



**МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ
“СВ. ИВАН РИЛСКИ”
ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛЕН ФАКУЛТЕТ
Катедра “СОНДИРАНЕ, ДОБИВ и ТРАНСПОРТ на НЕФТ и ГАЗ”**

маг. инж. Марио Караджов

ТЕМА:

**Хибридни енергийни системи с използване на
природен газ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд за присъждане на
образователна и научна степен **"ДОКТОР"**

**по научна специалност “ТРАНСПОРТ И СЪХРАНЕНИЕ НА НЕФТ, ГАЗ
И ТВЪРДИ МИНЕРАЛНИ ПРОДУКТИ”**

**от професионално направление 5.8 “Проучване, добив и
обработка на полезни изкопаеми”**

Научен консултант доц. др. инж. М. Бояджиев

София 2022 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Разширен катедрен съвет на катедра "Сондиране, добив и транспорт на нефт и газ" към "Геологопроучвателен факултет" на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, на 02.12.2022 г. съгласно Ректорска заповед № Р-864 от 24.11.2022г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № Р- от т. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на дд. мм. гггг г. от часа в зала..... нафакултет, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет. 3, стая № 79, тел. 02/ 80 60 209..

Утвърденото научно жури е в състав:

доц. д-р Теодора Христова - експерт в професионално направление "Електротехника, електроника и автоматика" – председател / вътрешен;
проф. д-р Ефросима Занева - експерт в професионално направление "Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми" – вътрешен;
проф. д-р Валентин Колев – експерт в професионално направление "Електротехника, електроника и автоматика" – външен;
доц. д-р Ива Драганова - експерт в професионално направление "Електротехника, електроника и автоматика" – външен;
проф. д-р Генчо Попов - експерт в професионално направление "Машинно инженерство" - външен

Резервни членове:

доц. д-р Благовеста Владкова – експерт в професионално направление "Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми" – вътрешен;
доц. д-р Григор Михайлов – експерт "Комуникационна и компютърна техника" – външен.

Дисертантът е докторант на самостоятелна подготовка към катедра "Сондиране, добив и транспорт на нефт и газ" към "Геологопроучвателен факултет"
Автор: маг. инж. Марио Караджов

Заглавие: ХИБРИДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПРИРОДЕН ГАЗ

Тираж: 20 броя

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

АКТУАЛНОСТ

В световен мащаб все повече потребители имат възможност да ползват природен газ за битови нужди – основно за отопление и производство на битова гореща вода. Там, където хората имат тази възможност, осезаемо се забелязва повишаване на качеството на живот, най-малкото, защото ползвателите не губят време, средства и площ за съхраняване на енергоносител(и) и зареждане на съответния топлогенератор с тях.

В България ситуацията е аналогична. През последните тридесет години в много български градове започна изграждане на градски газоразпределителни мрежи, чието разширение продължава и до днес. Това даде възможност на хората нова алтернатива за тяхното отопление и топла вода. Днес природният газ присъства в ежедневието на хората така, както и електричеството. По-ниската цена на газа спрямо останалите енергоизточници е едно от основните му предимства. Но, от началото на 2021г., [169] в резултат на редица политико-икономически фактори, ситуацията в световен мащаб относно доставки и цени на природен газ, петрол и електроенергия драстично се промени в негативна посока. Новите цени на газа вече не се определяха на база на добре познатите ни и използвани икономически теории и практики, а от геополитически фактори. В резултат на това, въпросът с намирането на алтернативни и ефективни решения за отоплението и производството на БГВ за населението става все по-актуален и неговото решение не търпи отлагане.

В тази връзка, развитите икономики последователно работеха и продължават да работят в посока на развитие на Възобновяеми енергийни източници /ВЕИ/. Този аспект на енергопроизводството рязко стана изключително важен в момента, в който през 2021г. [170] се промени световната търговия с фосилни горива и електроенергия. Вече има европейски държави, където жителите са задължени при изграждане на нови или реновация на съществуващи жилищни сгради, задължително да инсталират слънчеви колектори. Целта е да се увеличи ефективността на използваните системи, да се намали консумацията на изкопаемите ресурси и негативното им влияние върху природата.

България, като част от Европейската общост и ЗЕЛЕНАТА СДЕЛКА [171] е необходимо да предприеме адекватни действия, в т.ч. и за актуализация на българското законодателство в тази посока. За постигане на тази цел е необходимо да се внедрят външни и/или създадат приложими изисквания и норми, адаптирани към българските условия. Към момента в България има благоприятни условия за създаване на актуално законодателство в тази област. Този процес се подпомага и от факта, че технологиите в областта на газоразпределението и термopомпите вече са достъпни за българското общество. Съществуват огромно количество български и международни стандарти, документи, норми и правила за тяхното производство, изграждане, експлоатация и поддръжка, в т.ч. и добре подготвени учени и инженери. Необходимо е единствено внимателен прочит на тези документи и правилната им адаптация в българските условия.

В търсенето на евтини и енергийно ефективни решения, науката все повече се ориентира към обединената работа на различни видове ВЕИ и газово оборудване. Хибридни енергийни системи с използване на природен газ са един от резултатите на тази конвергенция.

Целта на “хибридните енергийни системи” е при реновиране на съществуващи или изграждането на нови отоплителни и БГВ инсталации, тези нови технологии безпроблемно да заменят старите, енергонеефективни и замърсяващи околната среда съоръжения за повишаване на енергийната ефективност за сметка на по-ниски разходи и вредни емисии.

Това развитие на технологиите налага и разширяване на познанията и кръгозора на газовите специалисти, за да могат компетентно и професионално да представят ползите от използването на природния газ и възможностите му за конвергенция с ВЕИ и постигането на синергичен ефект [21], [23].

По този начин развитието на битовата газификация ще отговори не само на търсенето на потребителите за задоволяване на основни битови нужди, но и ще спомогне за чиста околна среда.

Тези нови възможности е важно да бъдат представени на потребителите компетентно и убедително, за да се получи общия и търсен ефект за обществото като цяло.

При така определените реалности, в областта на битовата газификация и кумулативното ѝ разширяване с хибридни системи на дневен ред за решаване излизат основно два въпроса:

* въпросът за актуализация на относимата нормативна уредба, в т.ч. регулираща процесите по сертификация на персонала за проектиране, изграждане, поддръжка и ремонт на тези системи;

* въпросът за ефективно използване на хибридни енергийни системи с използване на природен газ.

Първият въпрос касае и квалификацията и компетентността на газовите специалисти. Те е необходимо да разширят познанията си и в областта на отоплителните системи, за да доставят на ползвателите компетентна и максимално достъпна информация за ползите и начините на употреба на природния газ. Това не е сложно, защото законите и принципите на разпределение на флуидите са еднакви и те се изучават от газовите специалисти в периода на тяхното обучение. Необходимо е много ясно да се осъзнае факта, че системите за доставка на газ и неговото преобразуване в топлинна енергия е тясно свързано със системата за разпределение и отдаване на тази енергия [9]. Решаването на този въпрос е по-скоро на ниво държавна национална стратегия за образование и локална фирмена стратегия за обучение и повишаване на квалификацията на персонала в организации, занимаващи се с битова газификация [77], [78].

По тази причина, настоящата дисертация е ориентирана към анализа и намирането на решение на втората задача, която е: Използването на хибридни енергийни системи с природен газ за отопление и производство на битова гореща вода в битовия сектор в целия им аспект и жизнен цикъл. Под хибридна енергийна система с използване на природен газ разбираме система, която работи с два или повече алтернативни енергоизточници, като единият задължително е ВЕИ.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Индустриализацията е обхванала всички сфери на живота. Бързото развитие на технологиите през последните тридесет години и стремежът за все по-големи печалби изпревари с много грижата за околната среда. Но, днес все повече се обръща внимание на защитата на околната среда. Природата, с непрекъснато нарастващия брой климатични промени, които застрашават бъдещето на планетата, ни показва, че няма време за губене – необходимо е в световен мащаб да се предприемат спешни мерки за опазването ѝ. Цели производства, които замърсяват околната среда, се закриват. Учените в международен план търсят алтернативи. Предвид броят на населението на земята и различните видове енергоносители, които то използва в ежедневието си, битовият сектор в световен мащаб е един от основните замърсители на околната среда в нейната цялост. Една от алтернативите за намаляване на замърсяването на околната среда от бита е използването на ВЕИ и природен газ като екологично и ефективно гориво.

Целта на настоящата дисертация е на база на съществуващи конвенционални топлинни генератори е да се анализират методите, ползите и негативите за тяхното обединение в хибридни енергийни системи с използване на природен газ, за постигане на синергичен ефект, който да осигури тяхната висока енергийна ефективност и нисък въглероден отпечатък.

За постигане на поставената цел, е необходимо да се решат следните задачи:

1. Да се анализират съвременните тенденции и направления при отопление, охлаждане и производство на БГВ на домакинствата. Да се определят предимствата и недостатъците на конвенционалните газови системи за отопление и производство на БГВ в битовия сектор спрямо други широко използвани алтернативни системи.
2. Да се изследват възможностите за конвергенция на ВЕИ и природен газ в системи за енергийно ефективни решения чрез изграждането на хибридни системи.
3. Да се разработи алгоритъм за автоматизирана система за ефективно управление на хибридни системи за отопление и производство на БГВ на помещения и сгради от битовия сектор.
4. Да се определи икономическа ефективност за избор и използване на хибридни енергийни системи за отопление и производство на БГВ в битовия сектор.

5. Да се определи влиянието на хибридните системи върху енергийната сигурност и надеждност на енергийния сектор.

ПРАКТИЧЕСКА ПРИЛОЖИМОСТ

Разработените хибридни енергийни системи с използване на природен газ в битовия сектор са с висока енергийна ефективност и екологично ориентирани. Тяхното използване е особено актуално днес, когато цените на енергийни ресурси са изключително волатилни и като допълнение и с липса на дългосрочна предсказуемост за тяхната наличност.

Предложените схеми на хибридни енергийни системи са изградени на база на отделни съществуващи компоненти, конкретно ориентирани към различните нужди от отопление и производство на БГВ в битовия сектор. На тази база са адаптирани алгоритмите им за работа.

АПРОБАЦИЯ

За разработването на дисертацията са направени изследвания за работата на:

- термопомпи 10 kW в битови условия със следене на работните им режими - гр. София;
- газови кондензни котли 24 kW със следене на работните им режими – гр. София;
- слънчеви колектори със следене на работните им режими - гр. София и гр. Г. Делчев;
- фотоволтаична система 5 kWp в с. Труд със следене на работния ѝ режим.

На база на изследванията и данни от други източници са изготвени автоматизирани таблици за изготвяне на анализ Разходи-ползи и срок на откупуване на инвестициите.

СТРУКТУРА И ОБЕМ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е в обем от 147 страници, като включва увод, 5 глави за решаване на формулираните задачи, изводи и получените резултати, формулирани в научно-приложни и приложни приноси, използвана литература, нормативи, регламенти, стандарти и списък на публикациите по дисертацията. Литературата, ползвана за разработване на доктората съдържа 173 литературни източници - 51 на латиница и 122 на кирилица. Работата включва списък на използваните символи и дименсии, списък на използваните съкращения, 21 таблици, 30 фигури и 13 схеми. Номерата на таблиците, фигурите и схемите в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

ГЛАВА I

АНАЛИЗ НА СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОТОПЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ В БИТОВИЯ СЕКТОР

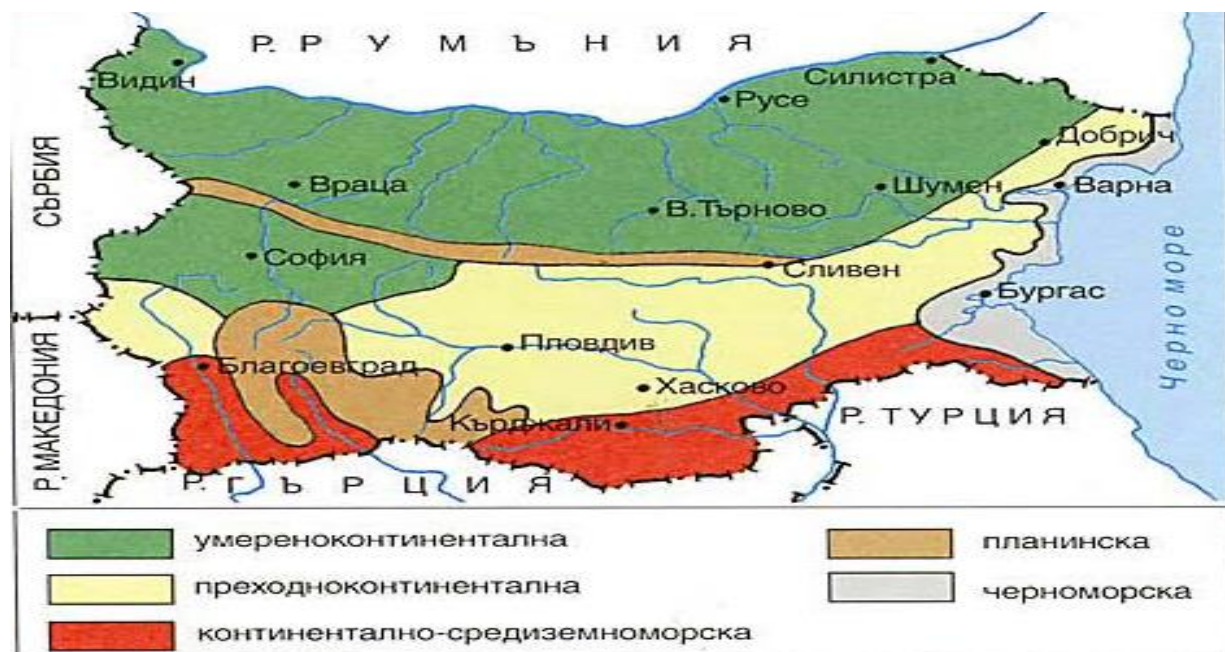
1.1. КЛИМАТ И ВРЕМЕ – основно фактори при избор на система за отопление, охлаждане и БГВ в битовия сектор

Съгласно климатичен справочник на Р България [79] при 365 дни в годината (8760 часа), средно 250 дни са работни (2000 часа). Средно, 40 дни в годината (960 часа) човек е в почивка (извън работното място и жилището си), следователно 5800 часа човек пребивава в жилището. Този факт налага извода, че хората се нуждаят от целогодишен температурен комфорт, който е постижим чрез анализ на климатичните фактори за съответния климатичен район (пояс) и избор на подходяща система за поддържане на топлинно равновесие в битовите сгради (помещения).

При реализиране на конкретна отоплителна система постигането на температурно равновесие (комфорт) е пряко свързано и с разхода (количество и цена) на енергията, осигуряваща този комфорт. Общата цел на разработчиците на топлогенератори за отоплителни системи и системи за БГВ винаги е била с минимум разходи да се постигнат максимум резултати за съответния климат, което не трябва да се отразява на надеждността на съответната система. Самият избор на система зависи както от топлотехническите характеристики на сградите [11] (което не е предмет на настоящата разработка и се разглежда в проектите по част Отопление за сградите), така и от климатичния район на използване. По тази причина е изключително важно да се познават климатичните условия, при които ще работи избраната система.

Понятието *климат* е средното състояние за времето за дадено географско място през различните годишни сезони. Понятието *време* от своя страна е състоянието на атмосферата в дадено географско място за определен кратък времеви интервал.

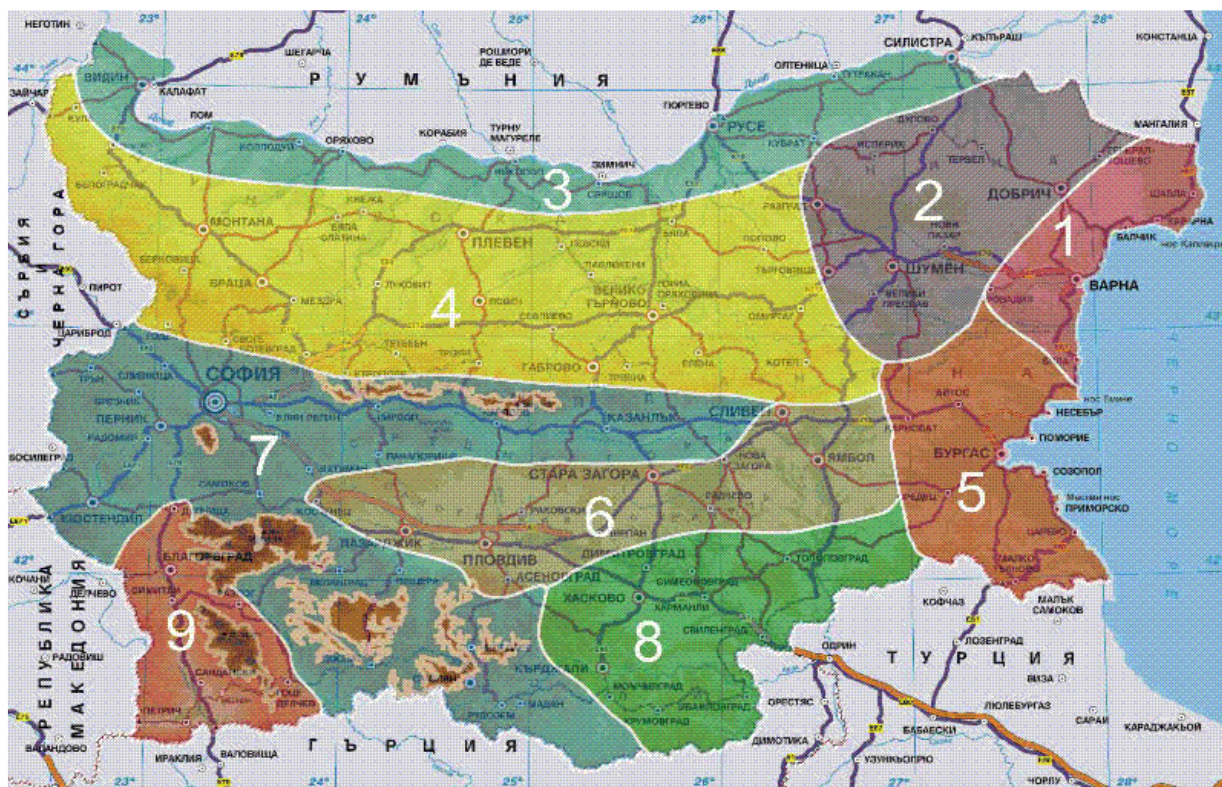
Според климатичния справочник на Р България [79], страната има континентален климат с най-топъл месец юли и най-студен – януари, като са обособени пет климатични области в България, показани на фиг.1, както следва:



Фиг. 1 – климатични области в Р България [79]

Допълнително, всяка климатична област е разделена на зони, в резултат на което за територията на България са обособени девет климатични зони (фиг.2) и за всяка зона опитно, на база на дългогодишни наблюдения, изследвания и изчисления са установени следните DD (денградуси) – таблица 1:

Таблица за денградуси (DD), в България (според климатичната зона) и (според желаната средна вътрешна t°C) - [79], [165]				
Климатични зони в БГ (градове)	19 °C	20 °C	21 °C	22 °C
Зона 1 (Варна)	2400	2600	2800	3000
Зона 2 (Добрич,Шумен)	2800	3000	3200	3400
Зона 3 (Русе)	2600	2800	3000	3200
Зона 4 (Плевен,Враца)	2600	2800	3000	3200
Зона 5 (Бургас)	2300	2500	2700	2900
Зона 6 (Пловдив,Ямбол)	2500	2700	2900	3100
Зона 7 (София)	2900	3100	3300	3500
Зона 8 (Хасково)	2300	2500	2700	2900
Зона 9 (Сандански, Петрич)	2100	2300	2500	2700



Фиг. 2 – климатични зони в Р България

Настоящият материал няма за цел да извършва топлотехнически изчисления, но резултатът от тях е необходим за избор на СОТ и сравнение между различни СОТ. По тази причина тук топлотехническите изчисления за определяне на Q_p = (топлинните загуби от топлопреминаване Q_t + топлинните загуби от инфилтрация Q_i) са опростени, като полученият резултат е с достатъчна точност за целите на изложените технически решения, технико-икономическите анализи и изчисления. Сравнителният техническо-икономически анализ е изграден на база на параметрите за климатичен район - гр. София.

Пълните топлинни загуби за отопляваното пространство (i), се изчисляват по формулата:

$$Q_i = (Q_{ti} + Q_{vi}) * f_{ai}, W, \text{ където:}$$

Q_{ti} са изчислителните топлинни загуби от топлопреминаване за отопляваното пространство (i), W , Q_{vi} - изчислителните топлинни загуби от инфилтрация / вентилация за отопляваното пространство (i), W .

f_{ai} - температурен корекционен фактор за донагриване, който зависи от вида и конструкцията на сградата, времето и приетия пад на вътрешната температура по време на прекъсването.

Съществуват подробни методики (които не са предмет на настоящата разработка) за изчисляване на пълните топлинни загуби. След определяне на $Q_i [W]$, за всяко помещение се определя масовия дебит $\dot{m}_{kj}$, който е необходим да захрани съответното отоплително тяло:

$$\dot{m}_{kj} = Q_j / (1,163 * (t_n - t_v)), [kg/h]$$

На база на гореизложеното и направените подробни технически проучвания и анализи, се прави следния извод: Съвременните жилища при "светла" строителна височина между 2.6 и 2.8 m, топлоизолация с минимална дебелина 8 mm и минимум двуслоен стъклопакет, се нуждаят от 25 до 35 $[W/m^3]$ топлинна мощност за района на гр. София.

Като изходни данни се разглежда най-разпространеният вариант на жилище – 100 m^2 , с:

q_{sp} – специфична потребна топлина $[W/m^3]$, изчислена при минимална температура на външния въздух $t_{vv} = -16^\circ C$ [166];

$s = 100 m^2$ отопляема жилищна площ;

$h = 2.6 \div 2.8 m$ – височина на отопляваните помещения;

В резултат на извършени проучвания и разчети, за последващите анализи се използва $Q_{пт}$ – потребната топлина $[W]$ е = 6200 $[W / 100 m^2]$

1.2. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ПРИРОДНИЯ ГАЗ С ОСТАНАЛИТЕ ВИДОВЕ ГОРИВА, ИЗПОЛЗВАНИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ

ЗЕЛЕНАТА СДЕЛКА [165], [171] е основополагаща за усилията на Европа да се стреми към увеличаване на дела на ВЕИ в енергийния микс, който използва.

На база на реалната (към днешна дата) възможност за внедряване и използване на определена технология в битовия сектор, хибридните системи, които са разгледани, са базирани на енергия, получена от природен газ, електричество (от слънчева енергия и ел. централи) и пелети.

На тази база характеристиките на отделните енергоносители се категоризират на общи и специфични.

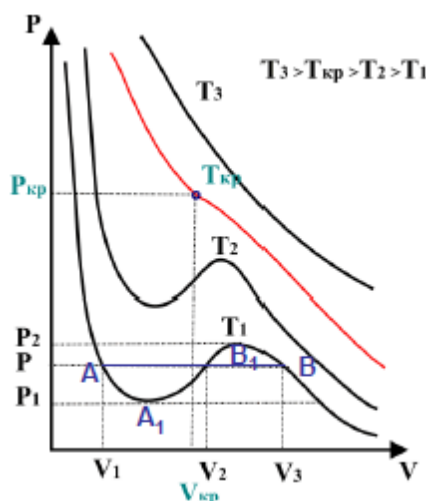
1.3. ОБЩИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ТЕРМИНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НА ЕНЕРГОИЗТОЧНИЦИТЕ, ПРЕОБРАЗУВАЩИ ЕНЕРГИЯ ПОД ФОРМАТА НА ТОПЛИНА ИЛИ РАБОТА НА БАЗА НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ПРИРОДЕН ГАЗ, ЕЛЕКТРИЧЕСТВО И ПЕЛЕТИ

Кондензацията е процес на преминаване от газообразно към течно агрегатно състояние на веществото. Може да се дефинира и като превръщането на водна пара или друга пара в течност при контакт с повърхност. Обикновено се наблюдава при охлаждане на парите, но също и при увеличаване на налягането, възможно е и едновременното действие на двата фактора. Кондензацията на парите е процес, обратен на изпарението и кипенето и е екзотермичен, т.е. е съпроводен с освобождаването на енергия.

Изпарение или парообразуване - преминаването на веществото от течна в газова фаза. Количеството топлина, необходимо за изпарение на единица маса от веществото, се нарича специфична топлина на изпарение (парообразуване) - r . Необходимото количество топлина за изпаряването на един килограм от веществото е $Q = r \cdot m$ [8].

Критична температура е тази температура, при която плътността и налягането на наситената пара стават максимални, а на течността, намираща се в динамично равновесие с парата, става минимална. С други думи това е температурата, при която изчезва, размива се границата между течната фаза и газовата фаза. Ако температурата е над критичната за съответното вещество, то парите му не могат да се втечнят при никакво налягане. Тоест, над критичната температура веществото се държи като газ [6].

Критично налягане е това налягане, при което газа се втечнява, само ако неговата температура е по-малка или равна на критичната температура [6].



Фиг. 7



фиг. 8

На (фиг. 7 и 8) [5], [6], [172] са показани няколко изотерми на реален газ. Прекъснатата линия, която съединява краищата на хоризонталните участъци на изотермата, отделя двуфазната област, в която двете фази – течна и газова, се намират в равновесие по между си.

Фаза - съвкупност от еднородни и еднакви по своите свойства макроскопични части от една термодинамична система, които са отделени от останалите части на системата с гранични повърхности и могат да се извлекат от нея по механичен начин [6].

Хибридна енергийна система за отопление – система, която произвежда топлинна енергия от два или повече енергийни източници [20].

Въздействие върху околната среда - Всяко въздействие върху околната среда, което може да бъде причинено от реализирането на инвестиционното предложение за строителство, дейност или технология, включително върху здравето и безопасността на хората, флората и фауната, почвата, въздуха, водата, климата, ландшафта, историческите паметници и други материални ценности или взаимодействието между тези фактори [165].

