



ВАРНЕНСКИ СВОБОДЕН УНИВЕРСИТЕТ

**Черноризец Храбър**

**Надие Шюкрю Адем**

**Безопасни условия на труд в соларното  
енергийно строителство**

АВТОРЕФЕРАТ

На дисертация за присъждане на образователна и научна степен

“ДОКТОР“

Научна специалност :

02.19.01“Техника на безопасността на труда и противопожарна техника“

Научен ръководител: доц.д-р инж.М. Кичекова

Научен консултант: проф.д.н.инж.Д.Димитров

Рецензенти :

Варна-2021

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от катедра „Строителство на сгради и съоръжения“ при Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ на заседание на катедрен съвет, проведено на 26.05.2021 г.

Дисертантът е докторант на самостоятелна подготовка.

Дисертационният труд е структуриран в увод, 4 глави с общ обем 152 страници. В основния текст се съдържат 11 таблици и 66 фигури. Списъкът с използваната литература наброява 99 източника на английски, турски, български и интернет източници.

Защитата на дисертационният труд пред Научно жури ще се състои на 25.08.2021 г. от 11:00 часа, в залата на Ректората на ВСУ „Черноризец Храбър“ на заседание на Научно жури.

Материалите по защитата се намират в канцеларията на катедра „Строителство на сгради и съоръжения“, стая А226 и са на разположение на интересуващите се.

Автор: НАДИЕ ШЮКРЮ АДЕМ

Заглавие: Безопасни условия на труд в соларното енергийно строителств

## **I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА**

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Безопасните условия на труд при соларното енергийно строителство, каквото е строителството на соларните колектори, интегрирани в различни комплекси, в съответствие със своята същност, поддържат висока степен на физическо, умствено и социално благосъстояние; осъществяват превенция и защита от рискови фактори и ситуации. Тази същност на безопасността изисква решаване на широк кръг от въпроси, обхващащи все по-завладяващо принципите на устойчивост, конкурентност и ефективност, при това в един стратегически сектор, какъвто е енергетиката. В нея неоспоримо приоритетно място заема вече възобновяемата енергия, каквато е и соларната.

Р. Турция успешно развива политика за използване на възобновяема енергия, политика за безопасност, сигурност и екологосъобразност с основна цел: повишаване на икономическата ефективност. За постигане на тази цел основните изпълнявани приоритети са насочени към намаляване на негативното влияние на различните видове енергийни източници върху околната среда при осигурено високо ниво на безопасност и сигурност.

Енергийната политика на ЕС насърчава развитието на нови и възобновяеми форми на енергия с цел подобрене на климата. Първите стъпки определиха 20 % дял на ВЕИ в потреблението на енергия в ЕС до 2020 г.

### **2. АКТУАЛНОСТ И ЗНАЧИМОСТ НА ТЕМАТА НА ИЗСЛЕДВАНЕ**

Актуалността на темата се определя от фактите, че тя се отнася до :

- съвременната стратегическа цел за използване на естествените енергийни ресурси;
- важната стратегия на Европейския съюз, изразена с бъдещите стъпки в „Енергийна пътна карта за периода до 2050 г" в пакета „Чиста енергия", която определя най-малко 27% дял на енергията от ВЕИ в общото потребление на енергия до 2030 г.

Значимостта на темата се определя от фактите, че резултатите от нея: - повишават конкурентоспособността на икономиката; развитието на устойчив енергиен сектор; съхраняването на околната среда и намаляването на емисиите на парникови газове; - постигат и поддържат висока степен на безопасност и сигурност: висока надеждност на експлоатация, съществено намаляване броя и щетите от произшествия.

Значимостта на изследването се определя и от възможността за оползотворяване на неравномерното въздействие на слънчевата радиация и повишаване ефективността на преобразуване на слънчевата енергия. Това създава неоспорими предизвикателства за нови конструкции и технологии и за соларните колектори, чиято повишена безопасност е сериозна предпоставка за разширяване и повишаване ефективността от тяхното приложение.

### **3. ОБЕКТ И ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО**

Обект на изследване са соларни колектори за гореща вода с различно предназначение, които са монтирани върху покривни конструкции и са с акумулиращи водосъдържатели, интегрирани с допълнителни източници за нагряване.

