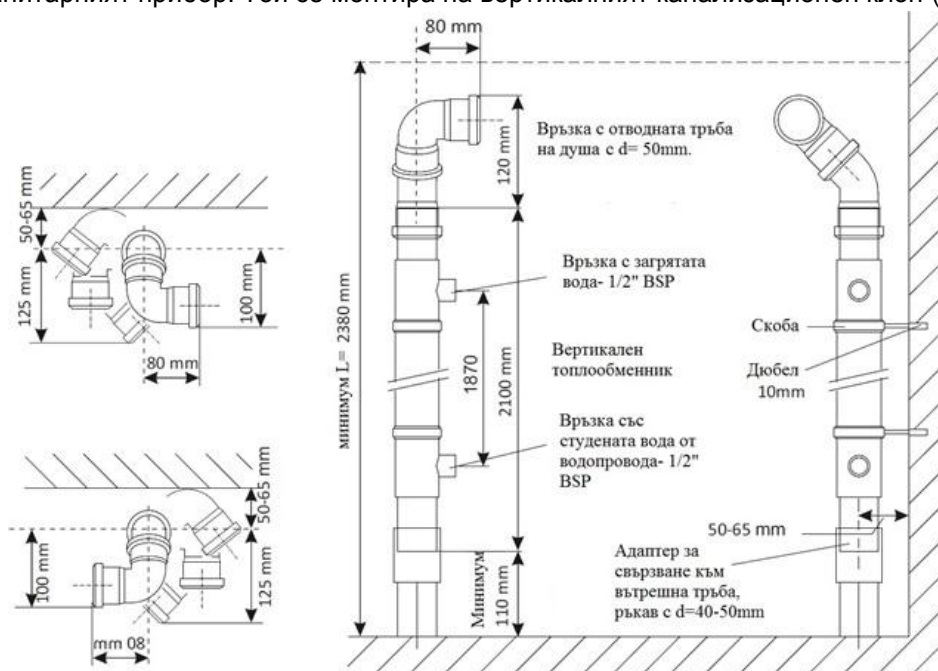
Вертикалният топлообменник е съставен от три концентрични тръби - външна и вътрешна тръба към която има прикрепена междинна тръба (фиг.7).[6]



фиг.7 Разрез през вертикалния топлообменник фиг.8 Разрез на топлообменника

Той е подходящ главно за използване на топлината от отпадъчната вода от душове от санитарните помещения на горните етажи. Не се препоръчва да се монтира топлообменник, когато санитарният прибор е вана, защото при нея икономията от енергия ще бъде минимална поради малкото количество вода с непостоянен дебит което се изпуска в канализационната мрежа. Тръбите на топлообменника са с дължина 2,10 m. и са изработени от мед. Тънкостенната тръба наречена още обсадна се инсталирана около вътрешната тръба. Диаметърът на вътрешната тръба е 50 mm. Студената вода постъпва от долния край на топлообменника, между вътрешната и обсадната тръба и се загрява при движението на отпадъчната вода по стената на вътрешната тръба (фиг.8). [5]

Топлообменникът трябва да бъде възможно най - близко разположен до изхода на отводната тръба на санитарният прибор. Той се монтира на вертикалния канализационен клон (фиг.9).