Потенциал за глобално затопляне (ПГЗ) - Global Warming Potential (GWP)

Парников потенциал на даден газ. Тази стойност показва колко допринася един газ за глобалното затопляне в сравнение с CO₂, [75], [165].

CO₂ еквивалент (CO₂e) Тази стойност показва с колко определена маса от дадена газ допринася за глобалното затопляне по отношение на CO₂, [75], [165].

Потенциал за разрушаване на озоновия слой (ODP – Ozon Depletion Potential)

Общото количество озон в стратосферата се определя от баланса между фотохимичното производство и рекомбинацията. Озонът може да бъде разрушен от редица катализатори на свободни радикали. Най-важните от тях са хидроксилният радикал (OH·), азотният монооксид (NO·), хлорният радикал (Cl·) и бромният радикал (Br·), [75], [165].

Коефициент на преобразуване (в режим отопление) COP (Coefficient Of Performance).

Отношение между отдадената отоплителна мощност и задвижваща мощност на компресора. Коефициентът COP може да бъде посочен само като моментна стойност при дефинитивно експлоатационно състояние [12].

Хладилен коефициент на трансформация EER (Energy Efficiency Ratio). Отношение между отдадената охлаждаща мощност и задвижваща мощност на компресора. Коефициентът EER може да бъде посочен само като моментна стойност при дефинитивно експлоатационно състояние [12].

Топлинен източник

Среда (земя, въздух, вода, ледохранилище, соларен въздухоабсорбатор), от който с термopомпата се отнема топлина [12].

Енергийна ефективност - Всяка мярка, резултатът от приложението на която води до намаляване разхода на първичен енергоносител или енергия при запазване степента на комфорт в бита и намаляване на енергоемкостта на единица продукция в индустрията при опазване на околната среда [83].

1.4. СПЕЦИФИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРИРОДЕН ГАЗ, ЕЛЕКТРИЧЕСТВО, ПЕЛЕТИ

1.4.1. ПРИРОДЕН ГАЗ - СПЕЦИФИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В световен мащаб добивът, преработката, транспорта, разпределението и използването на природен газ е една от най-регулираните дейности. Човешвото трупя опит в използването на природен газ над 200 г. Към момента има написани десетки материали в тази сфера под формата на технически изисквания, инструкции, правила, стандарти, наредби, закони, директиви, регламенти и др. Стремехът е дейността да се унифицира и прилага по един и същ начин във всяка точка на света. Това прави дейността ефективна и безопасна.

Свойствата на природния газ са широкообхватни. В настоящия материал са взети предвид само онези, които имат отношение към горивните процеси, чрез които се извлича неговата ефективност.

Природният газ е безцветно, без мирис и вкус фосилно гориво, считано за един от най-чистите източници на енергия. При определени концентрации и при наличие на окислител (O₂) протича горене, което е съпроводено с отделяне на големи количества енергия.

Горенето е бързо протичаща химична реакция на горивото с кислорода, при която се излъчва топлина и светлина $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2 + \text{Q}$

АНАЛИЗ НА ПАЗАРА НА ПРИРОДЕН ГАЗ ЗА БИТОВИ НУЖДИ И ГАЗОВИ УРЕДИ

Структурата на потреблението по отрасли на природен газ, продаден от „Булгаргаз“ ЕАД през 2021 г., е следната:

- енергетика – 10 961 841 MWh;
- химия – 6 825 545 MWh;
- разпределителни дружества – 3 836 391 MWh;
- металургия – 1 147 950 MWh;
- регионално развитие и строителство – 413 496 MWh;
- стъklarска промишленост – 1 705 120 MWh;
- земеделие – 621 532 MWh;
- други – 486 370 MWh.

Структурата на потреблението по отрасли на продадения от „Булгаргаз“ ЕАД природен газ за 2021г. е представена и на фиг. 11 по-долу:



Фиг.11

Приоритет по отношение на вътрешния пазар на природен газ е развитието и разширяването на битовата газификация в страната, като пожелателните цели за газификация предвиждаха до 2020 г. 30% от домакинствата в страната да имат достъп до газоразпределителни мрежи.

Най-големите регионални лицензианти [81] са „Аресгаз“ АД, „Ситигаз България“ ЕАД, „Овергаз Мрежи“ АД и още над 20 фирми с актуален лиценз за разпределение на природен газ и снабдяване с природен газ от краен снабдител за отделни общини.

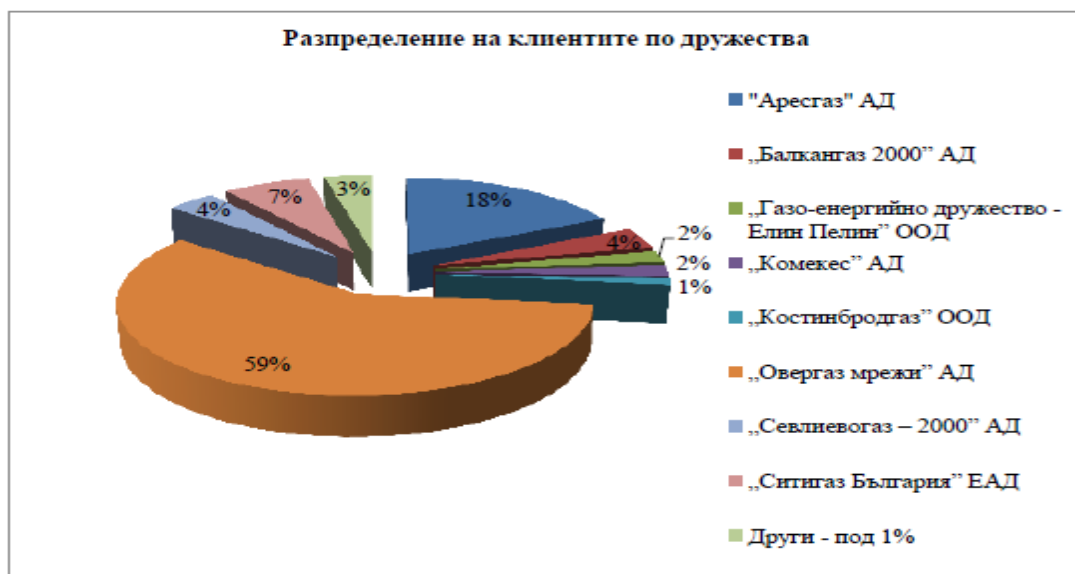
Необходимата инфраструктура за разпределение на природен газ в страната е в процес на изграждане и присъединените битови клиенти към изградените газоразпределителни мрежи /ГРМ/ са малко. Прилаганият от КЕВР регулаторен механизъм осигурява стимули за газоразпределителните дружества да продължават развитието на ГРМ и присъединяването на нови клиенти с цел постепенно увеличаване на консумацията на природен газ. В тази връзка КЕВР утвърждава пределни цени за продажба на природен газ, което дава възможност на газоразпределителните компании да продават на крайни клиенти на цени, по-ниски от утвърдените, като така се стимулира газифицирането на домакинствата.

Изградената мрежа от газоразпределителните дружества през 2021 г. е 162 730 м, а общата дължина на ГРМ в страната към края на 2021 г. е 5 461 340 м.

Извършените инвестиции от ГРД през 2021 г. са в размер на 27 031 хил. лв. Част от газоразпределителните дружества снабдяват клиентите си с компресиран природен газ, поради липса на връзка на изградената от тях разпределителна мрежа с газопреносната мрежа, което повишава крайната цена на природния газ. Това обстоятелство възпрепятства достигането на услугата до по-голям брой клиенти. Общият брой клиенти на газоразпределителните дружества към 31.12.2021 г. е 146243, от които 8156 небитови клиенти (5,6%) и 138 087 битови клиенти (94,4%). Броят на клиентите е нараснал от 124 144 през 2020 г. на 146 243 през 2021 г., което е

увеличение със 17,8%. Нарастването на битовите клиенти е с 18,6%, съответно на небитовите – с 5,7%. [81].

Разпределението на клиентите на природен газ по газоразпределителни предприятия е представено на фиг. 14:



Фиг. 14

Общата консумация на природен газ (фиг. 15) от клиенти на газоразпределителните предприятия през 2021 г. е 6 148 291 MWh, което е увеличение с 9,7% в сравнение с 2020 г., когато потреблението е било 5 605 628 MWh.



Фиг.15

Реална възможност за развитие на битовия газов сектор, респективно пазар е, да се продължи със създаване на пазар на природен газ с ниско налягане за отопление с локални инсталации или централи и въвеждането му в жилищата за пряко изгаряне като конкурентна високоефективна алтернатива на електрическата енергия.

Основен източник на инвестиции за поддържане и развитие на газоразпределителната мрежа са собствените приходи на лицензиантите. По степен на значимост основните мерки, чрез които може да се подпомогне снабдяването, са мерките, произтичащи от изискванията на Третия либерализационен пакет, а именно осигуряване на равнопоставен и недискриминационен достъп до основната газова инфраструктура и развитие на газопреносната мрежа на базата на оповестени дългосрочни планове за развитие. На второ място са мерките, свързани с облекчаване и унифициране на административните режими, а на трето - свързаните с

регулаторната политика и практика и най-вече с установяването на съотношения между цените на различните енергийни източници, които да насърчат използването на природния газ. Положителните въздействия, ако бъде осъществено масовото навлизане на природен газ, както е подчертано и в Енергийната стратегия до 2030 г., ще са многостранни - икономически, екологични и социални. Газификацията ще допринесе за енергийна ефективност, по-чиста околна среда и по-евтина енергия за отопление и други нужди на българските домакинствата.

Развитие на пазара на компресиран природен газ /КПГ - CNG/ в България

През последните години видим импулс получи пазара на КПГ, в т.ч. и за доставка до битови потребители. От 2007 г. започна предлагането и на услугата „Виртуален газопровод” - представлява пренос на компресиран природен газ със специални съдове (трейлери и бутилки) до локални газоразпределителни мрежи или конкретни клиенти, до които все още не е изграден газопровод. По този начин природният газ става достъпен за повече стопански и битови клиенти.

Втечен природен газ (ВПГ / LNG)

За разлика от природния газ, пренасян по газопроводи, LNG предлага гъвкавост и възможност за енергийна диверсификация за производители - малки и средни предприятия, които не са свързани с газопроводната мрежа.

В средата на 2022г. ВПГ добива все по-широка популярност, след кризата между Русия и ЕС относно прекъсването на доставки на природен газ по съществуващите междусистемни газопроводни връзки. Започва усилено търсене на LNG и схеми за доставки, регазификация и транспорт до европейските потребители.

ПАЗАР НА ГАЗОВИ УРЕДИ ЗА ПРИРОДЕН ГАЗ НА ТЕРИТОРИЯТА НА Р БЪЛГАРИЯ

С развитието на газоразпределителните мрежи в редица населени места в Р България, през годините се наблюдава и бързо увеличение на обема на газовите котли, които домакинствата ползват за отопление и БГВ.

В следващата таблица 7 ясно се вижда ръста на увеличение на инсталираните битови газови котли (от 2000 г. до 2020г.) – данните са от КЕВР, изготвени на пет годишни периоди, графично показани и на фиг.17:

Табл. 7

	Год.	2000	2010	2015	2020
Газови котли , общо към год.:	бр.	1000	54470	74120	128527
Газови котли за година	бр.	600	3910	4540	13100

1.4.2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ - СПЕЦИФИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Производството на електроенергия става в електрически централи чрез преработване на първични енергоносители – въглища, ядрено гориво, воден потенциал, силата на вятъра, на приливната вълна и други [7], [172].

Произведената електрическа енергия се трансформира и пренася по изградена преносна система до местата, където се осъществява нейното разпределение и довеждане до краен потребител – стопански субект или битов потребител.

Многообразието и лесното и ефективно производство на технически средства за преобразуване на електрическата енергия в процеса ”производство-пренос-потребление” е причината ползването на електрическата енергия да намира приложение във всички сфери на живота. Няма сектор в обществения живот, който да не е зависим от електроенергията. развитието на комуникациите и информатиката са невъзможни без използването на електрически ток [19].

Електрическата енергия е особен вид енергиен източник, който намира широко приложение в почти всички сфери на икономиката, комуналната област и домакинствата. Тя може да се преобразува в различни други видове енергия – като топлинна енергия, механична енергия и

притежава свойства, характерни само за нея. За разлика от други енергоносители, като например природен газ, въглища, течни горива и други, електрическата енергия не може да се складира или съхранява, а се консумира пряко от потребителите. Това налага системата, посредством която продуктът достига до крайния потребител, да бъде постоянно „балансирана“, т.е. при промени в потреблението да се включват/изключват производствени мощности.

От така кратко описаните приложения на електроенергията, в настоящия дисертационен труд са взети предвид следните варианти на използването ѝ:

ДИРЕКТНО ОТОПЛЕНИЕ

Това са случаите, когато имаме отоплителна инсталация, захранена с електрически котел. В този случай топлоносителят (вода) се загрева директно чрез електрически нагревател. При този начин на отопление к.п.д. на инсталацията винаги е ≤ 1 и зависи в много голяма степен от качеството на изграждане на отоплителната система и топлотехническите характеристики на сградата.

Към настоящия момент в Р България няма институция, която да следи за пазара на електрически котли. Причината най-вероятно е поради факта, че този начин на отопление никога не е бил предпочитан от населението, поради по-високата цена за отопление спрямо централното отопление или отопление с твърдо гориво и този пазар не е структуроопределящ и не влияе върху енергийната сигурност и баланса на електропроизводство. По тази причина и пазарът на електрически котли в България е силно ограничен.

ТЕРМИЧНИ ПРОЦЕСИ - ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ

В световен мащаб, от всички енергоносители, хората имат най-лесен достъп до електроенергията. Затова се търсят и нови, по-ефективни методи и начини за използването ѝ, вместо стандартните електрически нагреватели. Така се е стигнало до използването на термопомпените системи за отопление. С развитието на тази техника през годините, тяхната ефективност се увеличава, а себестойността им намалява, което ги прави по-широко приложими в бита на хората, [20], [21], [22].

При термопомпените системи електроенергията се трансформира в механична работа на компресора, който я предава на хладилния агент, като последният пренася трансформираната топлинна енергия от по-студения към по-топлия топлоизточник. Т.е. тук хладилният агент е основният транспортър на топлинна енергия, а електроенергията е горивото на този процес. По тази причина се налага подробното разглеждане на специфичните характеристики на хладилните агенти и трансформацията на електроенергията в топлина и съответстващи на този процес на преобразуване коефициент на трансформация (хладилен или топлинен) [12].

С развитието на климатичната и хладилна технологии е установено, че използваните в първоначално хладилни агенти са изключително вредни за околната среда и силно влияят върху разрушаването на озоновия слой.

По тази причина ЕС е разработил редица норми, които да намалят вредното въздействие на хладилните агенти, ползвани в момента и като хоризонт до 2030г.

Основният действащ в момента документ е Регламент (ЕС) № 517/2014 за флуорсъдържащите газове (наричан по-нататък „Регламентът“), който включва редица изисквания за обслужващите техники и операторите на оборудване, съдържащо флуорсъдържащи парникови газове, като напр. хидрофлуоровъгледородите (HFC).

Регламентът въвежда освен това така нареченото „поетапно намаляване на хидрофлуоровъгледородите“ („HFC phase-down“). Това поетапно намаляване на HFC предполага много по-малко използването им в бъдеще, по-специално за тези от тях, които имат сравнително голям потенциал за глобално затопляне (ПГЗ).

Какво представлява ПГЗ (потенциал за глобално затопляне)?

ПГЗ се използва като параметър, показващ значението на даден газ за затопляне на атмосферата. Параметърът се изчислява на базата на 100-годишния потенциал за затопляне на един килограм флуорсъдържащ газ, отнесен към потенциала на един килограм CO_2 . За смесите ПГЗ се изчислява по следната формула:

$\text{ПГЗ}_\Sigma = \sum x_i * \text{ПГЗ}_i$, където:

x_i - % съдържание на i -тата съставка в сместа;

ПГЗ _{i} - потенциал за глобално затопляне на i -тата съставка в сместа;

ПГЗ на флуорсъдържащите газове възлиза обикновено на хиляди единици. Така например R 404A е парников газ с ПГЗ = 3922, което означава, че потенциалът му е 3922 пъти по-голям от този на CO₂ [39], [53], [75], [140].

Поради това предотвратяването на навлизането на флуорсъдържащите газове в атмосферата е много ефективен начин за намаляване на емисиите, въздействащи върху климата.

В новия Регламент за флуорсъдържащи газове зареждането се изразява в CO₂ еквиваленти, а не в килограми флуорсъдържащи газове.

* За да определи зареждането с флуорсъдържащи газове, операторът следва да провери етикета на оборудването и ръководството за работа с него или техническите спецификации. При съмнение, операторът следва да се обърне към доставчика, производителя или специализираното предприятие за сервизно обслужване на оборудването.

* След като се знае зареждането в килограми, то се умножава по ПГЗ на флуорсъдържащите газове, използвани в системата, за да се получи зареждането в CO₂ еквивалент: $CO_2 \text{ екв.} = m \text{ [kg]} \cdot \text{ПГЗ}$

Необходимостта от система за откриване на течове и от проверки за течове зависи от това, дали количеството на зареждането надхвърля 5, 50 или 500 тона CO₂ еквивалент. В долната таблица тези гранични стойности са превърнати в маса в килограми за най-често използваните хладилни агенти и смеси.

В таблица 9 е показано превръщането на граничните стойности на зареждане в CO₂ еквивалент в килограми за най-често използваните хладилни агенти и смеси [75]:

Табл. 9

		Гранични стойности в тонове на CO ₂ екв.				
		5	40	50	500	1000
Хладилен агент	ПГЗ	Превръщане на граничните стойности на зареждане в kg				
R134a	1430	3,5	28,0	3,0	349,7	699,3
R32	675	7,4	59,3	74,1	740,7	1481,5
R404A	3922	1,3	10,2	12,7	127,5	255,0
R407A	1774	2,8	22,5	28,2	281,9	563,7
R410A	2088	2,4	19,2	24,0	239,5	479,0
R422D	2729	1,8	14,7	18,3	183,2	366,4
R507A	3985	1,3	10,0	12,5	125,5	250,9

На основа на гореизложените факти се налага извода, че природният газ, освен че е алтернативно високоефективно и екологично гориво, той може да се обедини (конвергира) със съществуващи системи, които използват ВЕИ под формата на термопомпи, фотоволтаици, слънчеви колектори. На тази база се изграждат новите хибридни системи за отопление и БГВ за битовия сектор и са направени проучванията, анализите и изводи в настоящата разработка, [3], [20], [22].

При определени климатични условия термопомпите са един от най-ефективните начини за отопление и производство на гореща вода в жилищни, обществени и производствени сгради. С 1 kWh изразходвана ел. енергия термопомпите добиват от 3 до 5 kWh топлина. До 80% от тази енергия те извличат от околната среда (въздуха, водата, земята). Такава енергия в природата е налична в количества, несъизмеримо по-големи от нуждите на човечеството [12].

Термопомпи може да се използват както в нови, така и при реновирането на стари отоплителни инсталации. Съвременните термопомпи както вода-вода, така и въздух-вода загряват топлоносителя (вода или друга незамръзваща течност) до 60°C – 65°C, което дава възможност да се използват и съществуващите радиаторни тела от стари отоплителни инсталации.

Най-важният параметър на една термопомпа, коефициентът на енергийна ефективност (COP) представлява съотношението на произведената към изразходвана енергия [12], [20].

За термопомпите въздух/вода обикновено посочената стойност на COP е за околна температура 7°C. При термопомпите въздух-вода COP значително намалява при ниски външни температури [11].

За термопомпите вода-вода проблемът с околната температура не стои, тъй като източник на топлина е земята, чиято температура на дълбочина повече от 2 метра целогодишно е практически постоянна. Но, за тяхното изграждане са необходими значителни инвестиции и пространство, което ги прави почти неприложими в битовия сектор.

Вътре в сградата топлопренасянето може да бъде решено чрез радиатори, конвектори (на стената, в пода или на тавана) или подово-лъчисто. Подовото отопление, независимо от какво получава енергия, спестява допълнително от 7% до 10% от разходите и носи усещане за повече комфорт. Там където е необходимо и охлаждане, се използват най-вече конвектори. Освен това, с конвектори може много по-бързо да се достигне желаната температура на въздуха в помещения, които не се отопляват или охлаждат непрекъснато.

Термопомпата е устройство [12], [20], което не произвежда топлина, а само я премества от тела с по-ниска температура към тела с по-висока температура при влагане на определено количество енергия. Посоката на пренос на топлина се определя от изборния режим на работа на термопомпата (охлаждане или отопление).

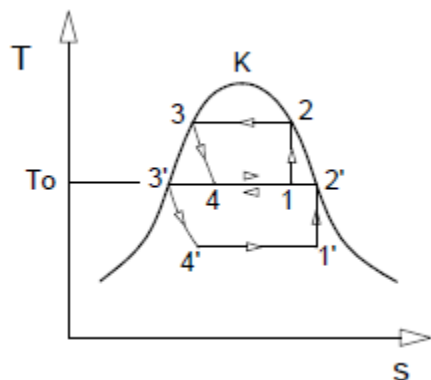
Всяка термопомпа се състои от следните основни възли:

1. Компресор;
2. Кондензатор;
3. Изпарител;
4. Вентил за обръщане на режима на работа (кондензатор-изпарител);
5. Терморегулиращ вентил;
6. Съединителни медни тръби;
7. Хладилен агент (фреон), който пренася топлината между изпарителя и кондензатора чрез промяна на агрегатното си състояние;
8. Контролер за управление.

Термодинамичният принцип на работа (известен като „обратен цикъл на Карно“), лежи в основата на работата на всички хладилни машини (хладилници, климатици, термопомпи).

От известният ни Обратен цикъл на Карно [3], [12] знаем, че ефективността на термопомпата в отоплителен режим се изразява с топлинен коефициент на трансформация: $\mu = T_1 / (T_1 - T_2)^{[1]}$, известен като COP.

Хладилният коефициент на трансформация $\xi = T_2 / (T_1 - T_2)$ е познат като EER.



Фиг.19

На показаната на фиг. 19 T-s диаграма [2], [12] ясно се вижда цикълът на работа на ТП в режим отопление (1-2-3-4-1) и в режим охлаждане (1'-2'-3'-4'-1').

T_0 е температурата на околната среда, която в режим на отопление е студеният източник, а в режим на охлаждане е горещият източник. От T-s диаграмата е видно заключението, че $\mu = 1 + \xi$

Реалните обратни термодинамични процеси (по които реално работят термопомпите) не са идеални и трудно се доближават до ефективността на цикъла на Карно, т.е., те са в най-добрия случай с около 7% по-неефективни [12]. От показаната зависимост за $\mu(\text{COP})$ лесно може да се направи извода, че колкото температурата на околната среда T_2 се понижава, толкова повече намалява коефициентът на ефективност за сметка на увеличена консумация на електрическа енергия, за да се достигне желаната температура T_1 в отопляваното помещение. В тези случаи, на база на технико-икономически разчети е установено, че е добре за се ползва друг енергиен източник, независещ от климатичните условия.

Разбира се, трябва да се отчетат и останалите съпътстващи характеристики на този друг енергоизточник, като цена, екологична съвместимост и др. Въз основа на такива разсъждения изборът на алтернативно гориво отново е природният газ. Създадената комбинация от два топлогенератора (газов котел и термопомпа), захранващи една и съща отоплителна система, образуват т. нар. *”бивалентна хибридна система”*. Съвременните производители на отоплителна техника за бита все повече полагат усилия за разработване на такива системи. А причината е проста. Тези системи покриват всички екологични норми, осигуряват синергичен ефект както по отношение на комфорта в дома, така и по отношение на финансовата ефективност.

АНАЛИЗ НА ПАЗАРА НА ТЕРМОПОМПЕНИ СИСТЕМИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ, ОХЛАЖДАНЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ

Пазарът на системи за отопление / охлаждане и БГВ е строго специфичен за всеки регион и се определя от редица социални, климатични и технико-икономически фактори. България не е изключение от общото правило [29], [30], [31].

Термопомпите са по-съвременни климатични системи, които се произвеждат в две разновидности:

- само за отопление и БГВ или
- за отопление, охлаждане и БГВ.

И в два варианта относно инсталацията на хладилния агент:

- в първия случай се монтират тръби за хладилния агент, които свързват външното с вътрешното тяло,
- във втория случай двете тела са обединени в едно външно тяло,

които подробно са разгледани в следващата глава.

Като философия и технология термопомпите са познати отдавна, но поради доскоро високата им цена, не намираха широко приложение. В последните 2-3 години тяхната цена значително намаля, а качеството и ефективността им се увеличи. Но, пазарният им дял в Р България остава много нисък, по следните причини:

- Висока цена спрямо средния доход на населението;
- Ниска ефективност през зимните месеци (под 5°C поради студения климат в България);
- Ограничено приложение на термопомпи с общо външно тяло отново поради студения климат в България.

Термопомпите са изключително ефективни при температури $\geq 7^{\circ}\text{C}$ (по данни на водещи производители като DAIKIN, TOSHIBA, MITSUBISHI). По тази причина те се съчетават за работа с газови и други уреди (хибридни системи), при които чрез конвергенция на различни енергии се получава синергичен ефект.

Както и за електрическите котли, така и за термопомпите, използвани за битови нужди, към момента няма актуална информация, колко и къде са монтирани, както и ръстът за увеличаването им. Този факт най-вероятно ще се промени, защото масовото инсталиране на такива системи ще изисква осигуряването на съответните електрически мощности, и ще се окаже влияещ фактор върху енергийната сигурност на страната като цяло.

1.4.3. ПЕЛЕТИ - СПЕЦИФИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПЕЛЕТИ

В търсенето на по-евтино гориво за отопление, което същевременно да не е замърсяващо като въглицата или природоунощожавашо като дървесината, се появила пелетите. Бумът за търсене

на пелети за битово отопление започва в 2010г. От тогава до днес ЕС се очертава като най-големият потребител на пелети. За периода 2010 до 2015 г. потреблението от 11 Mt е нараснало на 24 MMt, а през 2020г. е било 35 Mt.