Предмет на изследване са средствата, начините и мерките за постигане повишена безопасност на соларни колектори за гореща вода, осигурявани в етапите на проектиране, монтаж, въвеждане в експлоатация и експлоатация.

#### **4. ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОБЛЕМ**

Изследователският проблем е в областта на новите прогресивни методи и средства, свързани с повишаване безопасността на соларните колектори, в техния топлообмен, преобразуване на слънчевата енергия в енергия за нагряване на вода, ограничаване на топлинните загуби, действието на външните механични сили, равномерността, разпределение на налягането в хидравличния контур.

В дисертацията се решава изследователски проблем, свързан с преодоляване на несъответствието между изискваното по Нормативи и Директиви и действителното състояние, между поставените изисквания и съществуващото изпълнение, зависещо съществено и от безопасните условия на работа на соларните колектори.

#### **5. АВТОРСКА ТЕЗА**

Авторската теза е в предложения подход и хипотези:

**А) Хипотеза за осигуряване повишена безопасност в етапите на проектиране:**

- Оразмеряване на слънчевата колекторна система: соларен панел, изолация, диференциален регулатор на температура.

- Оразмеряване на слънчевата система за подгряване на вода: опорна конструкция, акумулираща система, хидравличен кръг, система за управление.

**Б) Хипотеза за постигане на повишена безопасност чрез контрол на подготовката**

-избор на оборудване за достъп и създаване на работна площадка.

**В) Хипотеза за постигане на повишена безопасност в етапите на монтаж, въвеждане в експлоатация и експлоатация.**

**Г) Хипотеза за постигане на повишена безопасност при пуск и в експлоатация на соларни**

колектори: -пълнене на съоръжението; -изпитване под налягане;

- обслужване на колектора.

**Д) Хипотеза за технология на мониторинг за превенция на опасностите в соларни**

колектори - разработване на протокол за мониторинг.

**Е) Хипотеза за осигуряване на повишена безопасност чрез прогнозиране на възможни повреди в соларен колектор- симптоми за повреди:**

-случаи на неизправности;

-идентифициране на рисковете.

#### **6. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА**

**Цел:**С прилагане на технически, технологични и организационни мерки и непрекъсната и безкомпромисна превенция на опасностите, решително да се повиши безопасността на труда в соларното енергийно строителство.

Очакваните ползи от разработваната дисертация са:

\*Намаляване броя и щетите от произшествия. \*Намаляване на негативното влияние на енергийните разходи върху околната среда и климата.

**За постигане на поставената цел е необходимо да бъдат реализирани следните задачи:**

1. Определяне на основните фактори при оразмеряване на соларните колектори, влияещи на повишаване безопасната от механично въздействие и засенчване, необходимите контролни проверки и измервания при подготовка за монтаж и работа на голяма височина за достъп до соларните колектори.
2. Определяне на основните аспекти за повишаване безопасността при монтиране на слънчевите колектори, обхващащи: задължителни изисквания при монтаж; технически мероприятия за поддръжка; задължителни и препоръчителни проверки; определяне на рисковите фактори при работа с колекторите на голяма височина.
3. На базата на задълбочен и аргументиран анализ да се представят в условията на повишаване на безопасността специфичните изисквания към слънчевото загряване на вода в съчетание с бойлери за гореща вода с комбиниран бойлер, с помощта на директен контур и с компоненти на вторичен контур.
4. За постигане на повишена безопасност да се определят контролни възли при осигуряване акумулиране на топлинната енергия в интегрирани соларни колектори с други топлинни източници, които са подложени на непрекъснат режим.

## **7. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО**

Методологията на изследването обхваща:

**А) Метод на анализ.** С метод на анализ се решават задачите:

- **Анализиране на външните фактори**, засенчващи соларно-колекторния панел и предизвикващи загуби от слънчева радиация. Тяхната превенция е изведена като акцент за конструкцията и положението на соларните колектори.
- **Анализ на външните механични въздействия**, от които за съществено е определено ветровото натоварване. Анализирана е притискащата нормална сила към повърхността и силата на триене на обвивката.
- **Анализ въздействието от снежно покритие.** Той е за: механично натоварване; и намаляване на слънчевата радиация.
- **Анализ на разпределението на хидравличното налягането във височина.** То е основа за съгласуване на налягането в соларната система по височина. Неподходящата настройка на налягането води до рискови фактори: -частично кипене на соларната течност и образуване на пара по време на работата, създават се мехури въздух, които намаляват потока на течността.