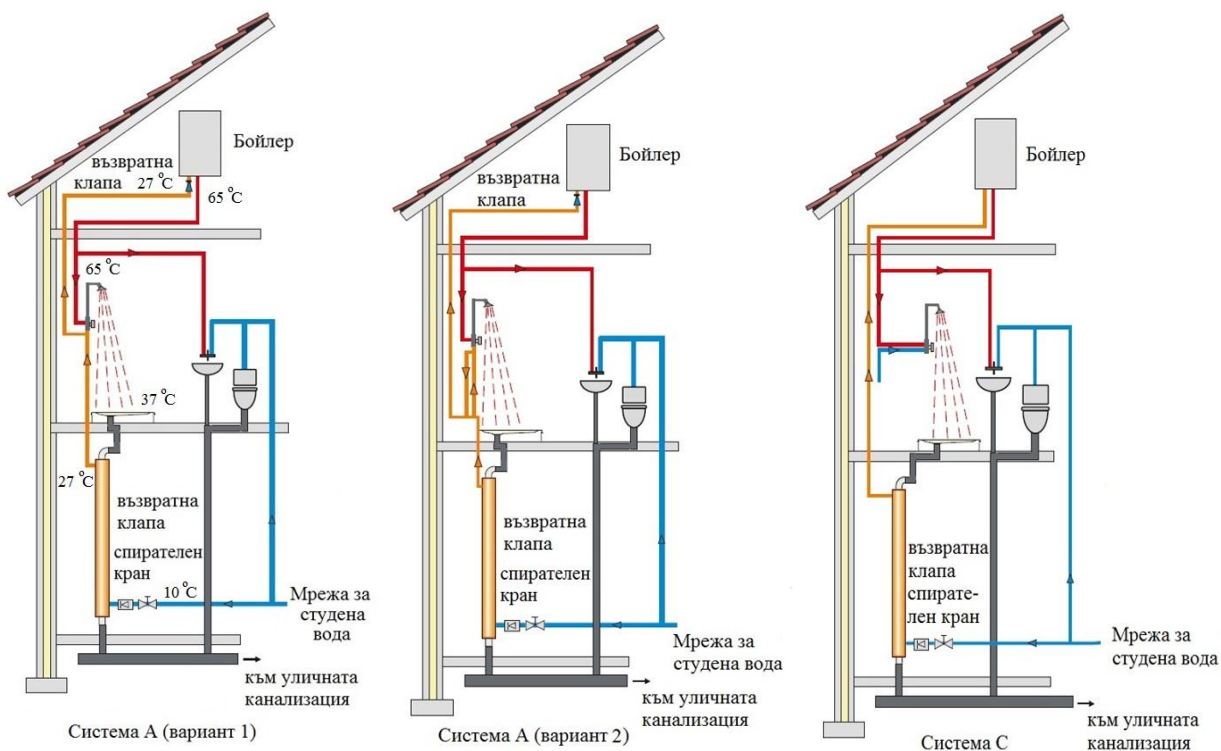
фиг.9. Схема за инсталиране на топлообменника

Препоръчват се няколко различни варианта за свързване на топлообменника с водопроводната мрежа. За разлика от топлообменника поддушово корито, тук температурата на загрятата студена вода след преминаването през топлообменника е $t = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При вариант 1 на система А, студената вода с температура $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, се подава от водопроводната инсталация в сградата от долният край на вертикалния топлообменник пред който е предвидено монтаж на спирателен кран и възвратна клапа (фиг.10). След преминаване през междинното пространство допирайки се вътрешната тръба тя се загрева до температура $t = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$. [5]

След изхода от горният край на топлообменника, загорятата вода се подава към крана за студена вода на душ батерията (термостатичен смесител) и към тръбопровода за студената вода на бойлера. Предвижда се монтаж на спирателен кран и възвратен клапан пред връзката на топлообменника за предпазване от обратен поток мрежата. За бойлера е също препоръчително монтаж на възвратен клапан (фиг.10).

При втория вариант на система А се създава ефекта на "Вентури", с помоща на фасонни части (коляно и тройници), тъй като в тръбната мрежа след топлообменника може да се получи застояване на водата, когато душа не е използван продължителен период от време (фиг.11). За тръбата на Вентури се използват тръби с различен диаметър, за да се гарантира ,че застояването на студената вода в инсталацията ще бъде сведен до минимум. Ефекта от двата варианта е 66 %. Системата С е по-прост начин за инсталиране поради това, че предварително загорятата вода се свързва директно към електрическия бойлер. Има самостоятелна връзка на душ батерията с водопроводната инсталация за студена вода. Ефективността на системата е 56%. [5]