Потреблението на пелети се влияе пряко от цените на природния газ и суровия петрол. При сегашното положение в ЕС прогнозите за търсене на пелети вероятно няма да се сбъднат, защото търсенето им се е увеличило многократно и пропорционално на спада на ползване на природен газ поради многократно завишените му цени и същевременно за очакваната му недостатъчност.

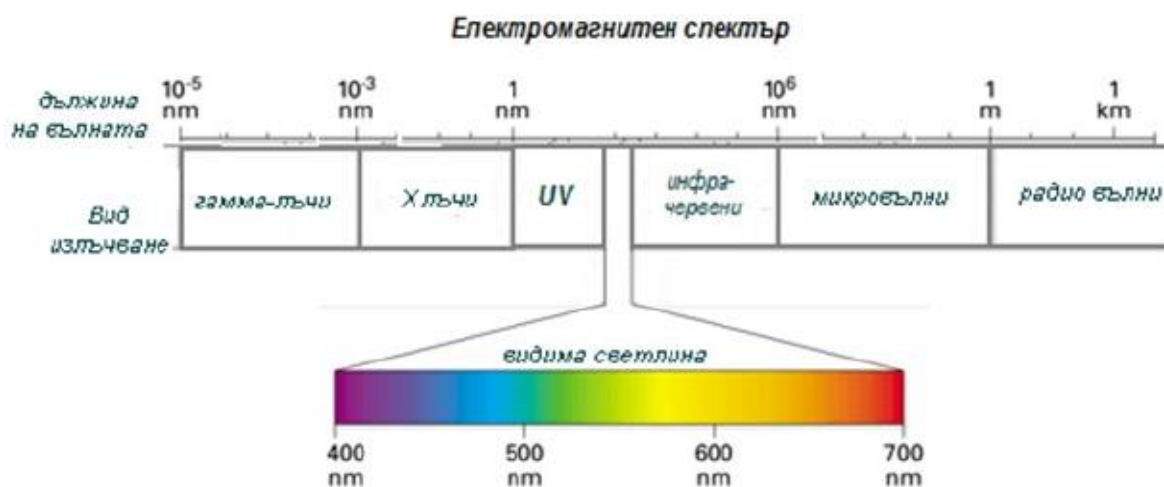
От гледна точка на влиянието им върху околната среда, то е еднакво с това при изгарянето на дървесина. До началото на 2021г. се приемаше, че продуктите на изгаряне на пелетите са въглеродно неутрални. В доклад от 2010г. на Департамента по енергийни ресурси към Масачузетският университет доказва, че изгарянето на пелети освобождава голямо количество CO_2 във въздуха, създавайки въглероден дълг, който не може да се изчисти в рамките на 20-25 г. На 11 февруари 2021г. група от петстотин учени и икономисти предупреждават, че изгарянето на биомаса / пелети трябва да спре да се счита за въглеродно неутрално, да се спрат субсидиите в този сектор и да се изключи влиянието им от търговията с въглеродни емисии, т.е. да не се считат за част от възобновяемата енергия [3], [41].

Употребата на пелети за битово отопление и БГВ в България също е широко разпространено [4]. Освен това, при сегашното състояние на цени и налични количества на алтернативни по-екологично ефективни ресурси, е невъзможно хората да се откажат от използването на пелети.

1.4.4. СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ

Слънцето е един практически неизчерпаем източник на енергия. Неговият среден диаметър е 1,39 Mkm, а излъчваната енергия е за сметка на термоядрените реакции, от които най-съществена е превръщането на водорода в хелий [3], [38], [39].

Земята получава за 20 дни повече енергия, отколкото енергията съдържаща се в цялото количество органични горива (въглища, нефт и газ) в недрата ѝ. Въпреки огромните ресурси, слънчевата енергия има много по-ниска интензивност (концентрация) в сравнение с конвенционалните енергоизточници. Това означава, че за получаване на определена мощност е необходимо големи площи от земната повърхност да се покрият с активни (абсорбиращи) елементи. Така например, система за термично преобразуване на слънчева радиация в електрическа енергия изисква около 1 km^2 за получаване на електрическа мощност от 20 – 60 MW. Слънчевото греенето (слънцегреене) представлява вълново излъчване с широк спектър на дължината на вълнение (от 0,15 μm до 3 μm). Приема се, че слънчевите лъчи са успоредни, което е допустимо, като се има в предвид пренебрежимо малките размери на приемните повърхнини (абсорбиращите елементи на слънчевите съоръжения) спрямо отдалечеността им от слънцето [3], [4].



Фиг. 24 - Спектрално разпределение на слънчевата радиация [3]

Слънчевото излъчване, което попада на земната повърхност, се променя в зависимост от геометричното разположение на Земята в космическото пространство и най-вече спрямо слънцето. Влияние оказва атмосферното разсейване от молекулите на въздуха, водните пари и праха, атмосферното поглъщане от кислорода, азота, водата и въглеродните оксиди и отражението.

Ежегодно Земята получава от слънцето около 10^{15} kWh енергия. Максималната стойност на сумарното годишно излъчване за най-слънчевите райони на Земята е около 2600 kWh/m^2 за година. За географските и климатични условия на България тази стойност в зависимост от района се изменя в границите $1110 - 1420 \text{ kWh/m}^2$ за година [38].

Поради влиянието на географската ширина, климатичните условия и локалната топография на местността, различните райони от земната повърхност получават различни количества слънчева енергия [79]. Интензивността на слънчевата радиация зависи в много голяма степен от геометричното разположение на приемната (абсорбираща) повърхнина. Разликата в интензивността на слънчевата радиация обаче, отнесена за равнина, която е перпендикулярна на слънчевите лъчи, не е голяма за различните географски ширини. Това означава, че при подходящ избор на наклона на приемните повърхнини, слънчева енергия може да се оползотворява в кой да е район на Земята.

В процеса на преобразуване на енергията участвуват и други климатични фактори, като температура на въздуха, скорост на вятъра, влажност и др., които определят различна ефективност на преобразуване на слънчевата енергия. Това се отнася в много по-голяма степен за термичните способности на преобразуване на енергията в сравнение с фотоволтаичните.

Слънчеви системи за производство на БГВ:

Предвид достатъчно добрата слънчева радиация на територията на България, в страната към момента има монтирани около 350 000 слънчеви колектори (системи) за производство на БГВ [3], [4]. Тези системи се използват основно за БГВ самостоятелно или съвместно с друга система (термопомпа, газов, пелетен или електрически котел).

Икономическият ефект от използването им трябва да се оценява за всеки конкретен случай, защото изчисленията ми във времето показват различни резултати.

Преди значителният ръст на цените на природния газ (до 2020г.) и разходът за БГВ на едно тричленно семейство беше в рамките на 20 лв./месец, то инвестиция от около 4000,00 лв в слънчеви колектори, обменен бойлер, помпена група, пропилен-гликол, помощни материали и текущи разходи за поддръжка, излизаше неефективна. Защото при разход за БГВ от 240 лв./год, за 10 г. са 2400 лв., т.е. $NPV < 0$ (настояща стойност на инвестицията), следователно, за 10г. период инвестицията не само, че не може да се нулира, но тя е с отрицателна стойност.

Конкретните икономически анализи за този и други решения са показани в глава III.

Фотоволтаични системи /PVS-photovoltaic systems/

Слънчевата радиация, която попада върху земята за една година, съдържа много повече енергия отколкото някога бихме могли да използваме — 10 000 пъти повече отколкото човечеството използва за година сега. С очаквана продължителност на живот от милиарди години, слънцето е източникът на енергия, който на практика никога няма да бъде изчерпан. Дори на северните ширини, райони които принципно не се смятат за слънчеви, соларната енергия може да се използва ефективно [3], [33], [34], [38].

Аргументите в полза на фотоволтаичните системи могат да бъдат обобщени така:

Разпределението на слънчевата енергия по повърхността на планетата е почти равномерно в сравнение с находищата на другите източници на енергия;

При пълно слънчево греење може да достигне максимални стойности от около 1000 W/m^2 ;

Слънчевата енергия е достъпна за всеки след първоначална инвестиция, а текущите разходи са изключително ниски;

Глобалното разпределение на слънчевата радиация обхваща най-населените територии;

Слънчевото греење е предсказуемо, а годишните добиви относително константни - на континентално ниво, по всяко време от деня има греење, а електричеството, добито по този

начин, може да се разпределя от региони, където грее слънце към такива със засенчване (същият принцип се отнася и за вятърната енергия);

Периодът на енергийно възвръщане на първоначалната инвестиция (енергийна амортизация) на съвременните соларно електрически и соларно термални системи е много по-кратък от средния период на работа, който е повече от 25 години. Това превръща соларните технологии в ефективен начин за генериране на енергия, дори на настоящия етап на технологично развитие такива системи генерират много повече енергия отколкото е използвана при производството им.

Инсталация от фотоволтаици, покриваща 1.5% от територията на Европа, ще бъде достатъчна, за да осигури годишното потребление на електричество на планетата, при годишен разход от 17 300 TWh или един трилион ватчаса (референтен за 2005г.) т.е - 145 000 km² площ на фотоволтаичните системи, разположени в Централна Европа с ефективност от 12%, произвеждащи - 120 kWh/m²/г.

Фотоволтаиците са активна технология, която произвежда електричество от слънчева светлина чрез соларни клетки, монтирани в панели, наречени фотоволтаични модули [172]. Те позволяват активно използване на слънчевата радиация чрез превръщането и в електрическа енергия. Това позволява в един корпус фотоволтаичните панели да се комбинират и със слънчеви колектори.

Последните няколко години наблюдаваме "бум" на изграждането на PVS. Това се дължи на няколко кумулативни фактора (усъвършенстване на фотоволтаичните панели /PV/, поевтиняване на производството на PV панели и батерии, създаване на по-съвършени "инвертори" и устройства за комуникация с електроразпределителните мрежи и електроинсталациите на собствениците.

По тази причина и PVS са най-ефективни, ако са съставна част от хибридни системи за отопление /охлаждане и БГВ или работещи в хибриден електрически режим с MPPT инвертори.

1.5. ИЗВОДИ към глава I: ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПРИРОДНИЯ ГАЗ КАТО АЛТЕРНАТИВНО ИЛИ ОСНОВНО ГОРИВО В СЪВРЕМЕННИТЕ ХИБРИДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ

В световен мащаб в битовия сектор, като източник на енергия за отопление и БГВ основно се използват въглища, дърва, пелети, електричество, нафта, пропан-бутан и природен газ.

На база на данните за калоричността на тези горива [от КЕВР], [167], приведени към kWh, е изготвена следващата таблица 12:

Таблица 12

Гориво (енергия)	Цена за:		Калоричност			(*) Цена в лева за kWh (към ноември 2022г.)
			ст-т	kcal	в kWh	
Природен газ	300,00	St m ³	8000,00	kcal/m ³	9,28	0,32
Донецки въглища	1,00	kg	5759,90	kcal/kg	6,70	0,15
Дърва	2,50	kg	2796,30	kcal/kg	3,25	0,77
Нафта	3,00	kg	10516,00	kcal/kg	12,23	0,25
Ел. енергия	0,25	kWh	860,00	kcal/kWh	1,00	0,25
Дървесни пелети	1,00	kg	4207,00	kcal/kg	4,88	0,20
Термопомпа с минимален COP 4	0,25	kWh	860,00	kcal/kWh	4,00	0,06

(*) – Така показаните индивидуалните цени са от ноември 2022г. Изчислението е направено с използване на програмен продукт Ексел.

На база на така публикуваните данни, може да се направи следният анализ:

Въглищата, дървата и пелетите са най-евтините енергоносители, но и най-замърсяващите и увреждащи околната среда. Освен това са неприложими или трудно използвани в урбанизирани територии с преобладаващо апартаментно строителство, поради факта, че за тяхното съхранение е необходимо голямо по обем място, както и димоотводни системи за твърди горива, каквито обикновено липсват.

Сравнение на база вредни емисии (табл. 13) при производство на електрическа и топлинна енергия от различни енергоносители [165]:

Таблица 13

Емисии,g/kWh (ел. енергия / топлинна енергия)			
	Кафяви въглища	Мазут	Природен газ
CO ₂	1150 / 1020	750 / 350	560 / 250
NO ₂	2.9 / 1.0	3.7 / 0.8	2.0 / 0.5
SO ₂	19.7 / 3.4	13.8 / 5.5	0.0 / 0.00
CO	0.35 / 0.9	0.15 / 0.05	0.1 / 0.01
Сажди	0.05 / 1.15	0.4 / 0.9	0.0 / 0.00

По тази причина синергичен ефект се търси между ВЕИ и природен газ. А той може да се получи чрез конвергенция на системи, ползващи хладилен агент и природен газ.

Във връзка с направения сравнителен анализ на основа на базови показатели на основните твърди, течни и газообразни горива, най-ефективно от гледна точка на ефективност, икономичност и защита на околната среда се очертава изграждането на хибридни системи за отопление, охлаждане и производство на БГВ в битовия сектор в следните конфигурации:

Хибридна система:

с два енергоизточника (газ / термопомпа);

с два енергоизточника (газ / пелети);

с два енергоизточника (газ / фотоволтаици);

с “n” енергоизточника (газ/фотоволтаици/термопомпа/слънчеви колектори),

които са подробно разработени като конфигурации в следващата глава II, а резултатите от изследванията и анализите на технико-икономическите им показатели са представени в глава III и глава IV.

ГЛАВА II.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА СИНЕРГИЯ / КОНВЕРГЕНЦИЯ НА ВЕИ И ПРИРОДЕН ГАЗ В СИСТЕМИ ЗА ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ РЕШЕНИЯ ЧРЕЗ ИЗГРАЖДАНЕ НА ХИБРИДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ

2.1. ВИДОВЕ СИСТЕМИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ В БИТОВИЯ СЕКТОР - ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Още от древността, в зависимост от това в какъв климатичен район са живели и живеят, хората са търсели начини да се отопляват или охлаждат. Наред с това, винаги са имали нужда от топла вода. В резултат на това, през годините са изобретени различни видове отоплителни и охладителни инсталации. И всички са използвали въздуха и водата като преносители на студ или топлина. С изобретяването на парната машина и двигателя с вътрешно горене, получаваната вторична топлина от тяхната работа се е използвала за подгръване на вода, която се е използвала за отопляване на помещения.

С напредване на технологиите започват да се произвеждат и се произвеждат различни съоръжения, които затоплят вода, която по тръбна мрежа се транспортира до отоплителни тела. Такива съоръжения са котли, работещи на дърва, въглища, нафта, мазут, пелети, газ или електроенергия [1], [2], [172].

Без значение по какъв начин ще се осигури загряването на водата, отоплителната инсталация е универсална и подходяща за всеки топлоизточник.

Поради масовото използване на горива като дърва, въглища, нафта, мазут (основно в 20-ти век), се увеличи и замърсяването на околната среда. По същото време започва ускорено развитие на хладилната и климатична техника и навлизането ѝ в бита на човечеството [2], [12]. Но, се оказва, че използваните в тези системи хладилни агенти са дори по-опасни, причиняват “парников ефект” и са причина за ускорено разрушаване на озоновия слой. Бурната революция на фреоните е

свързана основно с проблемите на екологията. Използваните в климатичните и хладилните инсталации фреони били набедени за главни виновници за печално известните озонни дупки. В опит за решаване на възникналите проблеми, през 1987 год. е подписан Монреалският протокол [165], ограничаващ използваните озоноразрушаващи вещества. Най активен по този въпрос е Европейският Съюз. На 4 юли 2007 год. встъпи в сила директива на Европарламента № 842 от юни 2006 год., касаеща използването на флуоросъдържащи газове. Основната цел на директивата – да се намали изпускането на газове, попадащи под действието на протокола от 1997г. от Киото, по силата на който флуоросодържащите газове с висок потенциал за въздействие на глобалното затопляне (Global Warming Potential, GWP) трябваше да бъдат изведени от употреба до юли 2011год.

По тази причина, в последните 10 г. усилено се работи в посока намаляване на глобалното затопляне чрез използване на по-екологични и ефективни отоплителни уреди. Един от резултатите на тези усилия е създаването на газовия кондензен котел, който благодарение на кондензната си технология изхвърля по-малко азотни окиси. Същевременно се разработват нови хладилни агенти, които са с нулев GWP.

Така, по естествен начин, тези две технологии, подпомогнати с навлизането и на други ВЕИ (фотоволтаици и слънчеви колектори) се очертават като основни за ползване в бита за отопление и производство на БГВ. Всички така споменати технологии са нискотемпературни, т.е. ефективни са когато подгръват водата за отоплителните инсталации с температури между 35°C и 45°C [12], [102]. Следователно, те формално могат да захранват едни и същи отоплителни системи. Но, за да бъдат ефективни самите отоплителни системи в условията на нискотемпературен работен флуид, те трябва да бъдат правилно проектирани и изпълнени или реконструирани. Тези детайли са показани към следващите отделните основни схеми в т.2.2.

2.2. "N"-ВАЛЕНТНИ, БИВАЛЕНТНИ И МОНОВАЛЕНТНИ СИСТЕМИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ, И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ В БИТОВИЯ СЕКТОР – С АЛТЕРНАТИВНО ГОРИВО ПРИРОДЕН ГАЗ

В практиката съществуват разнообразни системи за отопление, охлаждане и БГВ както по отношение на енергоизточникът, който използват, така и по функциите, които изпълняват и предлагат на ползвателите им в битовия сектор. Набляга се на термина "битов сектор", защото уредите, които се предлагат за този сектор са функционално различни от подобни уреди, използвани в административния и промишлен сектори.

По тази причина, в битовия сектор най-разпространените системи с ползване на гориво природен газ са тези, които са за отопление и БГВ. С аналогична функционалност са системите, които ползват гориво (дърва, нафта, пропан-бутан, пелети и електричество).

Единствено термopомпите (въздух-вода или вода-вода) предлагат освен отопление и БГВ и функцията охлаждане. Като охлаждането в 90% от случаите (зависи от това какъв тип отоплителна система е изградена) се реализира през същата отоплителна система. Единствено, ако отоплителната система е изпълнена с радиатори, то тогава, за да се ползва функцията охлаждане на термopомпата, се налага или подмяна на съществуващите радиатори с вентилаторни конвектори или изграждане на нова тръбна инсталация и монтаж на вентилаторни конвектори.

Различните варианти и видове "моновалентни" системи са разгледани в следващите точки. Анализът за ефективност и приложимост е направен в глава III.

За битови цели се използват основно два типа газови уреди: тип С или тип В. Съвременните уреди тип С са кондензни (т.е. с висок к.п.д) и със затворена горивна камера. Получават пресен въздух за горивния процес от атмосферата извън сградата и изхвърлят продуктите на горене отново извън сградата. Има голямо разнообразие от варианти за тяхното въздухоподаване и димоотвеждане, което позволява гъвкавост и функционалност при избора на място за монтаж на тези газови котли.

Газовите уреди тип В все повече губят своята популярност и вече почти не се използват. Дори там, където е имало монтиран такъв котел, или нафтов котел, обикновено е по-ефективно котелът да се смени с нов тип С, вместо да се реновира или на нафтовия котел да се монтира газова горелка. Този тип газови уреди ползват пресен въздух за горене от помещението, в което са

монтирани и изхвърлят димните газове в атмосферата през метален комин. Разходите и ползите за различните типове подробно са разгледани в глава III.

В следващите технологични схеми, за еднозначност се използва унифицирана отоплителна инсталация с трите вида отоплителни кръгове (тела) - (радиатори /OK1/, вентилаторни конвектори /OK2/ и подово-тръбна разводка /OK3/), наричани за краткост отоплителен кръг /OK/. Така показаните отоплителни кръгове /OK/ се хранят с топлоносител чрез колекторно-помпни групи.

2.2.1. Технологична схема на хибридна система, изградена с Газов кондензен котел (едноконтурен) със слънчев колектор и обемен бойлер с две серпентини – схема 1

Под едноконтурен газов котел се разбира уред, в който се загрява само водата за отоплителната система. Следователно, производство на БГВ трябва да се осъществи през вторичен топлообменник, обикновено обемен бойлер или буферен съд.

В случая, за реализирането и на БГВ, към отоплителните кръгове е необходимо да се включи и обемен бойлер със серпентина. Чрез тази серпентина газовият котел подгръва обема вода /БГВ/ в обемния бойлер до зададената температура. При разглежданата схема 1 това се реализира чрез отделна тръбна система, която се превключва чрез трипътен вентил (вграден в котела или външен).

За повишаване на ефективността на системата по отношение на производството на БГВ, към втората серпентина на обемния бойлер са свързани слънчевите колектори (соларната инсталация).

Системата е изключително сигурна относно работоспособност и поддръжка.

От гледна точка на изграждането на хранящите линии към отоплителните уреди е необходимо същите да се съобразят с параметрите на подавания от газовия уред топлоносител, а именно $\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$.

При храняване на отоплително тяло с $Q_{\text{ном}} = 6,20 \text{ kW}$ и дължина на хранящата линия $l = 20\text{m}$, то масовият дебит, чийто пренос е необходимо да се осигури, е:

$\dot{m} = Q / (C_p \cdot \Delta t) = 6,20 / (4,18 \cdot 15) = 0,099 [\text{kg/s}]$ или $355,98 [\text{kg/h}]$, следователно може да се избере тръба с $\Delta P = 597 [\text{Pa/m}]$, $DN = 20$, $\vartheta = 0,30 [\text{m/s}]$ [11].

Тази специфика е изложена и към следващите схеми.

Управлението на схема 1 се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/). CRS събира информация от датчиците за температура на всички, включени в общата система датчици (температурни датчици от: << топлоизточник, слънчеви колектори, обемен бойлер, зоновите термостати на отоплителни кръгове>>).

Отопителната инсталация се хранва от газовия котел. За оптимизация на работата ѝ се монтират зонове термостати, които спират работата на ГК при достигане на настроената температура.

За производството на БГВ обикновено, се залага приоритетно същата да се получава от слънчевите колектори. Но, при студено време, датчиците подават информация към CRS, който спира помпата на слънчевата инсталация и подава сигнал за включване / подпомагане на производството на БГВ от газовия котел. Т.е. газовият котел започва да работи като основен подгревател на обема БГВ в бойлера. Това е свързано с относителни загуби за доподгръване на обема БГВ, които се избягват чрез предложената следваща схема 2.

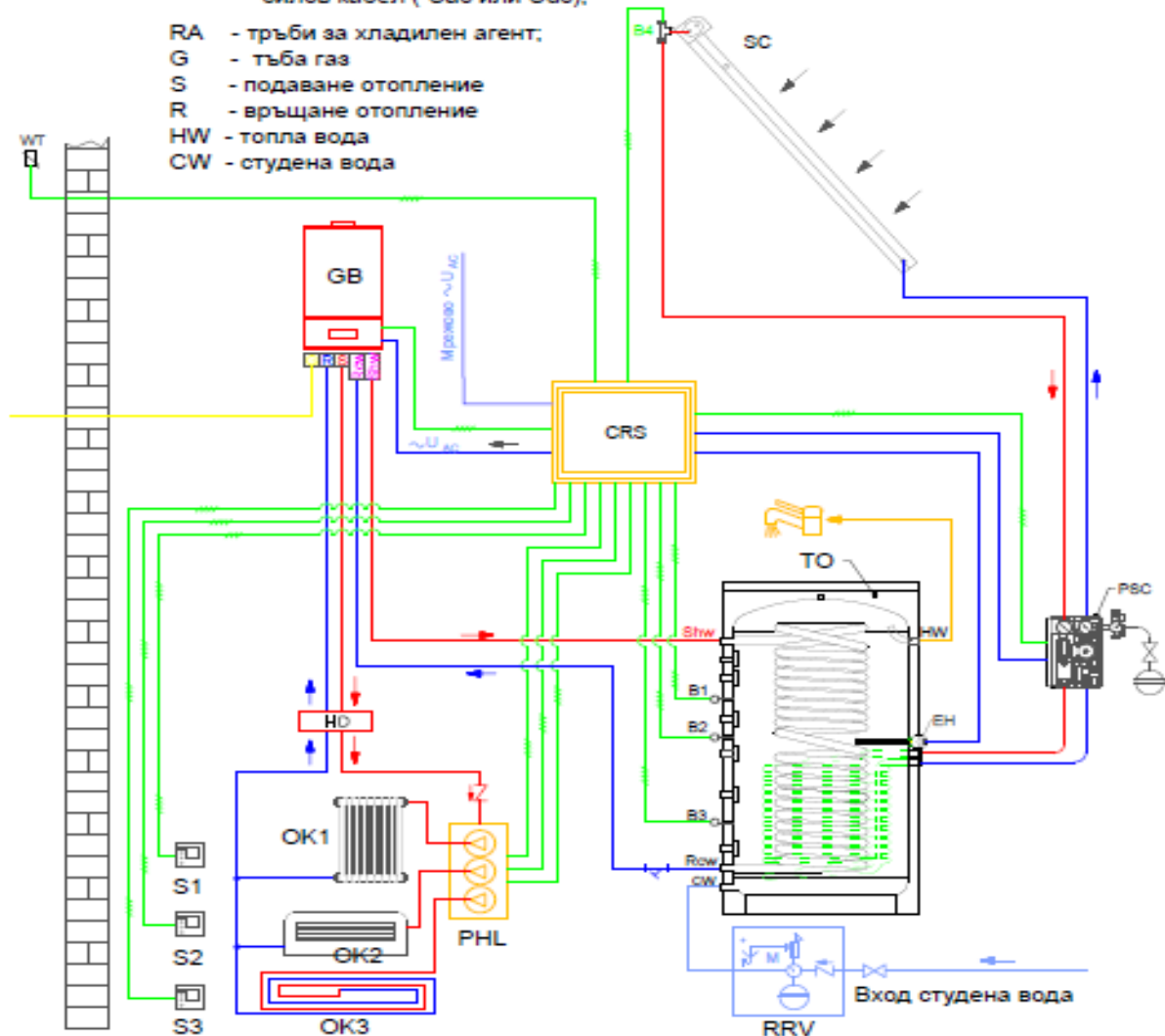
Причина за анализ на тази схема е фактът, че заедно със следващата схема 2 и схема 4 са най-широко използваните към момента в битовия сектор. И на тази база те най-често се надграждат с допълнителен топлоизточник за постигане на допълнителен хибриден ефект.

ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (едноконтурен) СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ ОБЕМЕН БОЙЛЕР С ДВЕ СЕРПЕНТИНИ

Shw - подаване на отопление за подгряване на обемнен бойлер за топла вода
Row - връщане на отопление за подгряване на обемнен бойлер за топла вода

— - комуникационен кабел за управление;
— - силов кабел (Uac или Udc);

RA - тръби за хладилен агент;
G - тъба газ
S - подаване отопление
R - връщане отопление
HW - топла вода
CW - студена вода



GB - газов котел кондензен
HD - хидроразединител
SC - слънчев колектор
WT - датчик за външна температура
RRV - предпазно-регулиращ възел за студена вода
PSC - помпена група за слънчеви панели
CRS - контролер за управление на системата
TO - обемнен бойлер с две серпентини;
EH - електрически нагревател;
B1 - термостатичен датчик NTC сонда БГВ
B2 - термостатичен датчик NTC сонда отоплителен кръг
B3 - термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер
B4 - термостатичен датчик NTC сонда соларен панел
PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
S1, S2, S3 - зонов термостати за различните отоплителни кръгове

/схема 1/

2.2.2. Технологична схема на хибридна система, изградена с Газов кондензен котел (двуконтурен), Слънчев колектор и Обемн бойлер с една серпентина – схема 2

Под двуконтурен газов котел се разбира уред, в който има два отделни кръга – единият на проточен принцип загрява БГВ при наличие на поток (например отворена чешма) и втори кръг, който загрява водата за отоплителната система.

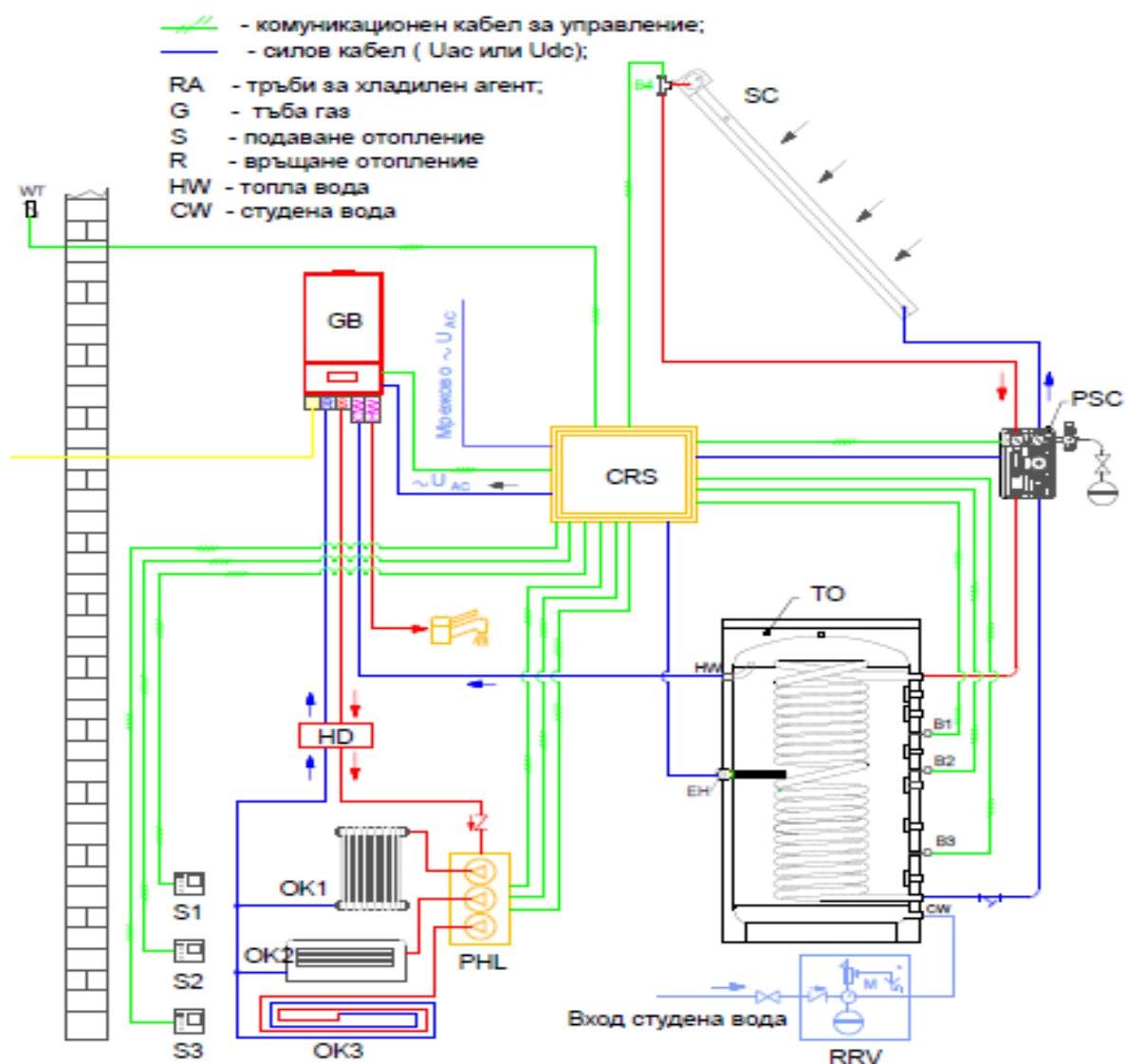
В случая, основно за производство на БГВ се използва обемн бойлер с една серпентина, към която са свързани слънчевите колектори (соларната инсталация). За повишаване на ефективността на системата за БГВ, изходът "топла вода" от обемния бойлер се свързва към вход "студена вода" на газовия котел. По този начин в газовия котел винаги влиза предварително загрята вода.

Разглежда се пример със студен ден и слабо слънцегреене. Настроената температура за БГВ на газовия котел например е 45°C. При лоши метеорологични условия (липса на слънцегреене и температура на околната среда под 10°C) опитно е установено, че водата в обемния бойлер е около 24°C. Тази вода се явява входна за газовия котел. Следователно, газовият котел трябва да донагрее БГВ от 24 °C до 45 °C. Ако нямаше система "слънчев колектор – обемн бойлер", входната вода за газовия котел ще бъде тази от водопровода, която е с температура около 5 – 7 °C. В този случай газовият котел трябва да загрее БГВ от 7 °C до 45 °C. Следователно, получената по-малка температурна разлика от около 20 °C е в резултат от синергичния ефект на хибридната система и води до печалба за собственика.

Следващият случай е при средностатистически слънчев ден с външна температура около 23 °C. В този случай температурата на БГВ в обемния бойлер е около 60 °C. Следователно, при консумация на БГВ в някоя точка в жилището, БГВ от обемния бойлер отново ще премине през газовия котел, но той няма да се включи, защото настроената му температура на БГВ е 45 °C. Следователно тук има 100% относителна печалба спрямо случай без система "слънчев колектор – обемн бойлер".

Управлението на схема 2 се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/). CRS събира информация от датчиците за температура на всички, включени в общата система датчици (температурни датчици от: << топлоизточник, слънчеви колектори, обемн бойлер, зоновите термостати на отоплителни кръгове>>). Отоплителната инсталация се захранва от газовия котел. За оптимизация на работата ѝ се монтират зонов термостати, които спират работата на ГК при достигане на настроената температура. За производството на БГВ приоритетно се залага същата да се получава от слънчевите колектори. Но, при студено време, датчиците подават информация към CRS, който спира помпата на слънчевата инсталация и подава сигнал за включване / подпомагане на производството на БГВ от газовия котел на проточен принцип, който е по-ефективен с около 30% спрямо схема 1.

ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (двуконтурен)
СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ
ОБЕМЕН БОЙЛЕР С ЕДНА СЕРПЕНТИНА



- GB - газов котел кондензен
- HD - хидроразединител
- SC - слънчев колектор
- WT - датчик за външна температура
- RRV - предпазно-регулиращ възел за студена вода
- PSC - помпена група за слънчеви панели
- CRS - контролер за управление на системата
- TO - обемнен бойлер с една серпентина;
- EH - електрически нагревател;
- B1 - термостатичен датчик NTC сонда БГВ
- B2 - термостатичен датчик NTC сонда отоплителен кръг
- B3 - термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер
- B4 - термостатичен датчик NTC сонда соларен панел
- PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
- OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
- S1, S2, S3 - зонов термостати за различните отоплителни кръгове

/схема 2/

2.2.3. Технологична схема на хибридна система, изградена с Газов кондензен котел (едноконтурен), Слънчев колектор и Буферен съд с две серпентини – схема 3

Тази хибридна конфигурация е подобна на схема 1. Разликата е, че обемният бойлер е заменен с буферен съд с две серпентини. Към едната серпентина (обикновено долната, когато серпентините не са успоредни), са включени слънчевите колектори, за да се гарантира постоянно равномерно разпределение на топлата вода, получена от ВЕИ. Към втората серпентина, е свързана БГВ на жилището. В този случай към серпентината за БГВ има изисквания за необходима мощност (площ). Кръгът за отопление на газовия котел е свързан към буферния обем на буферния съд.

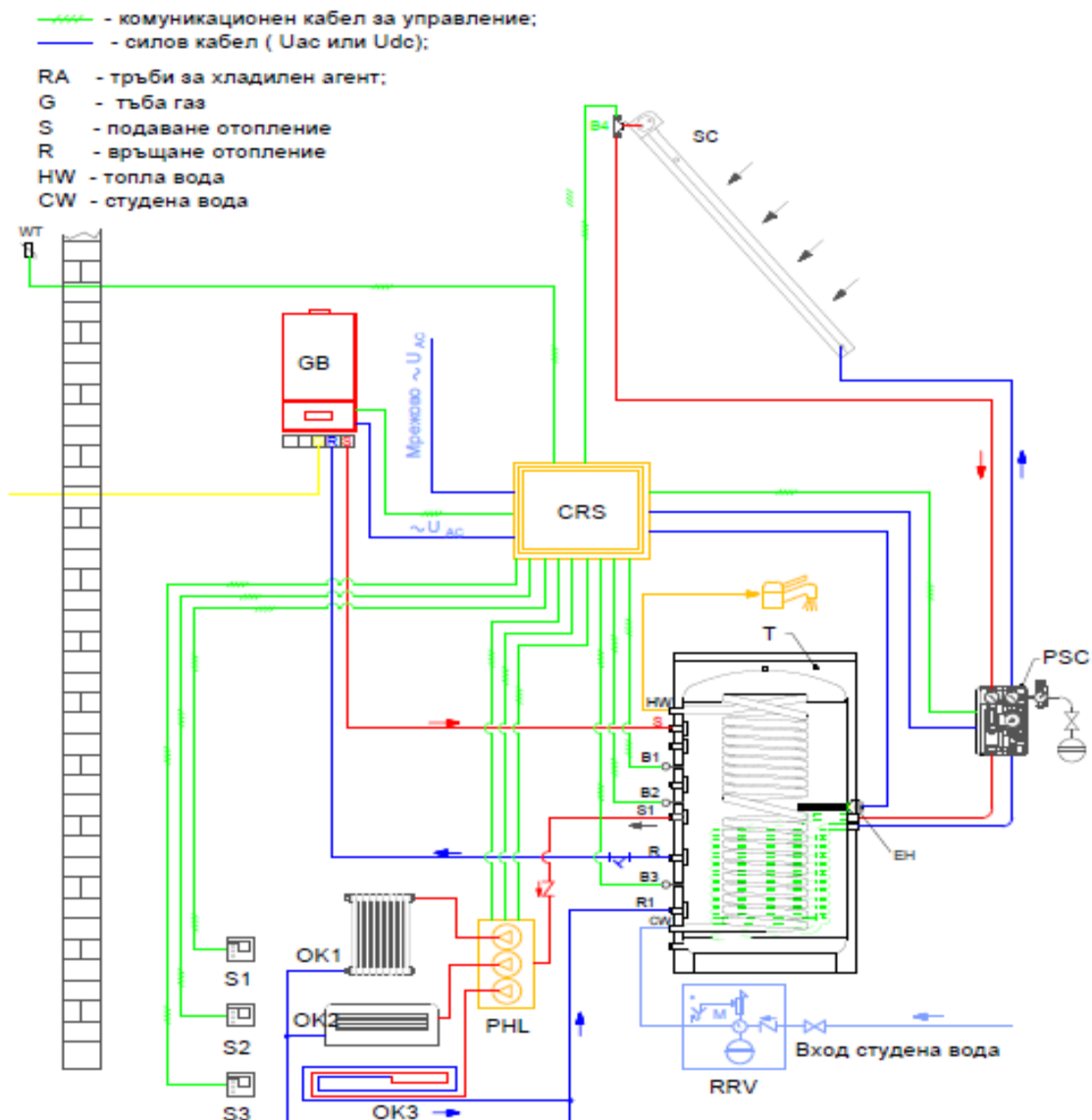
Алгоритъмът на работа на тази хибридна система е следният:

Слънчевите колектори загреват буферния обем на буферния съд. Този обем загрева серпентината за БГВ. Същевременно, буферният обем на буферния съд е свързан с отоплителната система. Ефективността на тази хибридна система се постига, като слънчевите колектори подпомагат и отоплителната система, като поддържат една относително постоянна температура на буферния обем, над която се включва газовия котел. Тук е особено важно да се следи диференциалната температура на отоплителната система и слънчевите колектори, за да се избегне случая, когато температурата на подаване от слънчевите колектори е по-ниска и спада спрямо настроената температура на отоплителната система, защото тогава слънчевите колектори ще отнемат температурата на буферния обем вода и ще я изхвърлят в атмосферата.

Тук важат същите изчисления за минимално изискуемите диаметри на тръбите за топлозахранване на отоплителните тела, показани в схеми 1 и 2. По-съществено е изискването за обема на буферния съд, който при хибридни системи с термопомпи е от особено значение. В случая положителното е, че обемът на буферния съд се определя спрямо инсталираната мощност на слънчевите колектори ($1 \text{ m}^2 \approx 60 \text{ l}$), а подпомагането на отоплителната функция може да се приеме като "бонус".

Управлението на схема 3 се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/). CRS събира информация от датчиците за температура на всички, включени в общата система датчици (температурни датчици от: << топлоизточник, слънчеви колектори, буферен съд, зоновите термостати на отоплителни кръгове>>).

ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (едноконтурен) СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ БУФЕР С ДВЕ СЕРПЕНТИНИ



- GB - газова котел кондензен
- SC - слънчев колектор
- WT - датчик за външна температура
- RRV - предпазно-регулиращ възел за студена вода
- CRS - контролер за управление на системата
- T - буферен съд с две серпентини;
- EH - електрически нагревател;
- B1 - термостатичен датчик NTC сонда БГВ
- B2 - термостатичен датчик NTC сонда отоплителен кръг
- B3 - термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер
- B4 - термостатичен датчик NTC сонда соларен панел
- PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
- OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
- S1, S2, S3 - зонов термостат за различните отоплителни кръгове

/схема 3/

Тази схема е изградена чрез използване само на двуконтурен газов уред тип С, обикновено с мощност до 32 kW. Това е най-разпространената схема за отопление и производство на БГВ в апартаменти, поради ефективността си, лесната и бърза реализация и поддръжка и заема най-малко място. При нея газовият двуконтурен котел тип С е включен директно към отоплителната инсталация. Производството на БГВ се осъществява на проточен принцип през втория кръг на газовия котел, т.е. газовият котел се включва само когато има установен поток на вода през него. Тази система не е хибридна, но е една от основните, които се използват за хибридизация и чрез която се постига както енергоикономичност, така и се понижава въглеродния отпечатък. Недостатък е, ако е необходимо осигуряването на БГВ в повече от две бани. Тогава се реализират вариантите по сх. 1, сх.2 или сх.3, или би могло, след технико-икономически изчисления да се монтират два двуконтурни котли.



2.2.5. Технологични схеми за изграждане на отоплителни системи с производство на БГВ с отоплителни уреди (ел. котли, котли на твърдо и течено гориво) - схема 5

Отоплителните системи с производство на БГВ с отоплителни уреди (ел. котли, котли на твърдо и течено гориво) намират все по-ограничено приложение. Това се дължи на редица социални, екологични и технико-икономически фактори.

На първо място, отоплението с ел. енергия доскоро беше най-скъпото. Поради неочакваните настъпилите в началото на 2022г. геополитически събития, през последните осем месеца на 2022г. отоплението с ел. енергия в България се оказва най-евтиното. Остава неясен отговорът на въпроса каква ще се случи с цените на ел. енергията, природния газ, парното, пелетите, дървата, въглищата, нафтата и пропан-бутана през следващите месеци и години.

Отоплението с дърва или въглища е евтино, но много енергоемко за ползвателите си, изисква голямо пространство за съхранение на горивото и е много инертно относно поддържането на желаната температура. Освен това е екологически нецелесъобразно. С откриването на пелетите и конструирането на съвременни котли на пелети, този вид отопление доби популярност, особено в райони, където хората нямат достъп до природен газ. Тези уреди лесно се автоматизират както по отношение на зареждането на горивната камера с пелети, така и относно регулирането на температурните режими.

Друг масово използван котел за изграждане на битови отоплителни инсталации е нафтовият котел. При използването на такъв тип котел отново е необходимо голямо пространство и специални резервоари за съхранение на горивото. Освен това, цената на горивото е обвързана с цената на петрола на международните пазари и разходите за гориво в различните отоплителни сезони са изключително неравномерни. Има случаи, когато този начин на отопление става значително по-скъп и от този с електроенергия. Но, тези котли и отоплителните инсталации, към които са свързани, позволяват висока степен на автоматизация.

Аналогичен е случаят с използването на газови котли с гориво пропан-бутан. Системата изисква разполагането на резервоар от поне 2.5 m³, за да се осигури гориво поне за месец. Има специфични нормативни изисквания за разполагането на такива резервоари, което значително ограничава използването на този тип гориво. Очевидно, такъв тип резервоар е възможно да се разположи в дворно място, т.е. приложението му се ограничава само за къщи, и то с достатъчно нормативно изискуеми отстояния. Относно производството на БГВ, за всички горепосочени топлогенератори важи принципът, че е необходимо да се инсталира обемен бойлер или буферен съд.

Така изброените системи са високотемпературни. Т.е., диаметрите на отоплителните инсталации и отоплителните уреди са избрани при $t_p = 80^\circ\text{C}$. При надграждането им с термopомпа или газов котел (които са нискотемпературни топлогенератори), е необходимо да се преизчислят както диаметрите, така и отоплителните тела.

За илюстрация на случая със схема 5 и за еднаквост на сравненията, се използват изходните данни от схема 1:

До замяната или надграждането на съществуващата система с (ел. котли, котли на твърдо и течено гориво) за отопление и БГВ, захранващите линии към отоплителните тела и самите отоплителни тела са оразмерени с параметрите на топлоносителя, а именно $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ и $t_p = 80^\circ\text{C}$. В този случай, при захранване на отоплително тяло с $Q_{\text{ном}} = 6,20 \text{ kW}$ и дължина на захранващата линия $l = 20\text{m}$, то масовият дебит [11], чийто пренос е необходимо да се осигури, е:

$\dot{m} = Q / (C_p \cdot \Delta t) = 6,20 / (4,18 \cdot 20) = 0,074 [\text{kg/s}]$ или 266,99 [kg/h], следователно може да се избере тръба с $\Delta P = 157 [\text{Pa/m}]$, $DN = 15$, $\vartheta = 0,40 [\text{m/s}]$,

При реновиране на съществуващата система и включване към нея на газов котел в кондензен режим ($\Delta t = 15^\circ\text{C}$ и $t_p = 50^\circ\text{C}$), резултатът е следният:

$\dot{m} = Q / (C_p \cdot \Delta t) = 6,20 / (4,18 \cdot 15) = 0,099 [\text{kg/s}]$ или 355,98 [kg/h], следователно, трябва да се премине към тръба с по-голям диаметър (с $\Delta P = 597 [\text{Pa/m}]$, $DN = 20$, $\vartheta = 0,30 [\text{m/s}]$), а освен това топлинната мощност, която ще отдава съществуващото отоплително тяло ще бъде $Q_{\text{гк}} = Q \cdot (t_{\text{по}} - t_{\text{пгк}}) / 100$, $Q_{\text{нов}} = 6,2 \cdot (1 - (80 - 55) / 100) = 4,65 \text{ kW}$. Следователно, липсват 1,55 kW, които, за да се

осигурят, е необходимо или да се добавят алуминиеви глйдери към съществуващия радиатор или да се монтира допълнително отоплително тяло.

Q – мощност на отоплителен уред при температура на подаване от основния топлоизточник, kW;

$Q_{гк}$ – мощност на отоплителен уред при температура на подаване от газов котел, kW;

$Q_{тп}$ – мощност на отоплителен уред при температура на подаване от термopомпа, kW;

$t_{по}$ – температура на подаване от основния топлоизточник 80°C

(ел. котел, котел на твърдо или течнo гориво);

$t_{пгк}$ – температура на подаване от газов котел, °C;

$t_{тп}$ – температура на подаване от термopомпа, °C;

Когато се реновира съществуващата система и към нея се включи термopомпа, при нейният работен режим ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$ и $t_p = 40^\circ\text{C}$), резултатът е следният:

$\dot{m} = Q / (C_p \cdot \Delta t) = 6,20 / (4,18 \cdot 5) = 0,30 \text{ [kg/s]}$ или 1067,94 [kg/h], следователно, трябва да се премине на тръба с още по-голям диаметър ($\Delta P = 137 \text{ [Pa/m]}$, $DN = 25$, $\vartheta = 0,55 \text{ [m/s]}$), а освен това топлинната мощност, която ще отдава съществуващото отоплително тяло, ще бъде $Q_{тп} = Q \cdot (t_p - t_{тп}) / 100$, $Q_{нов} = 6,2 \cdot (1 - (80 - 40) / 100) = 3,72 \text{ kW}$. Следователно, липсват 2,48 kW, които, за да се осигурят, е необходимо или да се добавят алуминиеви глйдери към съществуващия радиатор или да се монтира допълнително отоплително тяло.

В следващата таблица 14 е показано точното съотношение (изчисленията са съгласно [11]) на необходимото увеличение на броя глйдери при различни температурни режими.

$q_{ггидер} = f_o \cdot (((t_p + t_v) / 2) - t_{стая})$, W f_o – корекционен коефициент [11],

$n_{ггидери} = Q_p / q_{ггидер}$, бр.

Таблица 14

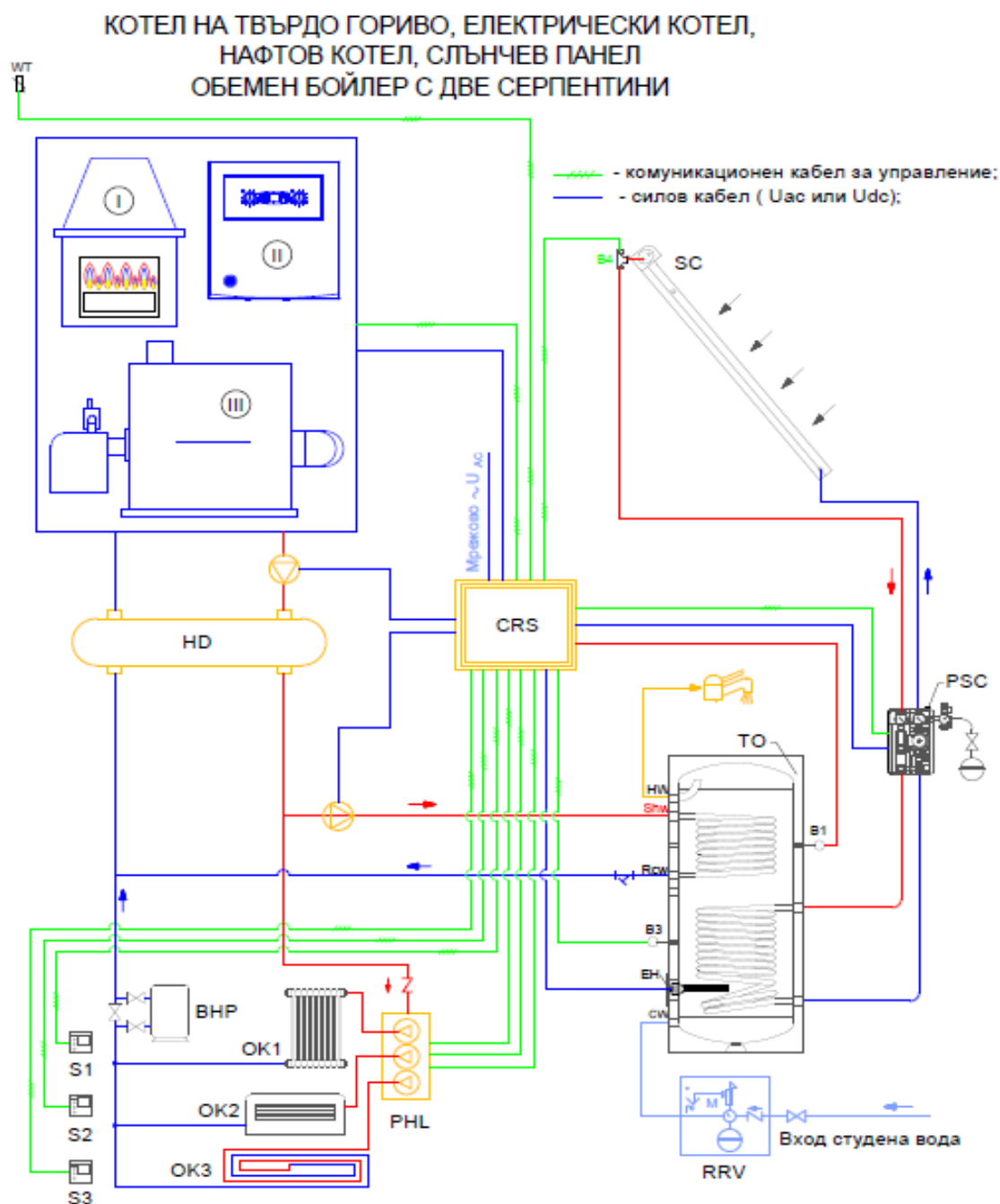
$t_{подаване}$	80,00	°C	$t_{подаване}$	55,00	°C	$t_{подаване}$	40,00	°C
$t_{връщане}$	60,00	°C	$t_{връщане}$	40,00	°C	$t_{връщане}$	35,00	°C
$t_{стая}$	22,00	°C	$t_{стая}$	22,00	°C	$t_{стая}$	22,00	°C
c-coef	0,66		c-coef	0,55		c-coef	0,72	
при $c \geq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$		°C	при $c \geq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$		°C	при $c \geq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$	15,50	°C
при $c \leq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$	47,04	°C	при $c \leq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$	24,23	°C	при $c \leq 0.7$ $\Delta t_{ср} =$		°C
$q_{ггидер} =$	105,48	W	$q_{ггидер} =$	30,45	W	$q_{ггидер} =$	17,04	W
$Q_p =$	6200,00	W	$Q_p =$	6200,00	W	$Q_p =$	6200,00	W
$n_{ггидери} =$	85,93	бр.	$n_{ггидери} =$	203,62	бр.	$n_{ггидери} =$	363,85	бр.
D_n - тръба	15	mm	D_n - тръба	20	mm	D_n - тръба	25	mm

От сравнителните таблични данни е видно, че в зависимост от избрания топлоизточник са нужни различен брой отоплителни тела, и различен диаметър на захранващите тръби, които да осигурят потребната топлинна енергия за конкретен обект / помещение. Резултатът е, че при такова надграждане, за да се осигури ефективност на новата хибридна система, ще бъде наложително влагането на допълнителни инвестиции в тръбна мрежа и отоплителни тела.