**Б) Метод на моделиране.** С метод на моделиране са решени задачите:

- **Моделиране на тръбна и електрическа инсталация за соларен колектор** при проектиране, подготовка, монтаж и експлоатация.
- **Модел на хидравличния контур за тестване при пуск в експлоатация.** Извършват се: \*изплакване и пълнене при определен състав на течността и продължителност на режимите; \*тестване под налягане и обезвъздушаване;
- **Модел на технология на мониторинг за превенция на опасностите в соларни колектори.** Върху основа съпоставяне на реалното и очакваното изпълнение се

анализират работоспособността на соларните колектори, установяват се и събитията, които влошават безопасността.

- **Модел на соларен комплекс** за пренасяне на топлина от соларни панели и термopомпи към топлообменници на бойлер за БГВ и за отоплителната система, с участие на измерителни датчици и температурни защитни апарати.

**В) Разработване на методики.** Разработени са методични основи за:

- **Главни насоки при оразмеряване на слънчева колекторна система.** Те

обхващат: - Размери и положение на колектора; - Загуби на топлина в тръбите;

- Въздушни възглавници; - Изолации; - Диференциален температурен регулатор.

- **Методични основи за провеждане на контрол** за: -оразмеряване на слънчева система за подгриване на вода с оглед осигуряване на безопасност; -избор на място за монтаж;

- проверка на модула.

- **Методични указания за закрепване на соларен панел върху покрив.**

- **Методични указания за препоръчително и необходимо обслужване на соларна колекторна система.**

## **8. ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРОБЛЕМНИЯ ОБХВАТ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

● Ограниченията на проблемите в общ план обхващат:

- климатичната зона, в която е разположена сградата, върху чиито покрив се изгражда соларният колектор: температура, влажност, интензивност и продължителност на слънцегрееене;

- географска зона: зенит, часово време за слънцегрееене;

● Ограничения в определяне работното място за монтаж, експлоатация и контролни проверки, налагащи се от неудобството и опасностите за достъп.

● Ограничения във височината, на която е разположен соларният колектор, наложени от необходимостта за инсталиране и топлоизолиране на водопроводни тръби, водосъдържател, циркулационна помпа и др.

## **II. ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационният труд е структуриран в увод, 4 глави с общ обем 152 страници. В основния текст се съдържат 11 таблици и 66 фигури.Списъкът с използваната литература наброява 99 източника на английски, турски, български и интернет източници.

## Увод

Безопасните условия на труд при работа със соларни колектори изискват да се разкрият условията за:

- поддържане най-висока степен на физическо, умствено и социално благосъстояние на работещите;
- превенция по отношение на работещите към нарушаване на безопасността;
- защита на работещите от рискове, произтичащи от вредни фактори на безопасността, полагането и поддържането на работни условия, пригодени за безопасни възможности, и като цяло: адаптация на работата към човека и на човек към неговата работа.

Тази същност на безопасността изисква решаване на широк кръг въпроси от правно-нормативен, технически, икономически и организационен характер. В условията на нашето съвремие, а и безспорно в перспектива, тези въпроси обхващат все по-завладяващо принципите на устойчиво развитие, глобализация, конкурентност, ефективност и др., при това в един стратегически сектор, какъвто е енергетиката. В нея, между източниците и технологиите за енергии, неоспоримо приоритетно място заема възобновяемата енергия, каквата е и соларната.

Енергийната политика на ЕС насърчава развитието на нови и възобновяеми форми на енергия с цел изменението на климата в новата структура на пазара. Първите стъпки определиха задължителна цел за 20 % дял на ВЕИ в потреблението на енергия в ЕС до 2020 г. Бъдещите стъпки, описани в нейната „Енергийна пътна карта за периода до 2050 г“ и публикувани в пакета „Чиста енергия за всички европейци“ в рамките на по-широката стратегия за ЕС, определят изпълнение на целта за най-малко 27% дял на енергията от възобновяеми източници в общото потребление на енергия в ЕС до 2030 г. Предложението на Комисията за нова директива насърчава използването на енергия от ВЕИ и има за цел действия в шест различни области, две от които са: \*по-нататъшно внедряване на ВЕИ в сектора на ел.енергията; \*увеличаване на дела на ВЕИ в сектора на отоплението и охлаждането.