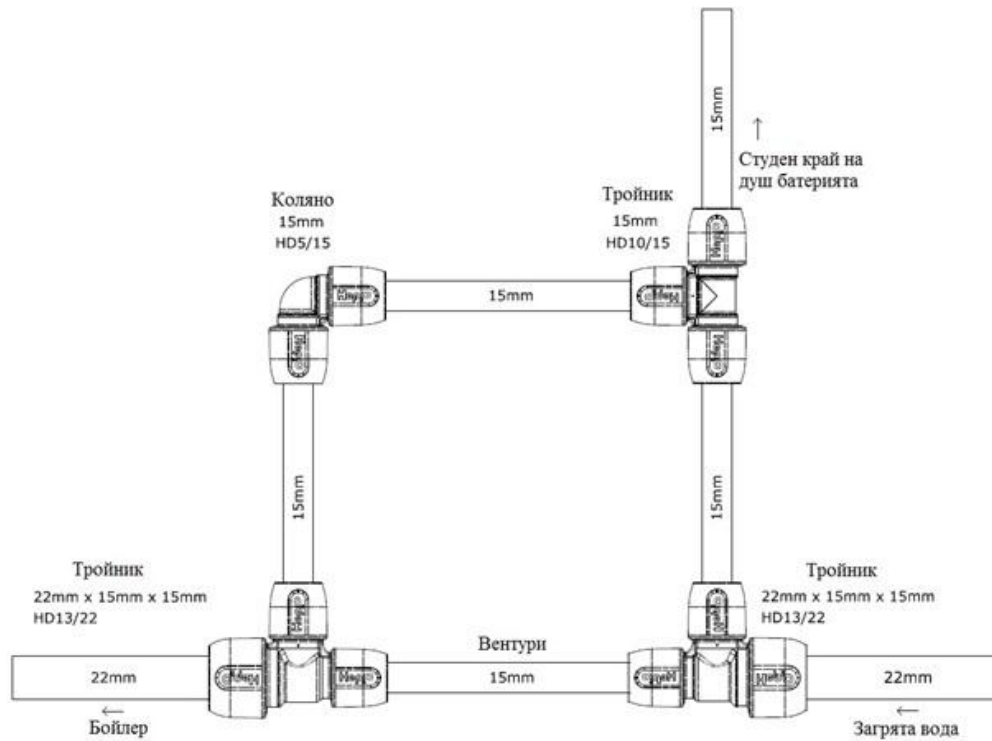


фиг.10 Варианти на свързване на тръбната система след изхода от топлообменника

Установено е, че ефективността на топлообменника зависи от дължината на тръбните връзки. (Табл.1)

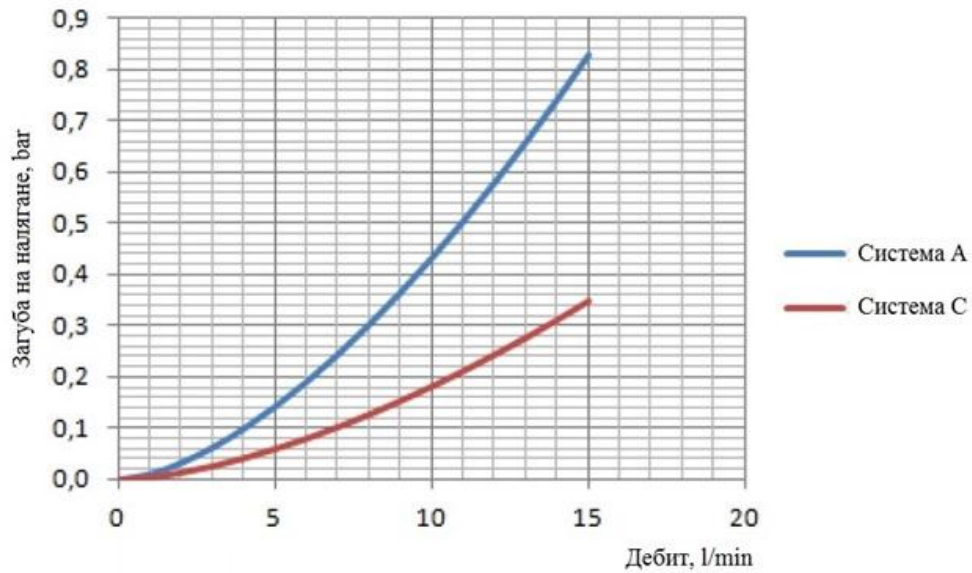
Таблица 1.

Дължина (m)	Загуба (%)	Ефективност при Система А (Q= 9 l/min)	Ефективност при Система С (Q= 9 l/min)
0	0	70%	59%
3	1.1	69.2 %	58.4%
5	1.8	68.7 %	57.9%
10	3.6	67.5 %	56.9%
15	5.4	66.2 %	55.8%
20	7.2	65%	54.8%



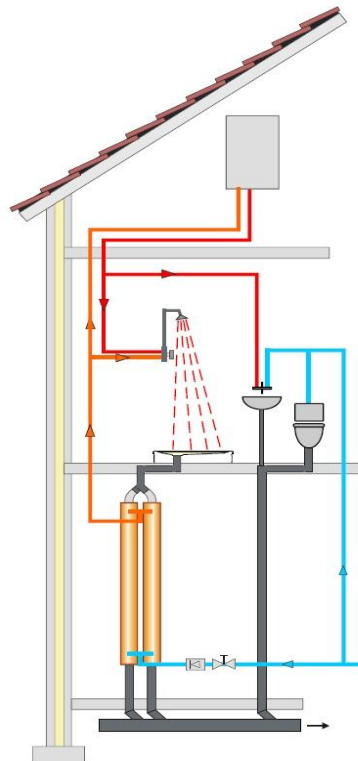
фиг.11 Тръба на Вентури

На фиг.12 са представени кривите на напорните загуби при различните видове системи (А и С) за монтаж на вертикалния теплообменник.