Във всички случаи е обосновано и надграждането на такива системи с инсталация със слънчеви колектори. По този начин се повишава ефективността и се намалява значително цената за производство на БГВ.

Налага се изводът, че при възможност за избор между газов котел и термопомпа, съществуващата система с (ел. котли, котли на твърдо и течно гориво) за отопление и БГВ е по-ефективно да се надгради с газов котел и слънчеви колектори.

Управлението на схема 5 обикновено се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/). CRS събира информация от датчиците за температура на всички, включени в общата система датчици (температурни датчици от: << топлоизточник, слънчеви колектори, обемен бойлер, зонните термостати на отоплителни кръгове>>).



/схема 5/

2.2.6. Технологична схема на хибридна система, изградена с Газов котел (едноконтурен), (Пелетен, електрически или нафтов котел), Слънчеви колектори и Обемн бойлер с две серпентини - схема 6

В последните години в райони без изградени газоразпределителни мрежи най-често използваните системи за отопление за многостайни жилищни обекти са пелетните камини или котли или електрически котли и много рядко нафтови котли, които за краткост общо са съкратени като: /ПЕНК/. Предпочитани са, защото като първоначална инвестиция са по-евтини от термпомпи или климатици. Пелетите и нафтата като гориво са по-евтини от електричеството, но изискват място или резервоар за съхранение. Същевременно ПЕНК системите позволяват висока степен на автоматизация и контрол на работата им. Тези системи не могат да осигуряват БГВ без наличието на обемн бойлер или буферен съд. За повишаване на ефективността на ПЕНК системите, обикновено към втората серпентина на обемния бойлер се свързват слънчеви колектори от соларна инсталация.

Там, където във времето се изградят газоразпределителни мрежи, хората обикновено се газифицират, поради по-евтиния и лесен начин за отопление, защото им отпада необходимостта от съхранение и периодично зареждане на пелети или нафта и допълнителните ангажменти за периодично почистване на горивната камера и димоотводите.

Тук е важно да се отбележи, че при надграждане на отоплителна система с пелетен котел с газов котел, на база на показаните към схема 5 изчисления на тръбните връзки и отоплителни тела, е достатъчно само увеличаване на броя на глйдерите, за постигане на оптимална отоплителна площ при съществуващата отоплителна тръбна система. За всеки обект е необходимо точен разчет на база на показаната методика с цел постигане на оптимален баланс между съществуваща тръбна система, допустими загуби и скорости на флуида в тази система с цел оптимално топлозахранване на отоплителните тела. Ефектът е, че ползвателят ще направи разходи единствено за газов котел и увеличаване на отоплителните тела и ще постигне желания икономически резултат, който може да се разгледа и като ЕСКО ефект [173] – чрез икономията на разходи за гориво за предварително определен период от време да покрие инвестицията за хибридизация на системата си.

Алгоритъмът на работна получената хибридна система е следният:

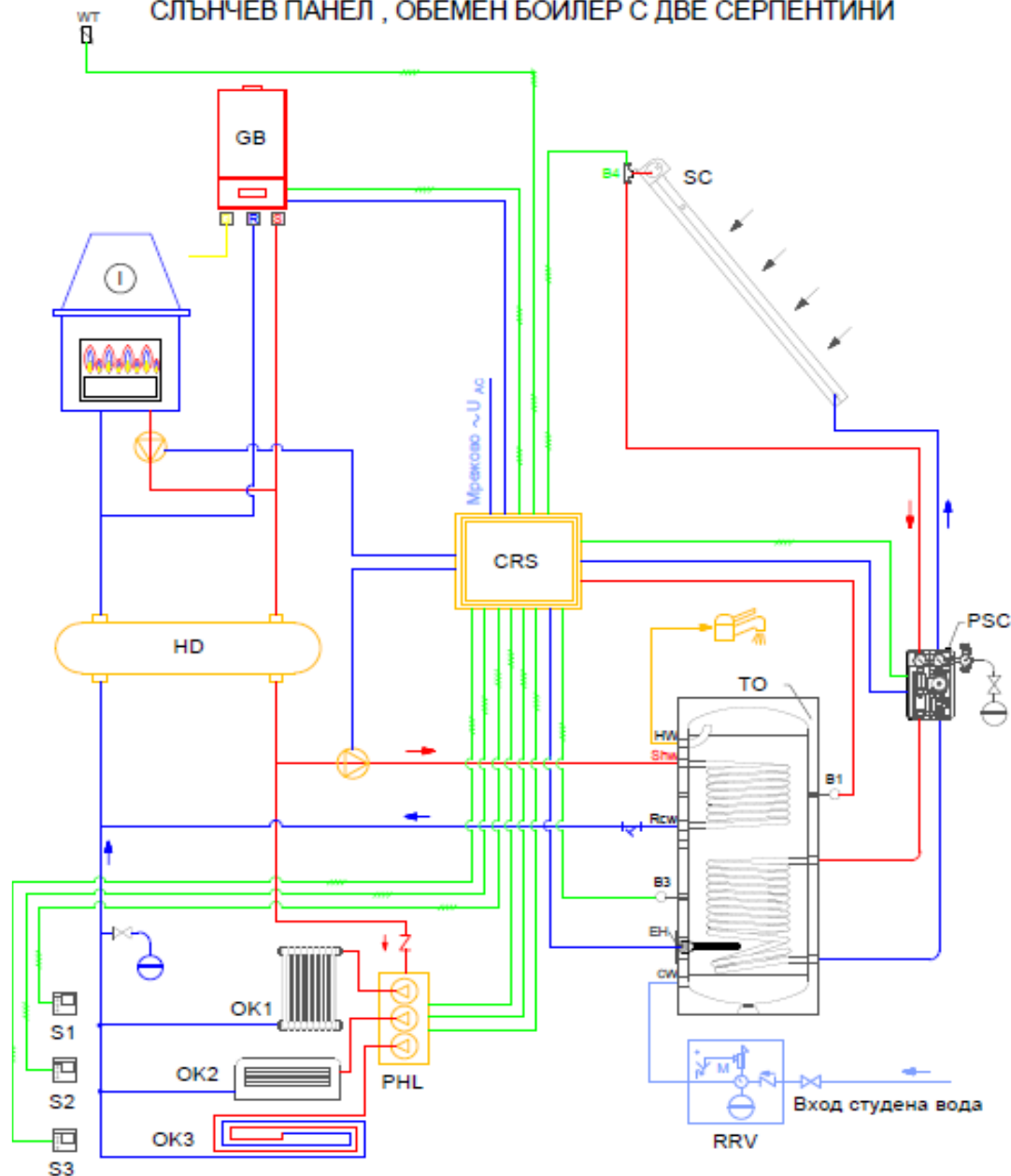
Управлението на схема 6 се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/). CRS събира информация от датчиците за температура на всички, включени в общата система датчици (температурни датчици от: << топлоизточник, слънчеви колектори, обемн бойлер, зоновите термостати на отоплителни кръгове>>).

Приоритетно отоплителната инсталация се захранва от газовия котел. За оптимизация на работата ѝ се монтират зонове термостати, които спират работата на ГК при достигане на настроената температура. Пелетният котел остава като резервен и се пуска по сигнал от CRS, когато газовият котел не работи по някаква причина.

В случая, за да се произведе и БГВ, към отоплителните кръгове е необходимо да се включи и обемн бойлер със серпентина. Чрез тази серпентина газовият или пелетен котел подгряват обема вода /БГВ/ в обемния бойлер до зададената температура.

За производството на БГВ приоритетно се залага същата да се получава от слънчевите колектори. Но, при студено време, датчиците подават информация към CRS, който спира помпата на слънчевата инсталация и подава сигнал за включване / подпомагане на производството на БГВ от газовия котел. Т.е. газовият котел започва да работи като основен подгревател на обема БГВ в бойлера. Пелетният котел отново изпълнява ролята на резерв. Това се реализира чрез отделна тръбна система, по която чрез трипътен вентил се избира газовия или пелетен котел.

ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (едноконтурен), КОТЕЛ НА ТВЪРДО ГОРИВО
СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ , ОБЕМЕН БОЙЛЕР С ДВЕ СЕРПЕНТИНИ



PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
S1, S2, S3 - зонов термостати за различните отоплителни кръгове

I	- котел на твърдо гориво	-----	- комуникационен кабел
GB	- газов кондензен котел	-----	- за управление;
HD	- хидроразединител	-----	- силов кабел (Uac или Udc);
SC	- слънчев панел		
WT	- датчик за външна температура	G	- тѣба газ
RRV	- предпазно-регулиращ вѣзел за студена вода	S	- подаване отопление
PSC	- помпена група за слънчеви панели	R	- връщане отопление
CRS	- контролер за управление на системата	HW	- топла вода
TO	- обеман бойлер с две серпентини	CW	- студена вода
EH	- електрически нагревател;		
B1	- термостатичен датчик NTC сонда БГВ		
B3	- термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер		
B4	- термостатичен датчик NTC сонда соларен панел		

/схема 6/

2.2.7. Технологична схема на хибридна система, изградена с: Термопомпа тип "моноблок", Слънчеви колектори и Обемен бойлер с две серпентини схема 7

Термопомпа /ТП/ тип "моноблок" е съоръжение само с едно външно тяло, в което са обединени компресорът и хидробоксът. От моноблока излизат тръби, свързани директно към отоплителната инсталация на обекта. Следователно, производство на БГВ трябва да се осъществи през вторичен теплообменник, обикновено обемен бойлер или буферен съд.

В случая, за да се произведе и БГВ, към отоплителните кръгове е необходимо да се включи и обемен бойлер със серпентина. Чрез тази серпентина термопомпата подгръва обема вода /БГВ/ в обемния бойлер до зададената температура. При разглежданата схема това се постига чрез инсталиране на отделна тръбна система, която се превключва чрез трипътен вентил.

За повишаване на ефективността на системата, към втората серпентина на обемния бойлер са свързани слънчевите колектори (соларната инсталация). При това техническо решение ТП работи за отопление и БГВ, а слънчевите колектори само за БГВ.

Недостатък на тази система е, че в по-студени райони, където е възможно продължително задържане на температури около 0°C и по-ниски, топлоносителят в "моноблока" и изходящите тръби може да замръзне. За преодоляване на този проблем са възможни два подхода:

между "моноблока" и отоплителната система се монтира теплообменник. По този начин се получават два отоплителни кръга. Първият (между "моноблокът" и теплообменникът) се запълва с пропилен-гликол. Вторият се запълва с вода. Това решение допълнително оскъпява системата, защото са необходими допълнителни помпи, фитинги, управление и др.;

цялата отоплителна система се запълва с пропилен-гликол. Също оскъпява системата, защото изисква допълнителен хидроразединител и помпи, които да преодолеят допълнителното хидравлично съпротивление, което оказва вискозитета на пропилен-гликола в зависимост от процентното му използване.

Като отчетем двата възможни варианта за приложение на ТП тип "моноблок" в райони с по-студен климат, какъвто е климатът в България, за повишаване на ефективността на така съставената хибридна система, обемният бойлер може да бъде заменен с буферен съд с две серпентини. Към едната (обикновено долната, когато серпентините не са успоредни), са включени слънчевите колектори. Към втората серпентина, към която има изисквания за необходима мощност (площ), е свързана БГВ на жилището. Кръгът за отопление на ТП е свързан към буферния обем на буферния съд.

При изграждане на системи с термопомпи, без значени дали са хибридни или моновалентни, е важно да се отбележи, че отоплителните тръбопроводи и отоплителните тела е необходимо да се изчислят на база на параметрите на топлоносителя, подаван от термопомпата (виж изчисленията в т. 2.2.5.).

Освен това, за да се осигури плавна работа на компресора с цел да се повиши неговата ефективност и надеждност, опитно е установено, че в рамките на 60 мин. неговите включвания и изключвания не трябва да са повече от 6 пъти за час [20]. Следователно, е необходимо да се изчисли (осигури) един минимален обем, който да акумулира произвежданата от термопомпата енергия.

Отново, за да има еднаквост и проследимост на резултатите, се използват изходните данни за потребна мощност, $Q_p = 6,20 \text{ kW}$ и параметри на топлоносителя, генериран от термопомпа: ($\Delta t = 5^\circ\text{C}$ и $t_p = 40^\circ\text{C}$):

$$Q = 6,20 \text{ kW} = [\text{kJ/s}] * 60/6 [\text{min/брой включвания}] * 60 [\text{s/min}] \dot{m} = 3720 [\text{kJ}]$$

Специфичният топлинен капацитет / C_{pmix} / за микс вода+антифриз при 0°C околна температура и 40°C температура на топлоносителя е: $C_{pmix} = 3,5 [\text{kJ/kg}^\circ\text{C}]$.

Следователно масата, която е необходима да акумулира 6,2 kW потребна мощност, е: $M = Q [\text{kJ}] / (C_{pmix} * \Delta t) = 3720 / (3,5 * 5) = 212,57 [\text{kg}]$.

Ако отоплителната инсталация с отоплителните тела не могат да осигурят това количество топлоносител, то е необходимо да се монтира буферен съд с обем, равен на разликата между M и количеството топлоносител в отоплителната инсталация и отоплителните тела, завишено с 15% (коефициент за сигурност).

Слънчевите колектори загряват буферния обем на буферния съд. Този обем загрява серпентината за БГВ. Същевременно, буферния обем на буферния съд е свързан с отоплителната система. Ефективността на тази хибридна система се постига, като слънчевите колектори подпомагат и отоплителната система, като поддържат една относително постоянна температура на буферния обем, над която се включва газовия котел. Тук е особено важно да се следи диференциалната температура на отоплителната система и слънчевите колектори, за да се избегне случая, когато температурата на подаване от слънчевите колектори е по-ниска и спада спрямо настроената температура на отоплителната система, защото тогава слънчевите колектори ще отнемат температурата на буферния обем вода и ще я изхвърлят в атмосферата.

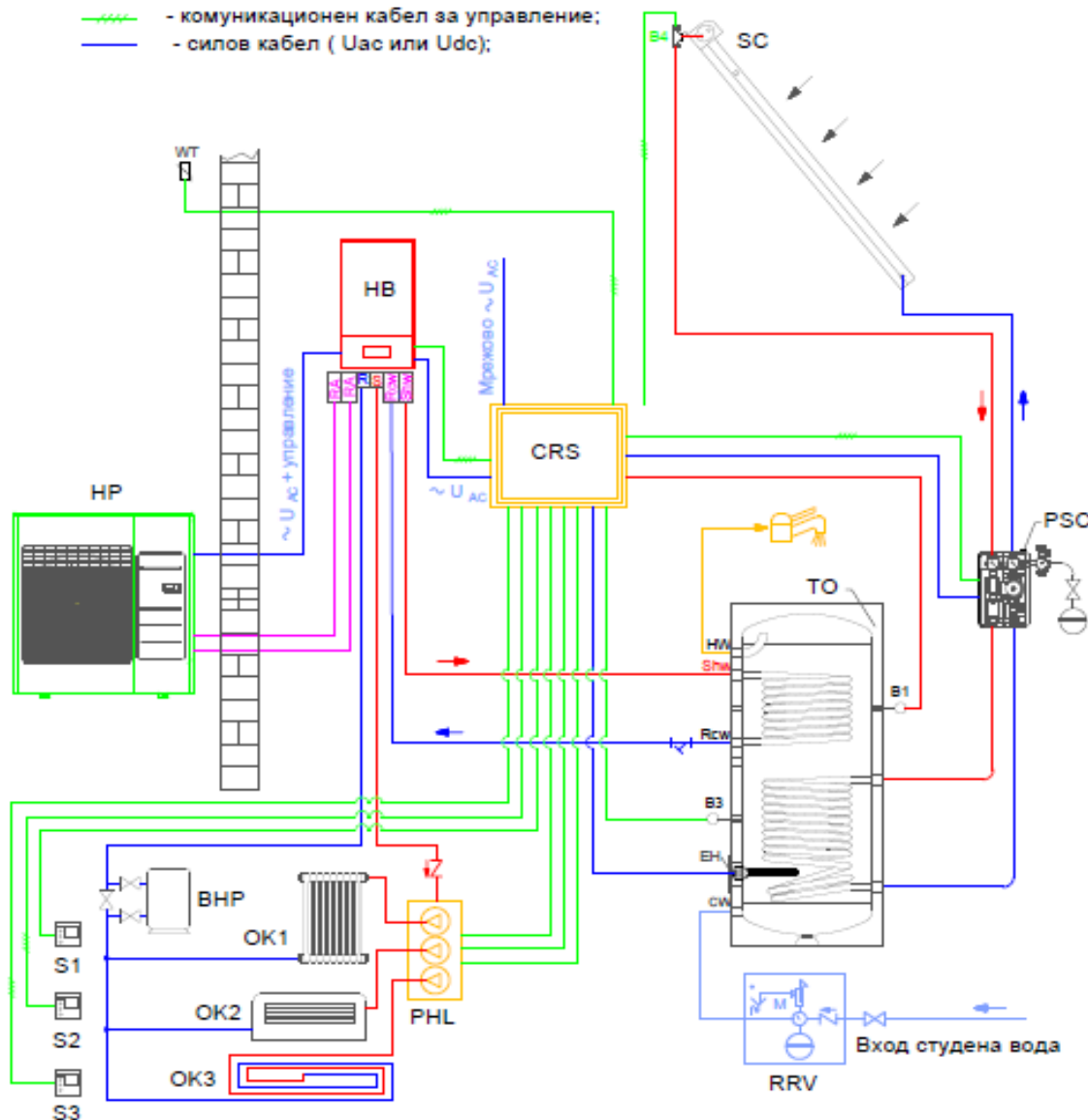
Управлението на схема 7 се осъществява чрез контролер, условно означен (Control Running System /CRS/), аналогично на останалите.



Термопомпа тип"сплит", Слънчеви колектори и Обмежен бойлер с две серпентини схема 8

Хибридната система с термopомпа тип "сплит" е изцяло както описаната система и алгоритъм за работа за /схема 7/.

Разликата е, че при тази система хидробоксът се монтира вътре в жилището и по този начин се избягват описаните за схема 7 недостатъци на термopомпа тип "моноблок". Връзката между външното и вътрешно тяло се реализира чрез тръбни връзки, транспортиращи хладилен агент и по този начин се избягва опасността от замръзване на топлоносителя в отоплителната инсталация, защото ОИ се захранва от хидробокса, който е вътре в сградата.



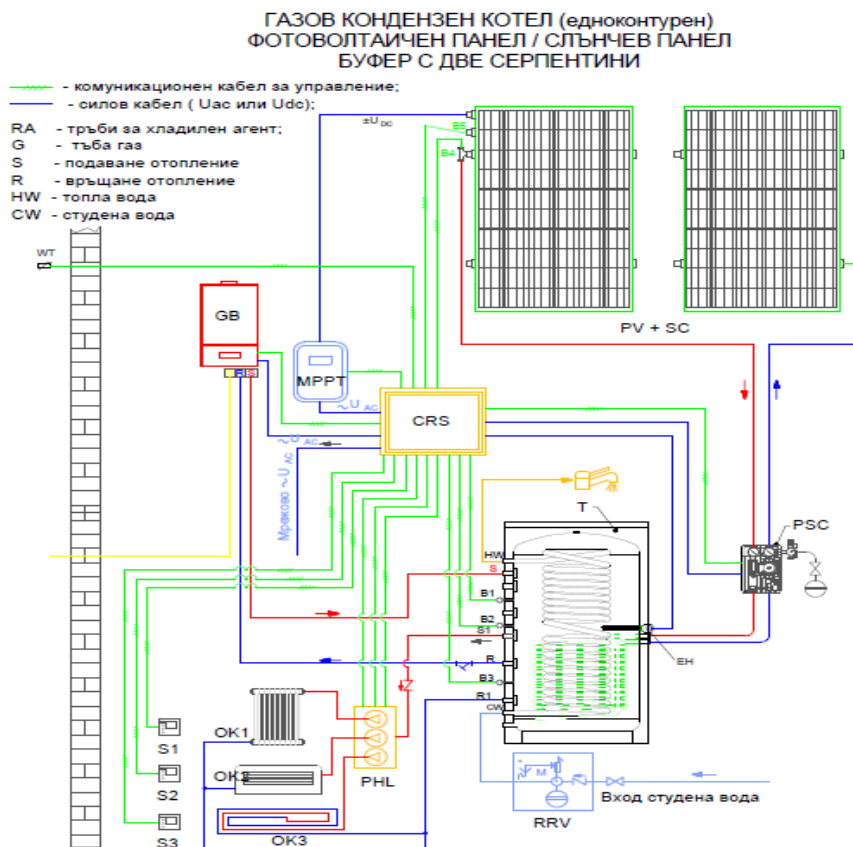
/схема 8/

2.2.9. Технологична схема на хибридна система, изградена с Газов котел (едноконтурен), Фотоволтаична система, Слънчеви колектори и Буферен съд с две серпентини - схема 9

Тази хибридна конфигурация осигурява изключително висока ефективност към момента и се предпочита в случаите, когато няма възможност да се надгради до достигане на конфигурациите, показани на схеми 10, 11 и 12. За реализация на схема 9 се използва едноконтурен газов котел, фотоволтаични модули /PV/, които са в един корпус със слънчеви колектори, обозначени за краткост и по-голяма яснота /PV-SC/. Задължително е използването на обемен бойлер или буферен съд. В изложената схема се използва буферен съд с две серпентини, с цел повишаване и на ефективността на отоплителната система. Към едната (обикновено долната, когато серпентините не са успоредни), са включени слънчевите колектори. Към втората серпентина, към която има изисквания за необходима мощност (площ), е свързана БГВ на жилището. Кръгът за отопление на газовия котел е свързан към буферния обем на буферния съд.

Алгоритъмът на работа на тази хибридна система се осигурява чрез централен контролер (CRS) и е следният:

Слънчевите колектори загряват буферния обем на буферния съд. Този обем загрява серпентината за БГВ. Същевременно, буферния обем на буферния съд е свързан с отоплителната система. Ефективността на тази хибридна система се постига, като слънчевите колектори подпомагат и отоплителната система, като поддържат една относително постоянна температура на буферния обем, над която се включва газовия котел. Тук е особено важно да се следи диференциалната температура на отоплителната система и слънчевите колектори, за да се избегне случая, когато температурата на подаване от слънчевите колектори е по-ниска и спада спрямо настроената температура на отоплителната система, защото тогава слънчевите колектори ще отнемат температурата на буферния обем вода и ще я изхвърлят в атмосферата. За подобряване на работата на системата и цялостно повишаване на ефективността ѝ, фотоволтаичната система захранва електрически всички ел. консуматори на хибридна система. При излишък на ел. мощност, чрез вграден електрически нагревател в буферния съд, доподгръва буферния обем вода, което води до намаляване на мощността за отопление на газовия котел.



/схема 9/

2.2.10. Технологична схема на хибридна система, изградена с:

Термопомпа тип "моноблок", Газов котел (едноконтурен), Фотоволтаична система, Слънчеви колектори и Обеман бойлер с две серпентини – схема 10

2.2.11. Технологична схема на хибридна система, изградена с:

Термопомпа тип "сплит", Газов котел (едноконтурен), Фотоволтаична система, Слънчеви колектори и Обеман бойлер с две серпентини – схема 11

Така създадената хибридна система (схема 10) обединява положителните страни на Термопомпа тип "моноблок", Газов котел (едноконтурен), Фотоволтаична система, Слънчеви колектори и Обеман бойлер с две серпентини, разгледани поотделно в предходните схеми.

Недостък на системата остава необходимостта от предприемането на допълнителни и цялостно осъществяващи системата мерки за защита от замръзване на отоплителния кръг, излизащ от ТП "моноблок" (показани в схема 7).