Слънцето е основен източник на по-голямата част от предоставяната възобновяема енергия. Но тази енергия не се получава равномерно през цялата година. Около 70% от годишната радиация се получава през периода от април до септември, а 25% - през месеците юни и юли.

Една от соларните технологии е загряването на вода-соларни инсталации - и интегрирането им към отоплителната инсталация. Загряването на вода е необходимо за отопление на помещения, гореща вода за битови нужди, за нуждите на селското стопанство и индустрията, и за затопляне на басейни.

Интерес от гледна точка на икономическата ефективност при използване на слънчевите термични инсталации предизвиква периодът късна пролет – лято - ранна есен, когато основните фактори, определящи сумарната слънчева радиация са най-благоприятни. Основният поток на сумарната слънчева радиация е в часовете около пладне, като повече от 70% от притока на слънчева енергия е в интервала от 9 до 15 ч. За този период може да се приеме осреднено слънчевото греене около 1080 h, среден ресурс на радиация-1230 kWh/m<sup>2</sup> и КПД на неселективни слънчеви панели ~66% . Може да се твърди, че при селективен тип колектор специфичното преобразуване на слънчевата енергия за 1 година е 583 kWh/m<sup>2</sup>, а за неселективен тип- 364 kWh/m<sup>2</sup>. Следователно ефективността на преобразуване на слънчевата енергия от селективната инсталация е 38%

по-голяма от тази на неселективната. Представената неравномерност на въздействие от слънчевата радиация и различната възможност за оползотворяването ѝ създават неоспорими предизвикателства за нови конструкции и технологии и за соларните колектори, чиято безопасност, представляваща предпоставка за приложението им, е обект на внимание в настоящата дисертация.

## **ГЛАВА ПЪРВА**

### **БЕЗОПАСНИ УСЛОВИЯ НА ТРУД ПРИ РАБОТА СЪС СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ – СЪСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМИ.**

**Задачата, която се решава е:** анализ на литературния обзор за състоянието и проблемите на безопасността при соларно енергийното строителство за разширяване на възможностите за използване на слънчевата енергия .

#### **1.1. Законови изисквания при изграждане на соларни колектори**

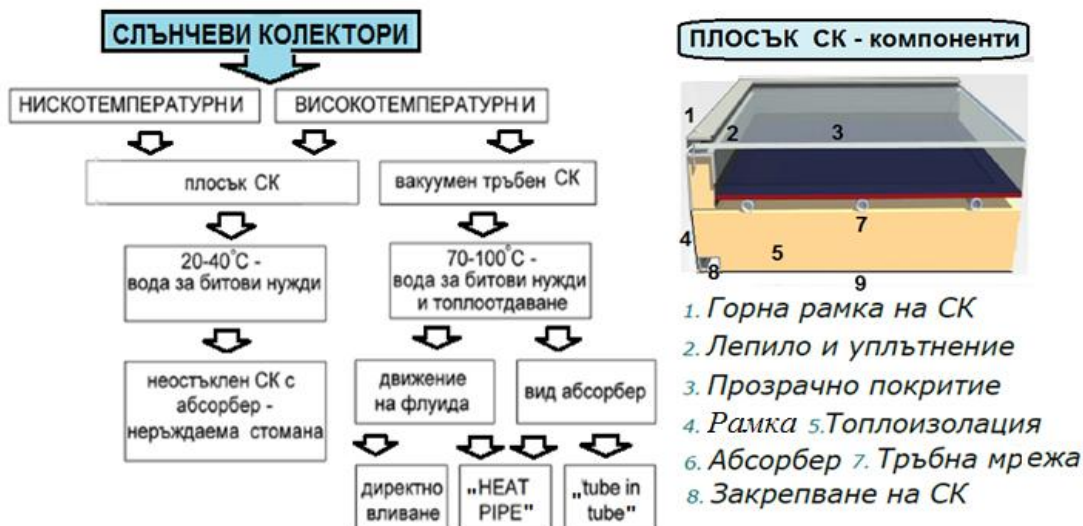
Соларните инсталации конструктивно и технологично се адаптират към сградите и техните съоръжения [10,14,15]. За постигане на безопасност при строителството и експлоатацията им е необходимо спазване изискванията на нормативните документи за строително изграждане и водоснабдяване[1,2,3,26]. Съществуват общи правилници за проектиране и строителство [6, 32, 36, 40] в Р.Турция. Слънчевите колекторни системи трябва да отговарят на тези правила, имайки връзка със строителството: натоварване на покривите, изолация и др.