фиг.12. Зависимост между дебита q и загубите на налягане Δp при вертикален топлообменник

Аналогично на поддушовото корито, за инсталиране на вертикалния топлообменник е необходимо да се осигури минимално работно налягане в мрежата за студена вода по-голямо от 1,5 bar. [6] Максималният дебит на водата при вертикалния топлообменник е $q = 50$ l/min. Дори и при проява на големи водни количества, трябва да се измери дали напорните загуби от страна на душа са големи. Ако се остановят такива е практично да се инсталират два успоредни вертикални топлообменника (фиг.13) [4]

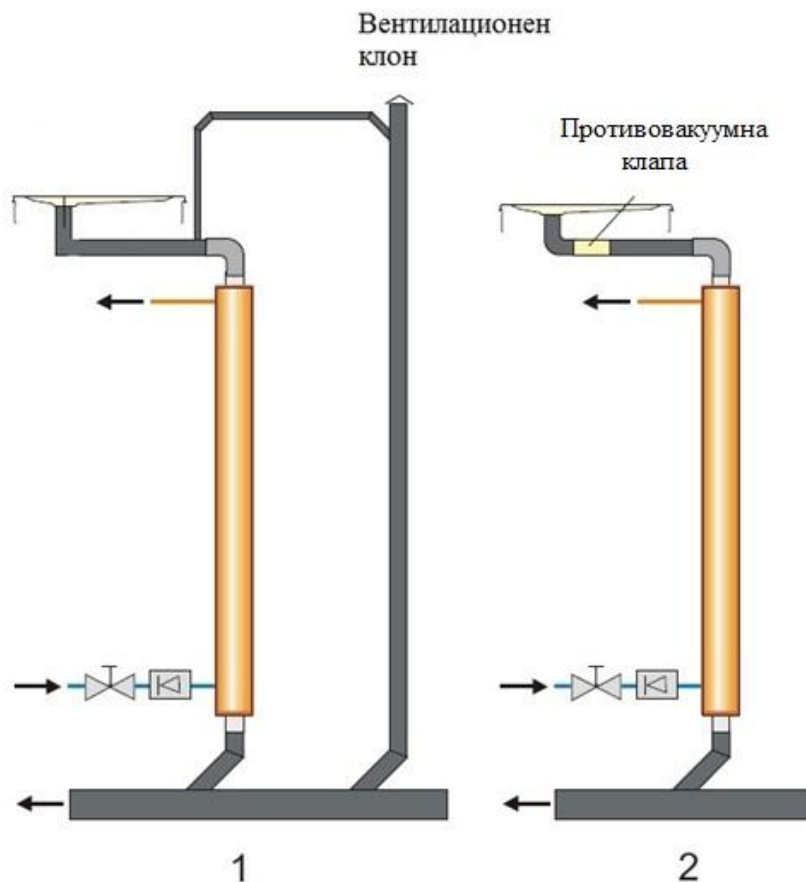


фиг.13 Инсталация с два успоредни вертикални топлообменника

Обезвъздушаване на топлообменника не е необходимо, целият наличен въздух ще излезе автоматично в горната част му част.

Вентилирането на системата може да се постигне по следните два начина (фиг.14) :

- чрез връзка с облекчителна тръба към вентилационен клон 1
- чрез поставяна на противовакуумна клапа 2



фиг.14 Вентилиране на канализационен клон

Принципно поддръжка и почистване на системата на вертикалния топлообменник не се изисква. Системите са успешно тествани в Обединените Арабски Емирства, Чехия, Дания, Белгия.

Изводи:

1. Сивите води от сградните канализационни мрежи са важен източник на топлинна енергия, която трябва да се оползотворява, за да се намалят разходите за загряване на водата и въглеродните емисии.
2. Разгледаните системи за използване на топлинната енергия от отпадъчната вода от душовете и вертикалните канализационни клонове могат да се прилагат и в условията на България.
3. По - голяма ефективност се получава при системи с оползотворяване на топлинната енергия при система за вертикални канализационни клонове.
4. Необходимо е да се направи технико - икономически анализ за оценка на срока на възстановяване на разходите за двете разгледани системи за оползотворяване на топлинната енергия от сивите отпадъчни води в сградите при конкретните цени на електрическата и топлинната енергия в България.

Литература:

1. Наредба 4, За проектиране, изграждане и експлоатация на сградни водопроводни и канализационни инсталации, 2005
2. Kaufman R., Waste Wattage: Cities Aim to Flush Heat Energy Out of Sewers, NGN 2012
3. Mueller L., Water Canada, March/April 2014
4. The Recoh-Vert, D-V3, Installation Instructions, January 2012
5. The Recoh-Vert, RV-V3, Installation Instruction for Shower-Save, May 2014
6. The Recoh-Tray, RT1, Installation Instruction for Shower-Save, April 2011