След решаване на въпроса със замръзването на външния участък на тръбите за отопление след термопомпата, предимствата на тази система в резултат на следния алгоритъм на работа са:

Хибридната система (схема 11) с термопомпа тип "сплит" е изцяло както описаната система (схема 10). Разликата е, че при тази система хидробоксът се монтира вътре в жилището и по този начин се избягват описаните за схема 10 недостатъци на термопомпа тип "моноблок", като връзката между външното и вътрешно тяло се реализира чрез тръбни връзки, транспортиращи хладилен агент.

Следователно, схема 11 е за предпочитане при климатична зона с минусови температури, каквато е територията на България.

С изключение на така описаните разлики, общото за двете системи на схеми 10 и схеми 11, в т.ч. и направените изчисления към предходните схеми относно изисквания към тръбни системи, отоплителни тела и акумулираща маса, са:

За производството на БГВ е необходим обеман бойлер или буферен съд. Анализиран е случай с обеман бойлер с две серпентини. С навлизането на бивалентно производство на БГВ в обемни бойлери се установи, че произвежданите доскоро такива съдове със серпентини, разположени една над друга, значително намаляват ефективността на използване на целият им обем. Такъв резултат се наблюдава, когато се налага работа само на горната серпентина. Това обикновено се случва през студените месеци, когато слънчевите колектори (инсталация) не работи, а тя е включена към долната серпентина на бойлера. Тогава се включва другият топлогенератор, който по техническа необходимост е включен към горната серпентина. По този начин се затопля едва половината (горната) на обемния бойлер, т.е. 50% от обема на инсталирания съд е неизползваема. Освен това, поради наличие на 50% по-студена вода в долната част на съда, разреждането на БГВ става много бързо и изисква допълнителна енергия за дозагряването ѝ. Така описания проблем се решава чрез производството на обемни съдове с паралелно монтирани серпентини по цялата им височина.

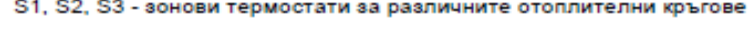
Към едната серпентина на обемния бойлер се включват термопомпата и газовия котел. Към другата серпентина на обемния бойлер са свързани слънчевите колектори (соларната инсталация).

Към отоплителната система също са включени термопомпата и газовият котел.

Управлението на системата се осъществява чрез главен контролер (CRS), който обединява сигналите от индивидуалните контролери на отделните подсистеми и в резултат на настройките си избира алгоритъма, по който цялата система да работи: (например по цена на енергоносител; по температура на помещение; по температура на околната среда; по търсене на екстремум между няколко величини и др.)

Shw - подаване на отопление за подгръване на обемен бойлер за топла вода
Rcw - връщане на отопление за подгръване на обемен бойлер за топла вода

— - силов кабел (U_{ac} или U_{dc});



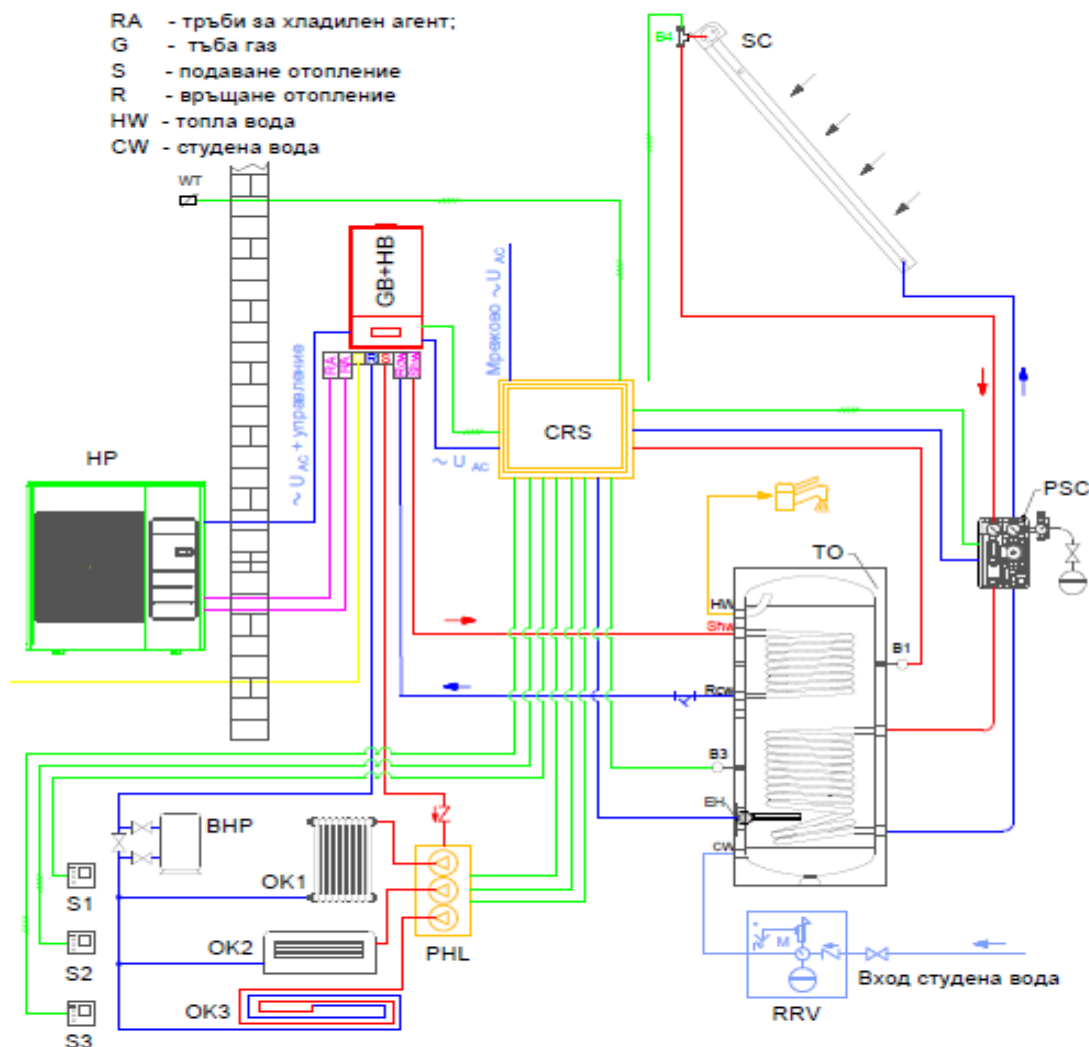
стр 39 от 63

**ТЕРМОПОМПА (сплит)
ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (едноконтурен)
ФОТОВОЛТАИЧЕН ПАНЕЛ / СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ
ОБЕМЕН БОЙЛЕР С ДВЕ СЕРПЕНТИНИ**

Shw - подаване на отопление за подгряване на обемнен бойлер за топла вода
Rcw - връщане на отопление за подгряване на обемнен бойлер за топла вода

--- - комуникационен кабел за управление;
— - силов кабел (Uac или Udc);

RA - тръби за хладилен агент;
G - тъба газ
S - подаване отопление
R - връщане отопление
HW - топла вода
CW - студена вода



HP - термopомпа (външно тяло)
GB+HB - хибридно вътрешно тяло (Газов котел + хидробокс)
HD - хидроразединител
BHP - буфер за термopомпата
SC - слънчев панел
WT - датчик за външна температура
RRV - предпазно-регулиращ възел за студена вода
PSC - помпена група за слънчеви панели
CRS - контролер за управление на системата
TO - обемнен бойлер с две серпентини
EH - електрически нагревател;
B1 - термостатичен датчик NTC сонда БГВ
B3 - термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер
B4 - термостатичен датчик NTC сонда соларен панел
PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
S1, S2, S3 - зонов термостати за различните отоплителни кръгове

/схема 11/

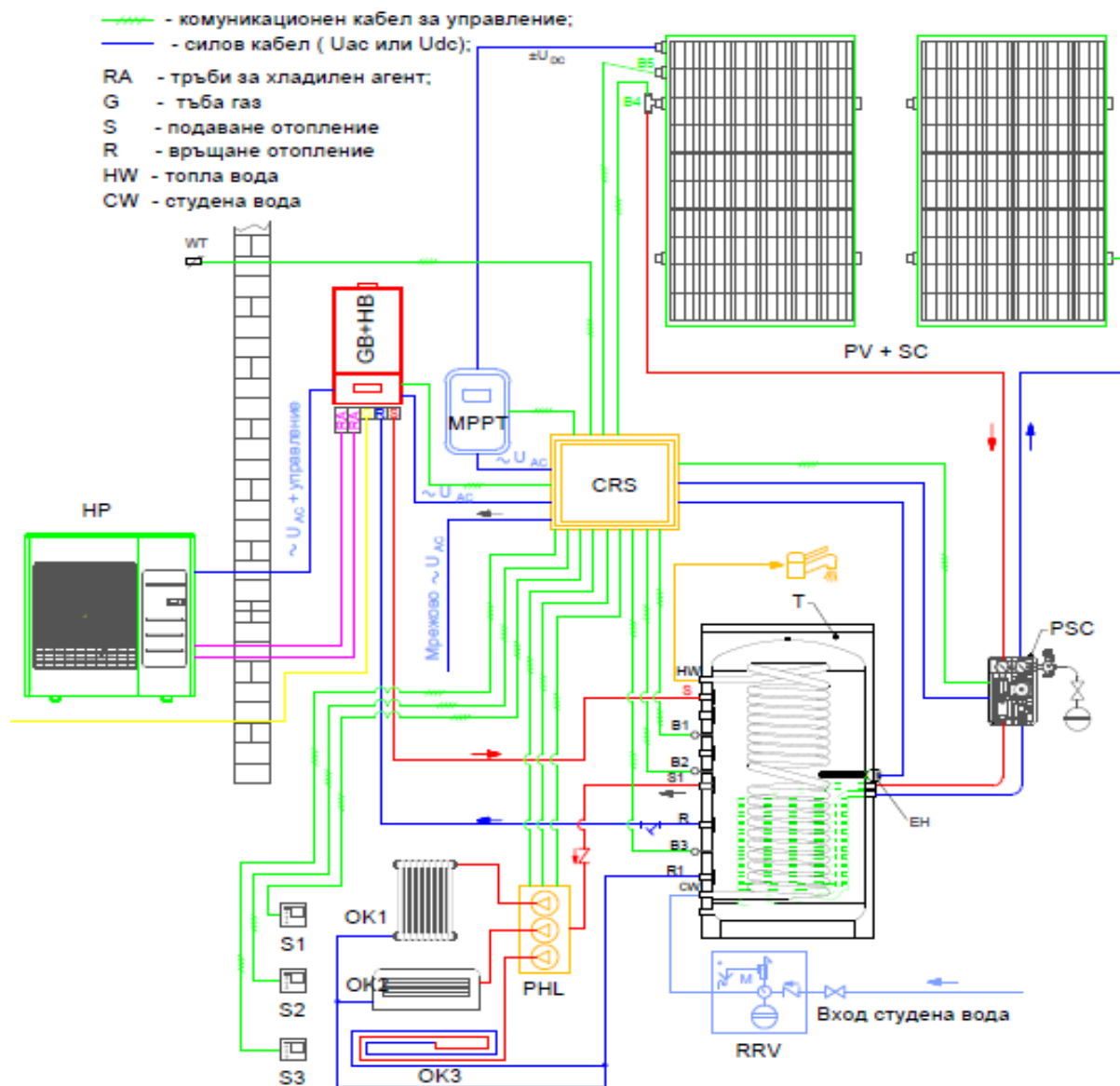
2.2.12. Технологична схема на хибридна система, изградена с:

Газов котел (едноконтурен), Термопомпа тип "сплит", Фотоволтаична система, Слънчеви колектори и Буферен съд с две серпентини - схема 12

Тази хибридна конфигурация обединява в себе си предимствата на всички предходно разгледани системи. Това я прави универсална относно разгледаните схеми и с най-висок синергичен ефект. Използва се едноконтурен газов котел, фотоволтаични модули /PV/, които са в един корпус със слънчеви колектори, обозначени за краткост и по-голяма яснота /PV-SC/. Задължително е използването на обемен бойлер или буферен съд. В изложената схема се използва буферен съд с две серпентини, с цел повишаване и на ефективността на отоплителната система. Към долната серпентина (когато серпентините не са успоредни), са включени слънчевите колектори. Към втората серпентина, към която има изисквания за необходима мощност (площ), е свързана БГВ на жилището. Кръгът за отопление на газовия котел е свързан към буферния обем на буферния съд. За управлението на системата е изготвен алгоритъм (схема 13), принципът на работа на който е следният: В главен контролер (CRS) се обединява сигналите от индивидуалните контролери на отделните подсистеми и в резултат на настройките си избират параметрите, последователността и приоритетите, по който цялата система да работи: (например по цена на енергоносител; по температура на помещение; по температура на околната среда; по търсене на екстремум между няколко величини и др.) и при спазване на следните базови изисквания:

Слънчевите колектори загряват буферния обем на буферния съд /БС/. Този обем загрява серпентината за БГВ. Същевременно, буферният обем на буферния съд е свързан с отоплителната система. CRS определя кога и кой топлоизточник да загрява БС. Ефективността на тази хибридна система се повишава, като слънчевите колектори подпомагат и отоплителната система, като поддържат една относително постоянна температура на буферния обем, над която се включва термопомпата. Газовият котел се включва по избор основно – (под определена външна температура; под определена вътрешна температура; при промяна на цената на енергоносителите; при авария на термопомпата и др.). Тук също се следи диференциалната температура на отоплителната система и слънчевите колектори, за да се избегне случая, когато температурата на подаване от слънчевите колектори е по-ниска и спада спрямо настроената температура на отоплителната система, за да се избегне охлаждане на буферния обем вода през слънчевите колектори. За подобряване на работата на системата и цялостно повишаване на ефективността ѝ, фотоволтаичната система захранва електрически всички ел. консуматори на хибридната система. При излишък на ел. мощност, /PV/ захранва електрически нагревател в буферния съд и доподгрява буферния обем вода, което води до намаляване на мощността за отопление на термопомпата / газовия котел и още по-голямо увеличение на общия коефициент на ефективност на системата и свежда до минимум въглеродния отпечатък.

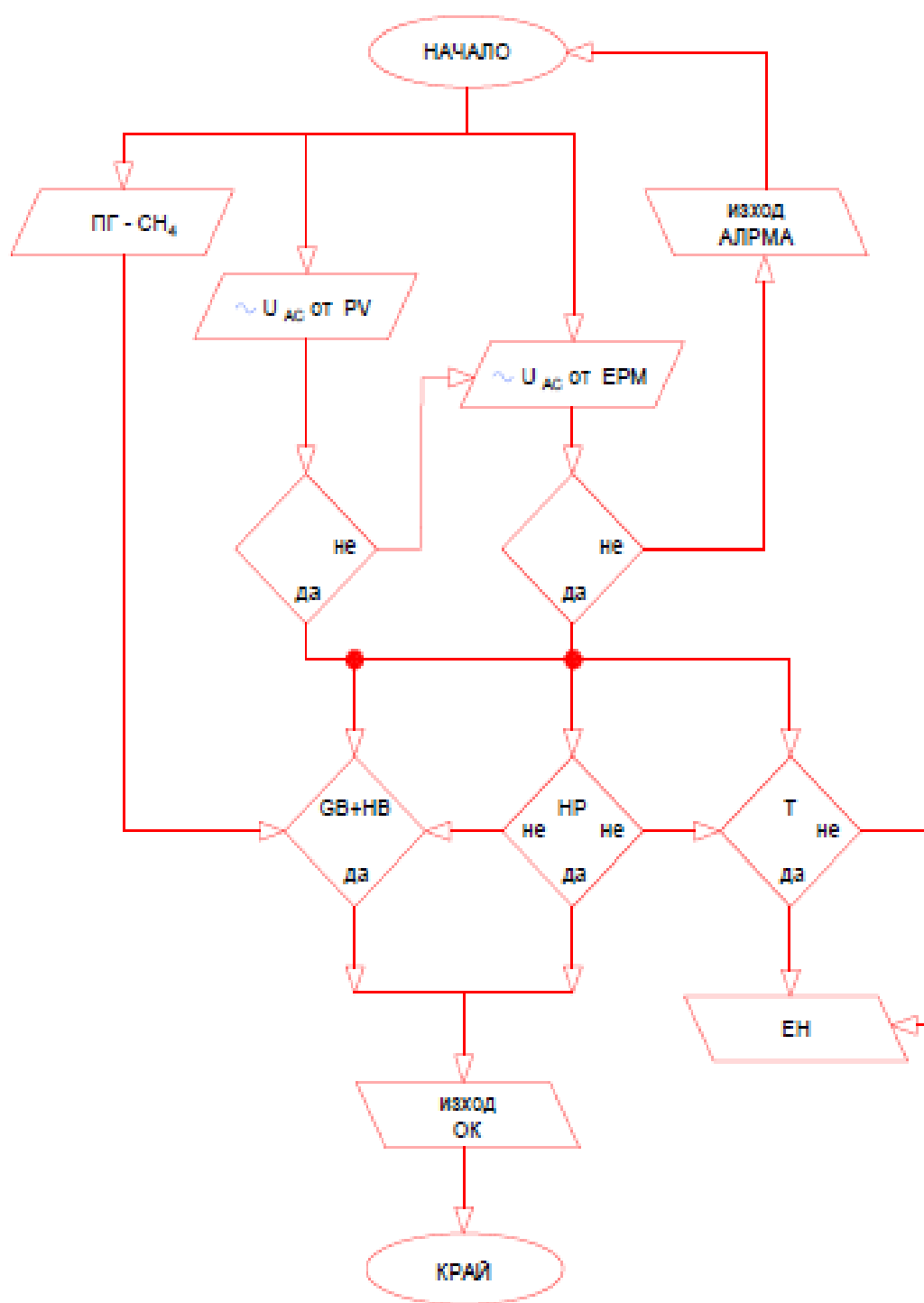
**ТЕРМОПОМПА (сплит)
ГАЗОВ КОНДЕНЗЕН КОТЕЛ (едноконтурен)
ФОТОВОЛТАИЧЕН ПАНЕЛ / СЛЪНЧЕВ ПАНЕЛ
БУФЕР С ДВЕ СЕРПЕНТИНИ**



- HP - термopомпа (външно тяло)
 GB+HB - хибридно вътрешно тяло (Газов котел + хидробокс)
 MPPT - инвертор за фотоволтаични панели
 PV+SC - фотоволтаичен панел, комбиниран със слънчев панел
 WT - датчик за външна температура
 RRV - предпазно-регулиращ възел за студена вода
 PSC - помпена група за слънчеви панели
 CRS - контролер за управление на системата
 T - буферен съд с две серпентини;
 EH - електрически нагревател;
 B1 - термостатичен датчик NTC сонда БГВ
 B2 - термостатичен датчик NTC сонда отоплителен кръг
 B3 - термостатичен датчик NTC сонда соларен бойлер
 B4 - термостатичен датчик NTC сонда соларен панел
 B5 - термостатичен датчик NTC сонда фотоволтаичен панел
 PHL - помпени групи за отопление на отделните OK1, OK2, OK3
 OK1, OK2, OK3 - различни отоплителни кръгове
 S1, S2, S3 - зонов термостати за различните отоплителни кръгове

/схема 12/

Алгоритъм за работа на описаната в схема 12 хибридна енергийна система:



/схема 13/

За реален избор на хибридна конфигурация на база на изложените анализи, изчисления и схемни решения, в следващата таблица 15 е представен SWOT анализ [59], [60] на три най-разпространени индивидуални енергийни системи, чрез конвергенцията на които се получават желаните хибридни решения и търсеният синергичен ефект.

Таблица 15

Система	Вътрешни фактори	
	Силни страни	Слаби страни
Високотемпературен котел пелети, електричество, нафта	Средни до ниски разходи за отоплителна система и агрегат; Ниски разходи за отоплителни тела; Ниска цена на енергоносител Автоматично управление	Необходимост от допълнителни помещения и съдове за съхранение на пелети или нафта; Допълнителен разход на средства и време за зареждане на системата с гориво и поддръжка на горивни камери и димоотводи. Трудоемкост при ремонт Силно вредно влияние върху климата – висок GWP и ODP.
Нискотемпературен газов котел	Средни до ниски разходи за отоплителна система и агрегат; Средни до ниски разходи за отоплителни тела; Средни до ниски разходи за природен газ Автоматично управление Високо ниво на автоматизация Ремонтът не е трудоемък Висока сигурност, проста конструкция Среден GWP и ODP	Високи разходи за поддръжка и ремонт
Термопомпа	Ниски разходи за електроенергия; Високо ниво на автоматизация Нисък GWP и ODP	Висока първоначална инвестиция на агрегата; Висока стойност на отоплителната система и отоплителните тела, за да се използва ефектът на термопомпата; Високи разходи за поддръжка и ремонт Монтажът изисква предварително планиране

	Външни фактори	
Система	Възможности	Заплахи
Високотемпературен котел пелети, електричество, нафта	Възможност за реновиране, но ефективността е ниска	Изключително променливи цени на пелети и нафта Невъзможност за дългосрочни прогнози на цените Необходимо време за изчакване за ремонт
Нискотемпературен газов котел	Универсално средство за бърза и ефективна реновация на стари инсталации и вграждането им в нови отолителни инсталации Функционалност на управлението	Влияние на цената на газа от геополитически фактори, които правят природния газ недостъпен за обществото. овишаване на текущите разходи за поддръжка и ремонт
Термопомпа	С разработването на нови хладилни агенти се повишава енергийната им ефективност и се намалява климатичното им влияние Функционалност на управлението	Повишаване на цената на електроенергията за бита; Повишаване на цените на материалите и съоръженията в резултат на непланирана инфлация; Повишаване на текущите разходи за поддръжка и ремонт По-висока честота на аварии

Фотоволтаична и/или инсталация със слънчеви колектори може да се приложи равнопоставено към всяка от гореизложените три бивалентни системи, и по тази причина не е необходимо да участват в този анализ.

2.3. ИЗВОДИ към глава II

Както се вижда от приложените и анализирани схеми, във всяка от тях има само една тръба за газ. Всичко останало са тръби и уреди за отопление. Въпросите за добива, преработката, транспорта и разпределението на природен газ отдавна теоретично и практически са изяснени. На дневен ред е неговото ефективно използване - самостоятелно или кумулативно с други ВЕИ.

Всъщност, ползата от газа се определя именно от ефективността, с която той предава топлината от изгаряне на флуида за отопление. Но, колкото и ефективен да е процесът на горене и подгряване на топлоносителя, нито една система няма да работи ефективно, ако самата тя (тръбни разводки, топлоизолации, помпени и смесителни групи, отоплителни тела) не са оразмерени правилно и съобразени с топлогенератора, свързан към съответната система. Освен това, от изключително значение е как е организирана логиката на управление на системата енергопроизводство – топлопренасяне – топлопредаване, т.е. системата за управление и контрол. А тя, от своя страна се определя от разнообразни фактори, основните от които са: техническите характеристики на машините, изграждащи системата, климатичните условия, качеството на използваните материали, проекта и изпълнението на отоплителната система.

Основният извод е, че природният газ сам по себе си е един от многото енергоизточници на планетата. За да се превърне в екологично и енергоефективно гориво е необходимо изгарянето му да бъде реализирано в енергоефективни уреди, които от своя страна да бъдат комбинирани

и/или асемблирани с други енергоефективни топлопроизвеждащи уреди и така образуваната хибридна система да бъде включена към правилно оразмерена отоплителна и/или БГВ инсталация.

ГЛАВА III. ИЗБОР И ИКОНОМИЧЕСКА ЕФЕКТИВНОСТ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ХИБРИДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ ЗА ОТОПЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НА БГВ В БИТОВИЯ СЕКТОР

3.1. Сравнителен анализ и оценка на ефективността на капиталовите и оперативни разходи за изграждане и експлоатация на отделните системи

Какъвто и анализ и доводи да има за избор в полза на една или друга система, в крайна сметка за вземане на окончателно инвестиционно решение, в над 90% от случаите определящ фактор се явява цената. В останалите случаи може превес да има екологичната ориентираност на системата, нейната технологичност / иновативност или нещо друго.

Затова, и при оценката на икономическата ефективност на инвестициите в хибридна система е необходимо да се облекнем на икономическата теорията за "разходи-ползи" нетната настояща стойност "NPV" на инвестицията и вътрешната норма на възвръщаемост "IRR".

Прието е анализът „Разходи-Ползи“ [14], [76], [168], който е метод за сравнение на различни алтернативи, чрез систематична оценка на техните предимства и недостатъци, да се прилага за проекти в публичния сектор, защото дава съпоставим резултат между алтернативни решения. Аналогично този метод е приложим и в случаите, когато потребител има нужда да вземе информирано инвестиционно решение каква система за отопление и производство на БГВ да избере, защото този метод може да се използва за сравнение на приключили или бъдещи начини на действие или за оценка на стойността спрямо разходите на дадено решение, проект или политика. Методът е широко използван в търговския обмен, при взимане на политически и бизнес решения и при проектното инвестиране.

Анализът на разходите и ползите има две основни приложения:

Да се определи дали дадена инвестиция (или друго решение) е добра, установявайки дали и с колко ползите от нея надхвърлят разходите

Да послужи за основа за сравнение между няколко инвестиции (или други решения), сравнявайки общите очаквани разходи с общите очаквани ползи от всяка от тях

Поради факта, че този анализ е предвиден основно за оценка на инвестиции в определен проект спрямо същата инвестиция в алтернативен проект(и), за да приложим този подход при избора на хибридна система за битовия сектор е необходимо да разгледаме философията на този метод:

Концептуален фундамент на икономическия анализ "разходи — ползи" е т. нар. компенсационен критерий, дефиниран от британските икономисти Джон Хикс (1904–1989 г.) и Никълъс Калдор (1908–1986 г.) през 1939 г. Според критерия на Хикс-Калдор, всяка промяна в разполагането на ресурсите, при която тези, които печелят (чието благосъстояние нараства) могат напълно да компенсират онези, които губят (чието благосъстояние намалява) и все още (първите) да бъдат с по-високо ниво на благосъстояние след промяната, отколкото преди нея, трябва да се счита за подобрение (повишаване) на общественото благосъстояние. Философията на компенсационния критерий на Хикс-Калдор е проста и ясна — всеки проект, чиито ползи (А) превишават разходите (Б) е атрактивен за обществото като цяло и следва да бъде изпълнен. Съответно, проектите, за които $A \leq B$ са неатрактивни и трябва да бъдат отхвърлени. Тук Обществото е конкретният ползвател.

В теорията и практиката на съвременния анализ "РАЗХОДИ — ПОЛЗИ" /РП/ са познати два вида методи за анализ и оценка на проекти [168]:

- статични — методи, които не отчитат стойността на парите във времето и дават неосъвременена (недисконтирана) оценка на проектите. Статичните методи са широко известни и често използвани. Те са прости и евтини, но в същото време — груби и не особено точни.
- динамични — методи, които отчитат стойността на парите във времето и дават осъвременена (дисконтирана) оценка на проектите. Една от формите на приложение на динамичните методи са нетна настояща стойност на бъдещ паричен поток и свързания с това дисконтов фактор, който изразява очакваната норма на възвръщаемост, която предлагат алтернативни проекти/варианти за инвестиране:

Нетна настояща стойност ННС, използвана широко и в български официални документи с латинската си абrevиатура (NPV - Net Present Value) е динамичен метод, при който се установява разликата между сумата от дисконтираните нетни парични потоци за целия срок на икономически живот на проекта и инвестиционните разходи за същия период. Дисконтирането на доходите позволява на инвеститора да сравнява проекти с различни времеви параметри и да взема информирано решение за тяхното финансиране. Нетната настояща стойност (NPV) е показател, широко използван при оценка на проекти, при анализа и обосновката на инвестиционни решения. Основната цел на този показател е да даде ясна представа за това, дали си струва да се инвестира в конкретен инвестиционен проект. Често изборът се прави между различни планове, не само като се вземе предвид продължителността на жизнения цикъл на проекта, но и с оглед на момента на инвестицията, размера и характера на дохода, който тя осигурява. Този показател позволява да се види реалната ефективност на инвестициите и ползите, които могат да бъдат получени от изпълнението на всеки проект. Инвеститорът ясно вижда печалбата, което означава, че може уверено да даде предимство на една от алтернативните инвестиции – тази с по-голяма NPV. За разлика от чистата печалба от проекта или компанията, NPV отчита не само разходите, отразени във финансовия отчет, но и такъв икономически фактор, като минималната доходност от използвания капитал. Поради това печалбата, изчислена с използване на показателя NPV [14], [76], се нарича икономическа печалба, което всъщност интересува всеки.

$$NPV = -I_0 + \sum_{k=1}^n \frac{B_k}{(1+r)^k}$$

където:

NPV – нетна настояща стойност на бъдещ паричния поток;

PV - настояща стойност на паричния поток;

B_k – паричен поток, генериран от проекта за една година от периода (k =1 ÷ n);

I₀ – начална инвестиция

t – време (период) за реализиране на проекта

n – години в периода

r – норма на дисконтиране, позната и като IRR (вътрешна норма на възвръщаемост);

g – темп на инфлация.

Анализът на резултатите трябва да се прави спрямо стойността на NPV. Ако:

NPV>0 – проектът се приема. Той се признава за икономически изгоден.

NPV<0 – проектът не се приема, защото не е привлекателен, не е изгоден.

NPV=0 – проектът е на границата изгоден/неизгоден и е необходим допълнителен анализ, за да се вземе инвестиционно решение.

Тъй като тези инвестиции са дългосрочни, е добре да оценим и влиянието на инфлацията, което влияе върху настоящата стойност на паричния поток [14]:

$$PV = \frac{B}{r - g}$$

За да има възможност за реална оценка на влиянието на инфлацията, е необходимо (r > g). Т.е., когато инфлацията е необосновано висока, е очевидно, че стандартната икономическа логика и теория са неприложими или резултатите ще бъдат изкривени и неточни.

За да бъде приложен анализът РП за оценка на избрана хибридна система, е необходимо да се направят определени предварителни проучвания и изчисления, показани в следващите таблици.

Изчисленията са базирани на индивидуалните технически характеристики на отделните топлогенератори; тяхната производителност; разходи за текуща поддръжка и ремонт; разходът и цената на използваната енергия.

Започва се от технически показатели на най-използваните термопомпи за битови нужди с мощности 6 kW и 9 kW, показани в таблица 16:

Технически показатели на най-използваните термопомпи за битови нужди с мощности 6 kW и 9 kW като алтернатива или част от хибридна система с газов кондензен котел

табл.16

Модел	LWT	35, (°C)			40, (°C)			45, (°C)			50, (°C)			55, (°C)		
TP 06	Tamb (°C)	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP
	-20	4,13	2,1	1,97	3,96	2,32	1,71									
	-15	4,5	2,1	2,14	4,34	2,32	1,87	4,18	2,53	1,65						
	-10	4,88	2,07	2,36	4,78	2,28	2,10	4,69	2,49	1,88	4,59	2,7	1,70	4,5	2,91	1,55
	-7	5,1	2,05	2,49	5,05	2,26	2,23	4,99	2,46	2,03	4,94	2,67	1,85	4,88	2,88	1,69
	-2	4,85	1,72	2,82	4,79	1,9	2,52	4,74	2,08	2,28	4,68	2,26	2,07	4,63	2,44	1,90
	2	4,6	1,39	3,31	4,54	1,54	2,95	4,48	1,7	2,64	4,42	1,86	2,38	4,37	2,01	2,17
	7	6	1,25	4,80	5,7	1,4	4,07	5,4	1,55	3,48	5,1	1,7	3,00	4,8	1,85	2,59
	10	6,21	1,27	4,89	5,92	1,42	4,17	5,64	1,57	3,59	5,35	1,72	3,11	5,06	1,87	2,71
	15	6,57	1,3	5,05	6,3	1,45	4,34	6,03	1,61	3,75	5,75	1,76	3,27	5,48	1,91	2,87
	20	6,93	1,34	5,17	6,67	1,49	4,48	6,42	1,64	3,91	6,16	1,79	3,44	5,91	1,94	3,05

Модел	LWT	35, (°C)			40, (°C)			45, (°C)			50, (°C)			55, (°C)		
TP 09	Tamb (°C)	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP	HC(kW)	PI(kW)	COP
	-20	6,04	3,18	1,90	5,75	3,45	1,67									
	-15	6,64	3,18	2,09	6,35	3,45	1,84	6,07	3,71	1,64						
	-10	7,24	3,13	2,31	7,05	3,39	2,08	6,86	3,65	1,88	6,67	3,91	1,71	6,48	4,16	1,56
	-7	7,6	3,1	2,45	7,47	3,36	2,22	7,33	3,61	2,03	7,2	3,87	1,86	7,07	4,12	1,72
	-2	7,65	2,69	2,84	7,47	2,9	2,58	7,29	3,11	2,34	7,11	3,32	2,14	6,92	3,53	1,96
	2	7,7	2,28	3,38	7,47	2,44	3,06	7,24	2,61	2,77	7,01	2,77	2,53	6,78	2,94	2,31
	7	9	2,01	4,48	8,8	2,26	3,89	8,6	2,5	3,44	8,4	2,75	3,05	8,2	2,99	2,74
	10	9,54	2,08	4,59	9,34	2,33	4,01	9,14	2,57	3,56	8,94	2,82	3,17	8,75	3,06	2,86
	15	10,44	2,2	4,75	10,24	2,45	4,18	10,05	2,69	3,74	9,85	2,94	3,35	9,66	3,18	3,04
	20	11,34	2,32	4,89	11,15	2,56	4,36	10,95	2,81	3,90	10,76	3,06	3,52	10,57	3,3	3,20

Таблица 17

Климатична зона 7 - София и Подбалканска долина [79], [166]

Начало на отоплителен сезон 15 октомври / Край на отоплителен сезон 23 април

Изчислителна външна температура -16°C, Отопителни денградуси (DD) 3500 при средна температура в сградата $t_{cp} = 22^{\circ}\text{C}$

месец	януари	февруари	март	април	май	юни	юли	август	септември	октомври	ноември	декември
бр. дни	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
бр. дни отопление	31	28	31	23						16	30	31
$t_{cp}, ^{\circ}\text{C}$	-0,40	0,20	4,60	10,40	15,30	18,70	21,10	20,70	16,50	11,20	5,10	0,40
$t_{пом}, ^{\circ}\text{C}$	22,00		$t_{cp}, ^{\circ}\text{C}$ за отоплителен сезон = 3,78 °C					COP = 3				

DD	694,40	610,40	539,40	266,80						172,80	507,00	669,60
P, kWh	61,32	53,90	47,63	23,56						15,26	44,77	59,13

Средногодишна производителност на 1 kWp инсталирана мощност:		1250,00	[kWh/year]	HDD / year:	3460,40
Средногодишна производителност на 1 kWp инсталирана мощност за сезона 15.10 - 23.04.:		305,56	[kWh/season]		
Средна годишна продължителност на слънцегрее					
за сезона 23.04 – 15.10.:		1700	[h]		
за сезона 15.10 - 23.04.:		550	[h]	24,44	[%]
ресурс на слънчевата енергия дневно:		4,25	[kWh/m ²]		
ресурс на слънчевата енергия годишно:		1550	[kWh/m ²]		

Примерен разчет на инвестиции чрез анализ "Разходи-Ползи"
за отделни технически решения

таблица 19

Термопомпа	Q _{пт} , kW	Ном. мощност, kW	DD отоплит-ни денградуси	Средна t _{пом} , °C	Ср. външна t _{отс} , °C	Външна изч. тви, °C	Енергия лв. за периода
	6,20	9,00	3500,00	22,00	3,78	-16,00	1142,11
	Цена на инвестиция	Поддръжка за год.			Период год.	Инвест. общо лв. за ...год. период	
	17000,00	150,00			10,00	29921,05	

Газов котел	Q _{пт} , kW	Ном. мощност, kW	DD отоплит-ни денградуси	Средна t _{пом} , °C	Ср. външна t _{отс} , °C	Външна изч. тви, °C	Енергия лв. за периода
	6,20	24,00	3500,00	22,00	3,78	-16,00	3432,24
	Цена на инвестиция	Поддръжка за год.			Период год.	Инвест. общо лв. за ...год. период	
	3600,00	150,00			10,00	39422,43	

Пелетен котел	Q _{пт} , kW	Ном. мощност, kW	DD отоплит-ни денградуси	Средна t _{пом} , °C	Ср. външна t _{отс} , °C	Външна изч. тви, °C	Енергия лв. за периода
	6,20	24,00	3500,00	22,00	3,78	-16,00	3640,46
	Цена на инвестиция	Поддръжка за год.			Период год.	Инвест. общо лв. за ...год. период	
	5400,00	200,00			10,00	43804,61	

ФотоVOLTAИК	P, kW _p	Цена инвестиция в лв. за W _p на		Общо	Поддръжка за год:	Период год.	
	5,00	Панели	0,70	3500,00	200,00	10,00	
		MPPT	0,60	3000,00			
		Проект	0,40	2000,00			
		Монтаж	1,00	5000,00			
	Общо инвест + разходи в лв. за 10 год. период						15500,00
	Общо ПРИХОДИ от производство на ел. енергия в лв. за 10 год. период						13125,00

Слънчев панел за БГВ	СП, m ²	Цена на инвестиция в лв. за Wp		Общо	Поддръжка за год:	Период год.	Цена на ел. ен.
	4,00	Панели	2,00	1000,00	50,00	10,00	0,21
		Об. бойлер	1200,00	1200,00			
	лв / m ²	Проект	400,00	400,00	l / m ²	Проект/m ²	Цена на l
	250,00	Помпа	600,00	600,00	60,00	100,00	500,00
		Тръби, ППГ	600,00	600,00			
		Монтаж	600,00	600,00			
Общо инвест + разходи в лв. за 10 год. период							4900,00
Общо ПРИХОДИ от спестена ел. енергия за производство на БГВ в лв. за 10 год. период							2299,50

Така показаните резултати са получени от реално работещи изчислителни алгоритми, заложили в excel. формат и са приложени на "Флаш памет"

ПРИМЕР: На база на приети алтернативи и установени резултати като първоначална инвестиция, текущи разходи за поддръжка и разходи за енергоресурси, в табл. 20 показан следния сравнителен анализ РП, NPV и IRR между Термопомпа и Газов котел:

Таблица 20

Термопомпа - /ТП/			Газов котел - /ГК/		
Начална инвестиция, лв.	Cot	17000,00	Начална инвестиция, лв.	Cog	3600,00
Очакван разход за енергия по години, лв.	Ret	1142,11	Очакван разход за енергия по години, лв.	Reg	3432,24
Срок на проекта, год.	10	10,00	Срок на проекта, год.	n	10,00
Очакван разход за поддръжка по години, лв.	Rrt	150,00	Очакван разход за поддръжка по години, лв.	Rrg	150,00
Очакван разход за "n" години, лв.	Rnt	12921,05	Очакван разход за "n" години, лв.	Rng	35822,43
Очакван приход за "n" години, лв.	Bnt	22901,38	Очакван приход за "n" години, лв.	Bng	-22901,38
Дисконтов фактор, %	rt	8,00	Дисконтов фактор, %	rg	8,00
Настояща стойност на бъдещи ползи, лв.	NPV	10607,77	Настояща стойност на бъдещи ползи, лв.	NPV	-10607,77
Нетна настояща стойност, лв.	NPV	-6392,23	Нетна настояща стойност, лв.	NPV	-14207,77
Относителна доходност между ТП и ГК, %	IRR	77,24	Относителна доходност между ТП и ГК, %	IRR	-163,93

Резултатите в табл. 20 са получени, като за нетна печалба се приема разликата от текущи разходи между системата с по-голяма стойност и системата с по-малка стойност. На база на тази нетна «печалба» за по-ефективната система и «загуба» за по-неефективната система, се

изчислява дисконтовият фактор r , относителната норма на доходност (възвръщаемост) на инвестиция капитал IRR и NPV [168] за всяка система:

$$Bnt = Rng - Rnt: \quad rt = (Rnt/Bnt) * 100 [\%]$$

$$Bng = Rnt - Rng: \quad rg = (Rng/Bng) * 100 [\%]$$



Фиг. 28 – Зависимост на NPV / IRR

(IRR) — това е максималното значение на стойността на капитала, при която инвестиционният проект се откупува. В случая, сравнявайки два отделни проекта спрямо тяхната ефективност за 10 г. период (живот на системата), оценката на IRR се извършва на база на разликата от постигнатата доходност (печалба-загуба) между двата проекта. За привлекателен ще се счита този проект, който е с по-висока норма на доходност на инвестиция капитал.

$$IRR = \frac{\text{Печалба} - \text{Разход}}{\text{Разходи}} * 100\%$$

В общия случай, колкото по-висока е вътрешната норма на възвръщаемост на проекта, толкова по-желателно е той да се реализира. Ако се приложи метод за сравнение с еднакъв IRR (се приема 8% лихвен процент за алтернативен заеман капитал), същият IRR може да се използва за класиране на множество перспективни проекти на сравнително равномерна основа. В случая, проектът с по-висока IRR и с по-голям NPV [14], [76], [168] се счита за по-добрият и се предпочита за реализация (табл.20).

3.2. Изводи към глава III

От таблиците "Разходи-Ползи", когато се въведат реални данни за стойност на първоначална инвестиция; цени на енергоносители; разходи за поддръжка и ремонт за конкретно въведените данни, актуални към ноември 2022г. се вижда, че проектът с термопомпа и газов котел са еднакво ефективни в 6-тата година. До 6-тата година, поради по-ниската първоначална инвестиция е по-атрактивен проектът с газов котел. След 6-тата година, вече разходите са в полза на термопомпата.

Ако собственикът продължи да ползва газ и цената му се запази същата или се повиши, разходите за газ за ползването на тази система значително се увеличават и като цяло използването на газовия котел става неефективно (виж и табл. 21).

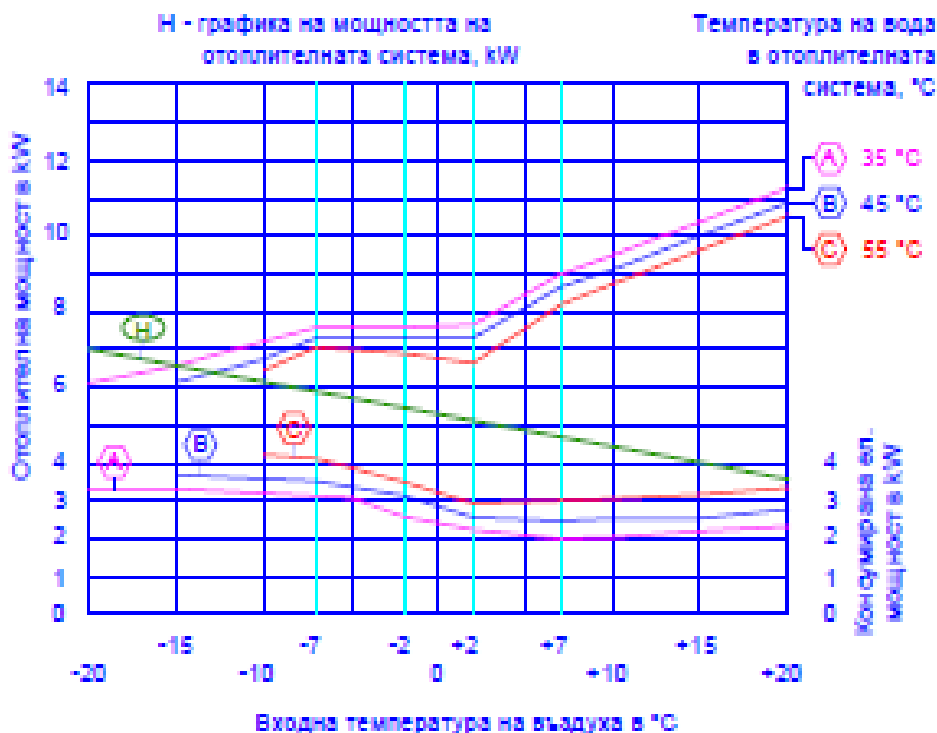
От тези проучвания и анализи се налага извода, че когато двете инвестиции се обединят в една, т.е. използваме хибридна система тип "моноблок" (термопомпа + газов котел), където инвестицията е само с 20% по-висока от инвестирането в чиста термопомпа, но разходът за енергия е с около 20% по-нисък. Следователно, при първоначална инвестиция в хибридна система тип "моноблок" (термопомпа +газов котел), разходите ще се нулират на 6-тата година, след което собственикът ще ползва предимствата и на двете горива.

Този извод е илюстриран на следващите графики (фиг. 29 и 30), в които са заложили изходните данни от технологичните схеми и изчисленията "Разходи-Ползи". От тези графики се виждат зоните на ефективна работа на модулът ТП и модулът газов котел. По този начин се избира времеви и температурен диапазон за настройка на хибридната система, в т.ч. и по цена на енергоносителите. Тези графики се ползват заедно с показания на схема 13 алгоритъм.

Как става това:

На фиг. 29 са показани зависимостите на температурата на водата в отоплителната инсталация на ТП от температурата на околната среда, изискуемата мощност от отоплителната система и свързаната с това консумация на електроенергия и изменението на коефициента на ефективност COP. Очевидни са зоните, където продължаващото ползване на термopомпния модул е невъзможно поради значително намаляване на неговата отдавана мощност и ефективност, в резултат на което управляващия контролер на системата ще включи газовия котел, който ще покрие липсващата мощност и ще увеличи ефективността на хибридната система.

Налага се изводът, че към днешна дата, на база на цени на уреди и енергия, хибридната система тип "моноблок" (термopомпа +газов котел) е най-екологична и енергийно ефективна за нуждите на битовото отопление/охлаждане и производство на БГВ. Надграждането на тази система с фотоволтаична система и/или слънчеви колектори ще повиши общата енергийна ефективност, което като решение може да бъде аргументирано с желанието на съответния потребител от по-голяма енергийна и финансова независимост. Което, разбира се има своята първоначална цена.



фиг. 29

На база на всичко гореизложено, таблица 21 предлага опростен сравнителен анализ РАЗХОДИ-ПОЛЗИ [76], [168] при използване на газов котел, термопомпа или хибридна система ГК-ТП – с пример за шест и десетгодишен период:

таблица 21

Qn, kW	Цена на агрегат за отопление и БГВ, лв.	Цена в (лв.), на отоплителна инсталация /ОИ/ и 1 бр. отоплително тяло /ОТ/	Общ брой ОИ + ОТ	Обща цена ОИ + ОТ, лв.	Цена на енергия за kWh, лв.	Цена на енергия за 1 год, лв.	Сравняване на инвестиция и енергия за "'Y' год, лв.
1	2	3	4	5	6	7	8
6,2							6
ГК	4000,00	500,00	4,00	6000,00	0,25	4000,00	30000,00
ТП	17000,00	680,00	4,00	19720,00	0,25	1792,30	30473,78
Хибрид ГК + ТП	20000,00	680,00	4,00	22720,00	0,25	1792,30	33473,78

Qn, kW	Цена на агрегат за отопление и БГВ, лв.	Цена в (лв.), на отоплителна инсталация /ОИ/ и 1 бр. отоплително тяло /ОТ/	Общ брой ОИ + ОТ	Обща цена ОИ + ОТ, лв.	Цена на енергия за kWh, лв.	Цена на енергия за 1 год, лв.	Сравняване на инвестиция и енергия за "'Y' год, лв.
6,2							10
ГК	4000,00	500,00	4,00	6000,00	0,25	4000,00	46000,00
ТП	17000,00	680,00	4,00	19720,00	0,25	1792,30	37642,96
Хибрид ГК + ТП	20000,00	680,00	4,00	22720,00	0,25	1792,30	40642,96

- 1 В зелената клетка се залага потребната отоплителна мощност за обекта
- 2 Залага се цената на съответния агрегат
- 3 Залага се цената на ОИ и отоплителното тяло за съответния агрегат
- 4 Въвежда се общия брой отоплителната инсталация и отоплителните тела
- 5 Събират се разходите за отоплителната инсталация и отоплителните тела
- 6 Въвежда се цената на съответния енергоносител за kWh
- 7 Програмата изчислява разходъ на енергия за 1 година
- 8 В жълтата клетка се въвежда брой години, за които искате да видите резултат
- 8 След въвеждане на брой години, програмата изчислява за заложения брой години какви ще бъдат общите разходи за избрания период,

за да може всеки потребител, лесно и разбираемо да вземе информирано инвестиционно решение, без да влиза в научно-технически и методически алгоритми и изчисления.

ГЛАВА IV. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА ХИБРИДНИТЕ СИСТЕМИ В ЕНЕРГИЙНАТА СИГУРНОСТ И НАДЕЖДНОСТ НА ЕНЕРГИЙНИЯ СЕКТОР

4.1. Влияние на хибридните системи върху развитието на газоразпределителните мрежи, ефективно използване на природния газ и ползите за обществото

До 2020г. [169] в ценово отношение природният газ беше безспорен лидер в конкуренцията с останалите енергоносители. За неговото разпространение и широко използване във всички

сектори на обществения живот са изградени и продължават да се изграждат десетки хиляди километри преносни и разпределителни газопроводи.

С развитието на технологиите в областта на преобразуването на енергията се увеличава и разнообразието на топлогенератори. Теоретично, никога не е спирал стремежът на разработчиците да създадат топлогенератор с нулева или близка до нулата цена на съответния енергоносител.

Днешните тенденции, в резултат на енергийна и ценова газова криза, обуславят бързото пренасочване на обществото към алтернативни решения. Тези алтернативи са налични и достъпни, но за тяхното пълноценно използване е разумно да се съчетаят с наличната възможност природен газ. В момента се забелязва тенденция от чисто отопление с природен газ да се отива към чисто отопление със "зелена енергия" или термопомпи, но както и по-горе в анализите е посочено, че в региони, в които основно газа се използва за отопление, не е възможно 100% замяната му с алтернативни топлогенератори. По тази причина съвременните хибридни системи, без значение дали са тип "моноблок" или изградени от отделни подсистеми, имат възможността да се настройват за работа както по външна температура на околната среда, така и по цена на различните енергоносители. Тези опции осигуряват голяма гъвкавост и ефективност на хибридните системи.

Ако се запази тази посока на развитие на техниката, не се очаква бъдещо увеличение на търсенето на природен газ. По-скоро се очаква неговото запазване като абсолютна стойност, при увеличаване на броя на потребителите, които ще го ползват като алтернативно гориво в своите хибридни системи. Следователно, това ще доведе до разрастване на газоразпределителните мрежи при запазване на капацитета на преносните газопроводи. По този начин достъпът на обществото до природен газ ще се увеличава, за сметка на многократно намалени инвестиции от държавния бюджет за развитие на газопреносна мрежа. Тези спестени средства може и би трябвало да се насочат към стимулиране на обществото да ползва хибридни системи. Такав подход реално би решил частта от ЗЕЛЕНАТА СДЕЛКА [165], [171], свързана с една от програмите ѝ - Обновяване на сградите. Той ще стимулира реновирането на сградите и ще повиши тяхната енергийна ефективност, което ще помогне на хората да намалят сметките си за отопление и ток. Според Европейската комисия 40% от енергията се консумира от домовете (битовия сектор). С решаването на този въпрос ще се ускори и решаването на основната цел на ЗЕЛЕНАТА СДЕЛКА – постигане на нулево замърсяване замърсяване на почви, въздух или вода до 2050 г.

Решения за намаляване на климатичните промени се търсят и в посока на използването на водородната енергия. От десетилетия се правят опити за създаване на водородни клетки и внедряването им в автомобили. Към момента единствено "Тойота" има сериозни разработки и постижения в използването на водорода като гориво. Изглежда тази технология има бъдеще, защото все повече компании разработват различни технологии за производство, съхранение и използване на водород. Заедно с развитието на водородни клетки за автомобилите, ще се разшири приложението им и в битовия сектор. И тогава ще възникне въпросът как да се достави водород до домовете на хората. Зареждането на автомобилите към момента изглежда по-лесно, но когато техният брой нарасне и има нужда от голям брой водородни зарядни станции, газоразпределителните мрежи ще бъдат една много силна алтернатива за пренос на водород от примерно един голям производител до множество зарядни станции.

В Европа вече се правят опити за пренос на водород през газопреносни и газоразпределителни мрежи. В тази връзка много производители на газови уреди вече произвеждат газова горивна техника, която да работи с определен процент водород. Например, новите газови котли на Висман, произведени след 01.01.2022г. могат да работят с природен газ и до 20% водород.

В България битовата газификация все още е на едно ниско ниво спрямо развитите европейски държави, но поради нейния закъснял старт, газоразпределителните мрежи в нашата страна са изградени и продължават да се изграждат с най-съвременните материали по най-новите технологии, което ще позволи по-лесен и безпроблемен преход към преноса на водород и включването му заедно с природния газ в микса от горива за битовия сектор.

От извършените проучвания и анализи, в т.ч. и резултатите от анализа “Разходи-Ползи” изводът е, че с внедряването на хибридни енергийни системи с използване на природен газ се повишава енергийната сигурност на доставките и потреблението на енергийни ресурси и ще се постигне целта за нулево въглеродно въздействие.

4.2. Нормативни изисквания при проектирането, изграждането, експлоатацията и ремонта на системи за отопление и охлаждане, захранвани с природен газ и алтернативно гориво

За оценка на влиянието на хибридни енергийни системи с използване на природен газ върху енергийната сигурност, изключително голяма роля има нормативната уредба, която регулира дейностите по проектиране, изграждане, въвеждане в експлоатация, използване, поддръжка и ремонт на тези системи.

На база на голямото разнообразие от топлинни генератори и процеси, са възможни различни комбинации с цел реализиране на битови хибридни системи спрямо обективните фактори (достъп до съответния енергоизточник) и субективните фактори (изборът и възможностите на отделния човек).

Много от вариантите биха били екзотика и с ниска ефективност. За всеобхватност на анализа, се разглежда хибридна система от схема 12 (“all in” – всички подходящи системи събрани да работят заедно, образувайки една универсална хибридна енергийна система), изградена с: Газов котел (едноконтурен), Термопомпа тип “сплит”, Фотоволтаична система, Слънчеви колектори (сдвоени към фотоволтаичните панели или самостоятелни) и Буферен съд с две серпентини. Целта е да се получи максимална ефективност (енергийна и финансова), като срокът за експлоатация е изключително важен. На база на добрите инженерни практики и разчетите на производителите на отоплителна и хладилна техника, обикновено този срок се приема 10г.

Като базови изходни данни се приемат топлинните загуби на обекта (къща / апартамент) и нуждата от БГВ съгласно нормативните изисквания. За гранични стойности се избират минимална и максимална външни температури.

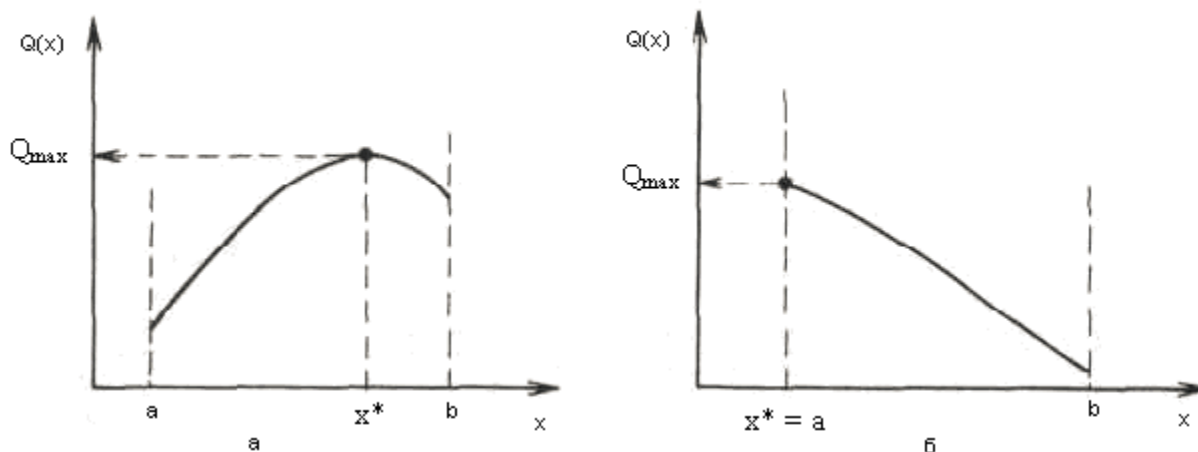
Обикновено, когато се съпоставят два или повече топлогенератора, е необходимо да намерим техният максимум при определени общи условия, всъщност се решава оптимизационна задача за всеки един поотделно. Теорията на оптимизацията е изключително обширна. Конкретно за избор на топлинна машина, с цел получаване на оптималната температура в топлогенератора, при която се получава максимален добив на топлинна енергия се препоръчва оптимизация по екстремум на функцията в една точка с две гранични стойности. Такава оптимизационна задача [17] се дефинира по следния начин: Нека е дадена целевата функция $Q = Q(x)$, на която се търси максимум при наложени ограничения на управляващия параметър:

$$a \leq x \leq b \text{ или } x \in [a, b] - (1.1.)$$

Задачата е да се намери такава стойност на управляващия параметър x^* , при която целевата функция има максимум в допустимите граници на изменение на x :

$$Q(x^*) = Q_{\max} > Q(x)$$

при следните ограничения: $a \leq x^* \leq b$. Полученият максимум може да бъде безусловен или условен. На следващите графики са изобразени едномерна целева функция с безусловен максимум (а) и с условен максимум (б).



Условие (1.1.) почти винаги съществува при решаване на реални задачи, но в някои случаи не се задава, например при оценяване на параметър в математичен модел. Ограниченията на управлявания параметър могат да бъдат и едностранни със зададена само долна граница a или горна b .

Конкретното прилагане на оптимизационната задача за хибридна енергийна система с използване на природен газ се извършва чрез получаване на екстремум и зона на оптимална работа за всяка моновалентна система поотделно, като управляващата величина винаги е настроената температура на помещението. След това се извършва сравнителен анализ на получените резултати и по метода на сечението се избират диапазоните на работа на отделните топлоизточници. След което се прилага разработената в глава III методика за технико-икономическа оценка на съответната система, на чиято база се извършва окончателен избор на компонентите на системата. За конкретно избраната конфигурация на хибридната система се прави оптимизационна проверка за окончателно определяне на оптималните работни температурни интервали, които ще бъдат покривани от отделните компоненти. В резултат на това се постига търсеният синергичен ефект.

Следващите стъпки за реализация на избора са:

Проектиране; Изграждане; Въвеждане в експлоатация; Експлоатация, поддръжка и ремонт.

[9], [73], [82], [84], [94], [104], [121]

Процесът на проектиране се извършва на база на избраните отделни конкретни агрегати – в случая: термopомпа, нискотемпературен газов котел, буферен съд, фотоволтаични / слънчеви панели и т.н. в съответствие с действащите нормативни изисквания. А те са различни за отделните моновалентни системи, както следва:

Газова инсталация и газов котел:

Проектите на газови инсталации за съществуващи жилища в България трябва да бъдат изготвени от проектант с проектантска правоспособност. Тъй като газовите инсталации и уреди са съоръжения с повишена степен на опасност /СПО/, така изготвеният проект се проверява от орган за технически надзор и ако отговаря на нормативните изисквания, последният го одобрява/заверява. След което собственикът може да възложи изграждането на обекта. Самото изграждане, поддръжка и сервиз задължително трябва да се извършва от фирма, получила удостоверение за дейност по чл. 36 от ЗТИП [84]. Много е странно защо българското законодателство не исиква разрешение за строеж на обект СПО (газова инсталация за битов обект) ? След като газовата инсталация и газови уреди са монтирани, изпълнителят подготвя набор от документи, конкретно описани в НУБЕПРГСИУПГ [104], в които има процедури за изпълнение на неразглобяеми съединения, сертификати на вложените материали, сертификати

на изпълнителския персонал за изпълнение на неразглобяеми съединения, протоколи от изпитания на якост и плътност и др. На база на реално извършените строително-монтажни дейности, изготвената съпътстваща документация и успешно проведени изпитания на якост и плътност, органът за технически надзор издава актове за първоначален технически преглед, на база на които газовата инсталация и газовите уреди могат да се газозахранят и пуснат в експлоатация. Отново без разрешение за ползване, издадено от общински или държавен орган – т.е. няма общински или държавен орган, който да разполага с информация къде и какви СПО са в експлоатация, което е проблем при защита на населението при бедствия и аварии!

След въвеждането в експлоатация на газовата инсталация и уреди, същите подлежат на ежегодни проверки от органа за технически надзор с цел проверка на състоянието им и за наличие на пропуски на газ – т.е. формално контролът е нормативно определен, но в ръцете и съвестта на частни фирми, които нямат ангажменти при бедствия и аварии.

Термопомпена инсталация:

До момента, за монтирането на термопомпени агрегати в жилищни сгради за битови нужди не се изискват никакви документи. А новите хладилни агенти като R32 и други са взривоопасни в определени концентрации – клас на взривяемост A2 и A2L. Освен това, инсталацията за хладилен агент е с работно налягане от над седемстотин пъти по-голямо от това на газовата инсталация. Няма и нормативни изисквания, а и никой не следи, дали тази инсталация има пропуски. А хладилните агенти са едни от най-озоноразрушаващите вещества и с висок ПГЗ. Съществуващите електрическите инсталации не се изследват дали могат да поемат електрическата мощност на нови термопомпени агрегати. От друга страна, Електроразпределителните предприятия, без ясно обявени критерии, по свое усмотрение предоставят искани електрически мощности или ограничават до минимум предоставяните електрически мощностите за нови жилищни сгради, което затруднява проектирането и планирането на нови термопомпени системи. Подобна субективна причина на национално ниво пречи за по-машабно инсталиране на енергоефективни термопомпени и/или хибридни системи, което е сериозна пречка България да изпълни критериите за реализация на "Зелената сделка". Очевидна е необходимостта от нова осъвременена нормативна рамка, която да създаде реална възможност за надеждна, безопасна и ефективна работа на електроразпределителните мрежи, които да осигурят необходимите мощности до всеки български дом. Това ще даде на хората алтернатива и възможност да използват термопомпени и/или хибридни системи. Ако това не се промени, "Зелената сделка" ще остане само добра идея. Към настоящия момент в редица Европейски държави, например в Англия, Дания, Швеция, Германия [21], [22], [23], [25], инвеститорите / собствениците са задължени да инсталират термопомпени системи и слънчеви колектори. Това се отнася и за реновиране на стари сгради (къщи, апартаменти и др.).

Фотоволтаична инсталация:

Обикновено, а и нормативно е допустимо битови потребители да изграждат фотоволтаични мощности до 30 kW. Въпреки това, процедурата е доста тромава и продължителна и не винаги завършва с успех – въпреки че това е "зелена енергия" и хората не само, че не трябва да бъдат възпрепятствани, а държавата трябва да стимулира подобни инициативи.

Какви документи са необходими за да получите разрешение за строеж на фотоволтаична система с мощност до 30 kW: Процедурата е сравнително точна и ясна, с определени отклонения в зависимост от региона на съответното Електроразпределително предприятие /ЕРП/ и Община, което също е странно при еднакво за цялата държава приложимо законодателство по ЗУТ [94] и съответните подзаконовни нормативни актове:

Подава се искане по чл. 147, ал. 1 и ал. 2 на ЗУТ за изготвяне на скица с виза за проектиране на фотоволтаична централа в съответната община– получава се от главния архитект на Общината;

След това се подава искане за проучване за присъединяване на производител на електрическа енергия към електроразпределителната мрежа /ЕРМ/. Заедно с искането трябва да се представи нотариален акт за имота и копие от документ за самоличност. В срок от един месец ЕРП трябва да ви издаде становище относно присъединяването на системата към мрежата.

Инженер-конструктор изготвя становище;

Проектант по част ЕЛ изготвя проект с чертежи, схеми, изчисления и указания за изпълнението им. Проектът се заверява от съответното ЕРП.

Така събраните документи се внасят в Общината с искане за разрешение за строеж /РС/ на фотоволтаичната централа. Разрешение за строеж – Главен АРХИТЕКТ на Общината

След РС се сключва ДОГОВОР ЗА ПРИСЪЕДИНЯВАНЕ със съответното ЕРП на база на Разрешението за строеж и други документи, по преценка на ЕРП.

Изгражда се системата и се подписват съответните протоколи за изпълнени СМР. *(За строежите от шеста категория няма изискване за издаване на разрешение за ползване или удостоверение за ползване, издадено от ДНСК или общината) и се подава Заявление до ЕРП за извършен монтаж.*

Подписва се ДОГОВОР ЗА ИЗКУПУВАНЕ с ЕРП

След което системата влиза в експлоатация, като няма законово изискване за периодични прегледи и проверки. Изводът е, че процедурата е тромава и продължителна, което също е субективна пречка пред гражданите да използват ВЕИ.

4.3. Изводи към глава IV

На база на извършения анализ на технико-икономическите и нормативни фактори, възниква въпросът: Какво се случва, ако ползваме универсална хибридна система с газов котел и хидробокс в един корпус, захранени електрически от съществуващата електроразпределителна мрежа и свързани към фотоволтаичната (в един корпус със слънчеви колектори) система? (както е показано на схема¹²):

Газовата част подлежи на един режим, термопомпената на друг, а фотоволтаичната – на трети. Възникват въпроси какви специалисти с какви квалификации имат право да поддържат и сервизират системите и как се определят границите на отговорност? И как ползвателят да се ориентира в тази сложна обстановка. И как законодателят стимулира ползването на възобновяеми и екологични хибридни енергийни системи?

Очевидно е, че действащата към момента нормативна уредба в Р България е противоречива и непълна, което не само, че не подпомага бързото и лесно внедряване на хибридни енергийни системи с гориво природен газ в бита, но поражда и неразрешими към момента казуси относно експлоатацията, поддръжката и ремонта им.

Дейността Газоснабдяване е една от най-регулираните в световен и национален план. Има действащи нормативни изисквания към лицата, които поддържат, преустройват или ремонтират съоръжения с повишена степен на опасност, каквито са и газовите инсталации и уреди за природен газ [84], [104]. Това осигурява безопасно, надеждно и ефективно ползване на природния газ. Но, този ефект на сигурност се получава чрез непрекъснат контрол на газовите системи. Тази дейност е лицензионна или разрешителна и се изпълнява от юридически лица, които е необходимо да покрият и постоянно да изпълняват и да отговарят на определени нормативни изисквания. Когато съществува система, в която единият енергоизточник е природен газ, то тази система подава в обхвата на контрол на газовите системи и на тази система гарантирано се извършват всички нормативно регламентирани периодични проверки, така че да се осигури нейната надеждна, ефективна и безаварийна експлоатация.

Към момента действащата нормативна уредба в страната няма стриктни изисквания относно *дейността по т. нар. Хладилната част* (тръбопровода за хладилен агент) на хибридните системи да се осъществява от лица, които да отговарят на определени критерии за образование, техническа подготовка и оборудване. Това от своя страна води до нарушаване на разпоредбите, в случай на нужда от поддръжка или ремонт на хибридна енергийна система. В

САЩ е проведено проучване, което е показало, че над 90% от ползвателите на хладилно/термопомпено оборудване не са запознати с опасностите и изискванията за неговата експлоатация и поддръжка. Същото се отнася и за монтажния персонал. Стремешът за намаляване до нула на озоноразрушаващия потенциал и парниковия ефект, през последните десет години доведе до замяна на хладилните агенти тип HCFC (хидрохлорфлуоровъглерод) с такива тип HFC (хидрофлуоровъглерод), като посоката е към премахване и на флуора и да се използва само HC (хидровъглерод). Това са R32 (HFC) и R290 (HC). R32 е еднокомпонентен "фреон" на база на метан, а R290 е еднокомпонентен "фреон" на база на пропан. Това автоматично води до опасност при пропуски, поради високата им взривоопасност. По тази причина все още има ограничения по обем за използването на тези агенти в различни системи. Но е факт, че все още в България не се спазват стриктно европейските изисквания относно персонала, който извършва монтаж, пуск в експлоатация, поддръжка и ремонт на такива системи.

Дейността по Електрическата част е регламентирана [94], [121]. Има изисквания относно квалификацията на персонала. Но остава нерешен въпросът за безопасността, когато се поддържа или ремонтира електрическа част на хибридна система с гориво природен газ.

Налага се изводът, че с увеличаване на броя на използваните в битовия сектор хибридни енергийни системи с използване на природен газ, значително ще се подобри енергийната сигурност на страната, което е резултат от по-голямата енергийна ефективност на тези системи и възможностите им да работят едновременно с различни енергоносители, което от друга страна осигурява равномерно натоварване на електро и газо-разпределителните системи. За нормалното функциониране на тези системи изключително голяма роля има нормативната уредба, която регулира дейностите по проектирането, изграждането, въвеждането в експлоатация, използването, поддръжката и ремонтът им.

Решаването на така повдигнатите въпроси са важни за цялото общество и би трябвало да се решат под ръководството на компетентните държавни органи и с активното участие на професионалисти от отделните браншове, в т.ч. с участието на доказани учени и преподаватели от водещи висши технически университети.

ГЛАВА V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитието на енергийния отрасъл в наши дни е функция на развитието на автоматизация и иновации, определящи все по-значимо място на безопасността, екологичните и енергийно ефективни технологии.

За осигуряване на ефективност, надеждност и безопасност на енергийния сектор, част от който са и хибридните енергийни системи, безусловна роля ще има и симбиозата на ВЕИ и природен газ и по-точно, посоката на тяхното взаимодействие.

Разгледаните модели и технологии в дисертационния труд усъвършенстват и увеличават факторите, които правят този процес важен за потребителите и газовите компании.

С промяна на подхода и разбирането за извършване на оптимизационни задачи при избор и внедряване на хибридни енергийни системи с използване на природен газ ще се промени и философията за експлоатация на газо-отоплителната техника.

С въвеждането на изброените в тази разработка методики, технологии и съоръжения ще се променят напълно остарелите методи, начини и наредби за извършване на енергийна безопасност.

Модернизирането на цялостната система от изисквания, норми и правила за регламентиране на тази дейност е проблем, за чието решаване обосновано и аргументирано в материала са предложени иновативни решения.

Формулирана е взаимовръзката между безопасност и нормативни изисквания на базата на изследвани значими критерии. Определена е ролята на оперативните процеси при газови съоръжения върху надеждността и сигурността на доставките на природен газ и ползата от използване на ВЕИ.

Освен това е дефинирано предложение за модел на „оптимизационна задача“ на базата на нова методика за измерване и определяне на критерии за ефективност на енергоснабдяването с валидиран математически апарат за това.

Автоматизацията е критично значима за безопасната експлоатация и темата ще е актуална и перспективна и за бъдещи процеси на доставка на природен газ.

Компаниите, снабдяващи с природен газ и инсталаторските фирми, вече проявяват интерес към представените в темата проблеми.

Хибридните енергийни системи с гориво природен газ към настоящия момент са най-екологичните и енергоефективни съоръжения, които може да се ползват от населението, особено в условия на енергоресурсна криза. Същевременно, тези системи са висикотехнологични и респективно скъпи. Което не означава, че трябва да се откажем да използваме ефективни, екологични и възобновяеми енергийни източници на енергия.

В дисертационния труд е извършено изследване на теоретичните постановки и виждания за дейностите по отопление и климатизация в исторически и съдържателен ракурс.

Целта на направеното проучване, анализите и създадените на тази база функционални технологични схеми на хибридни енергийни системи и свързаните с тях изчислителни алгоритми за сравнителна съпоставка и оценка на ефективността и срокът на откупуването им е да стимулира населението да използва технологии, базирани на ефективни, екологични и възобновяеми енергийни източници на енергия трябва да е национална политика, което е предпоставка и за успешна реализация на ЗЕЛЕНАТА СДЕЛКА.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ:

- Формулиран е качествено нов подход за извършването на симбиоза между газови апарати и уреди, използващи енергия от възобновяеми източници.
- Оценено е влиянието на хибридните системи с природен газ върху енергийната сигурност и надеждност на енергийния сектор в Р България.
- Разработена е оптимизационна задача за минимизация на енергийни ресурсите, която може да се прилага при всички случаи на избор, настройване и експлоатация на отоплителни системи;
- Адаптиран е икономическият подход “РАЗХОДИ-ПОЛЗИ” за съпоставка и оценка на алтернативни технически решения чрез динамичният метод на “Нетната настояща стойност”, “Вътрешна норма на възвръщаемост” и “Срок на откупуване” към специфичните особености на инвестиционни проекти, свързани с използването в битовия сектор на хибридни енергийни системи с природен газ.

ПРИЛОЖНИ:

- Изготвени са специфични мотивирано обосновани технологични схеми на хибридни енергийни системи с алтернативен енергоизточник природен газ, като всяка конфигурация е придружена с инструкция и начин на управление.
- Изготвен е алгоритъм за управление на хибридна енергийна система, която обхваща базовите инкорпорирани енергоефективни и въглеродно неутрални подсистеми. Самият алгоритъм е изготвен на база на теорията за управление на технологични процеси и теорията и символите за изграждане на блокови алгоритмични схеми.
- Формулирани са посоките за изменение на нормативната база, с чувствително влияние върху надеждността и енергийната ефективност на системите;
- На базата на разработените технологични схеми и адаптираният икономически анализ “РАЗХОДИ-ПОЛЗИ” са създадени електронни изчислителни продукти (на база на

програмен продукт Ексел) за определяне на оптималните параметрите за избор на отоплителни системи / агрегати;

- Изготвен е SWOT анализ на три основно използвани системи за отопление и производство на БГВ, въз основа на които производителите могат да надграждат и усъвършенстват съществуващите такива, а гражданите да могат да направят информиран избор относно своите нужди.

Посочените основни приноси могат да бъдат определени като опит за допълване и доразвиване на теорията и практиката за отоплението и производство на БГВ в битовия сектор на база на внедряването на хибридни системи с използването на природен газ чрез измерване и оценка на модели и влиянието на енергийните показатели.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Караджов, М. Проблеми, възможности и решения пред газоснабдяването на домакинствата в България. Списание "Минно дело и геология", бр. 2, 2021 г., София, ISSN 0861 – 5713 (Print), ISSN 2603 – 4549 (Online), стр. 33-36.
2. Караджов, М. Проблеми, възможности и решения пред газоснабдяването на домакинствата в България чрез внедряване на хибридни системи. Списание "Минно дело и геология", бр. 5-6 , 2022 г., София, ISSN 0861 – 5713 (Print), ISSN 2603 – 4549 (Online), стр. 60-63.
3. Караджов, М. Проектиране, изграждане, поддръжка и сервиз на битови хибридни системи с използване на природен газ. Списание "Минно дело и геология", бр. 9 , 2022 г., София, ISSN 0861 – 5713 (Print), ISSN 2603 – 4549 (Online), стр. 42-46.

SUMMARY

The topic of this dissertation is: HYBRID ENERGY SYSTEMS USING NATURAL GAS. It is prepared by M.Sc. Ing. Mario Karadjov - PhD student of independent training at the Department of Drilling, Extraction and Transport of Oil and Gas at the Faculty of Geology and Assistant Lecturer at the same Department.

The dissertation is in a volume of 147 pages, including an introduction, 5 chapters for solving the formulated problems, conclusions and results obtained, formulated in scientific and applied contributions, used literature, norms, regulations, standards and a list of publications on the The literature used to develop the doctorate contains 173 literary sources - 51 in Latin and 122 in Cyrillic. The work includes a list of symbols and dimensions used, a list of abbreviations used, 21 tables, 30 figures and 13 schemes. The numbers of the tables, figures and schemes in the autoref correspond to those in the dissertation.

The aim of this dissertation is based on existing conventional heat generators to analyze the methods, benefits and negatives for their integration into hybrid energy systems using natural gas to achieve a synergistic effect that ensures their high energy efficiency and low carbon footprint.

To achieve the set goal, the following tasks have been solved:

1. Modern trends and directions in heating, cooling and DHW production of households are analyzed. The advantages and disadvantages of conventional gas heating and DHW production systems in the domestic sector relative to other widely used alternative systems have been identified.
2. The opportunities for convergence of RES and natural gas in systems for energy-efficient solutions through the construction of hybrid systems are explored.
3. An algorithm for an automated system for effective control of hybrid systems for heating and DHW production of premises and buildings of the domestic sector has been developed.
4. Economic efficiency has been determined for the selection and use of hybrid energy systems for heating and DHW production in the domestic sector and have been created. On the basis of the developed technological schemes and the adapted economic analysis "COST-BENEFITS", electronic computing products have been created (based on the Excel software product) to determine the optimal parameters for the selection of heating systems / units;
5. The impact of hybrid systems on the energy security and reliability of the energy sector is determined.

As a result of the studies and analyses, functional technological schemes of hybrid energy systems using natural gas were created. Computational algorithms have been prepared for comparative comparison and evaluation of the efficiency and payback period of the structure-determining components of hybrid energy systems.

In order to ensure the efficiency, reliability and safety of the energy sector, of which hybrid energy systems are a part, the symbiosis of RES and natural gas has an unconditional role and, more precisely, the direction of their interaction.

The need to use hybrid energy systems using natural gas as a major factor for the implementation of the GREEN DEAL in the household sector has been established.

The relationship between reliability, safety and efficiency and existing regulatory requirements and criteria is formulated.

PRACTICAL APPLICABILITY

The developed Hybrid energy systems with natural gas fuel are currently the most environmentally friendly and energy-efficient facilities that can be used by the population, especially in times of energy crisis. At the same time, these systems are highly technological and provide a high degree of automation. They are suitable for both renovation of existing and new heating systems in the domestic sector.