#### **1.2. Изграждане на колектори в соларна система за топла вода**

В соларната система особено съществена е ролята на колектора, а значението му за безопасността е безусловно. Ето защо неговите параметри и характеристики са основен обект на внимание.

Соларният колектор може да бъде нискотемпературен и високотемпературен [96,98], а изпълнението - плосък (плосък панел) и тръбен(вакуумно-тръбен)-фиг 1.1.

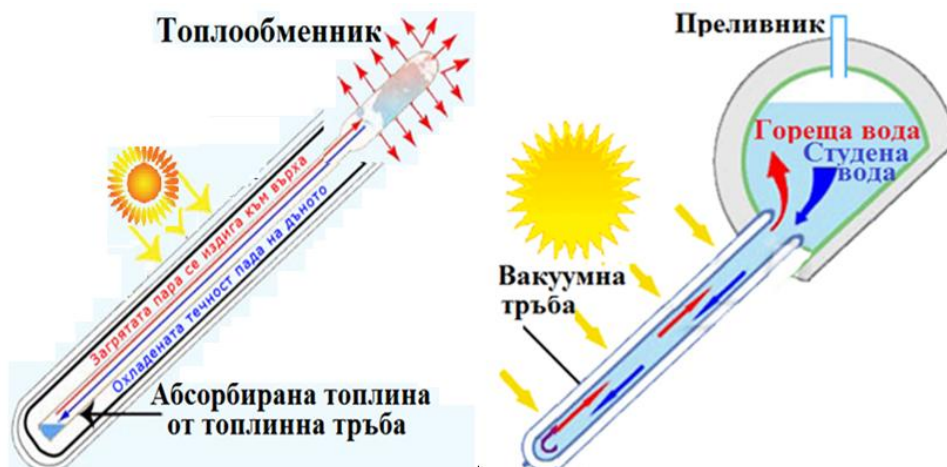




Фиг.1.1 Видове слънчеви колектори

### 1.2.1. Технически параметри на соларна система с вакуумни колектори [94]

Освоините възли на вакуумния колектор са представени на фиг.1.2 [108].



Фиг.1.2 Основни възли на вакуумен колектор

Вакуум-тръбните соларни колектори са с 30% по-висока ефективност спрямо плоските; достигат висока ефективност при ниски нива на слънчевата радиация и са подходящи за високо температурни приложения.

Развиваните топлинни процеси [98,108], формиращи условия за безопасност, са:

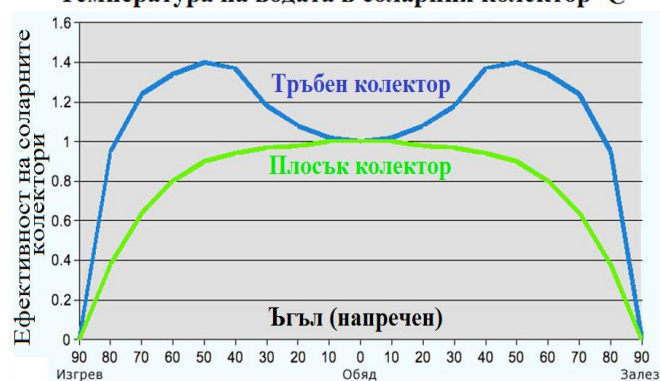
- Абсорбция;
- Топлопредаване;
- Топлинно съхранение.

### 1.2.2 Енергоефективни показатели на соларната система.

Те се отнасят до:

- Въздействие на параметрите, определящи КПД на колектора.
- Енергийни характеристики на слънчевия колектор: -характеристики на КПД; - соларен дял; - наклон, ориентация, засенчване на колекторната площ [86,100].

Сравнение между характеристиките на плоския и вакуум-тръбния колектор е представено на фиг.1.4 и фиг.1.6.



Фиг.1.4 Големина на КПД при различни видове колектори наклони

фиг.1.6 Ефективност на тръбен и плосък колектор при различни наклони

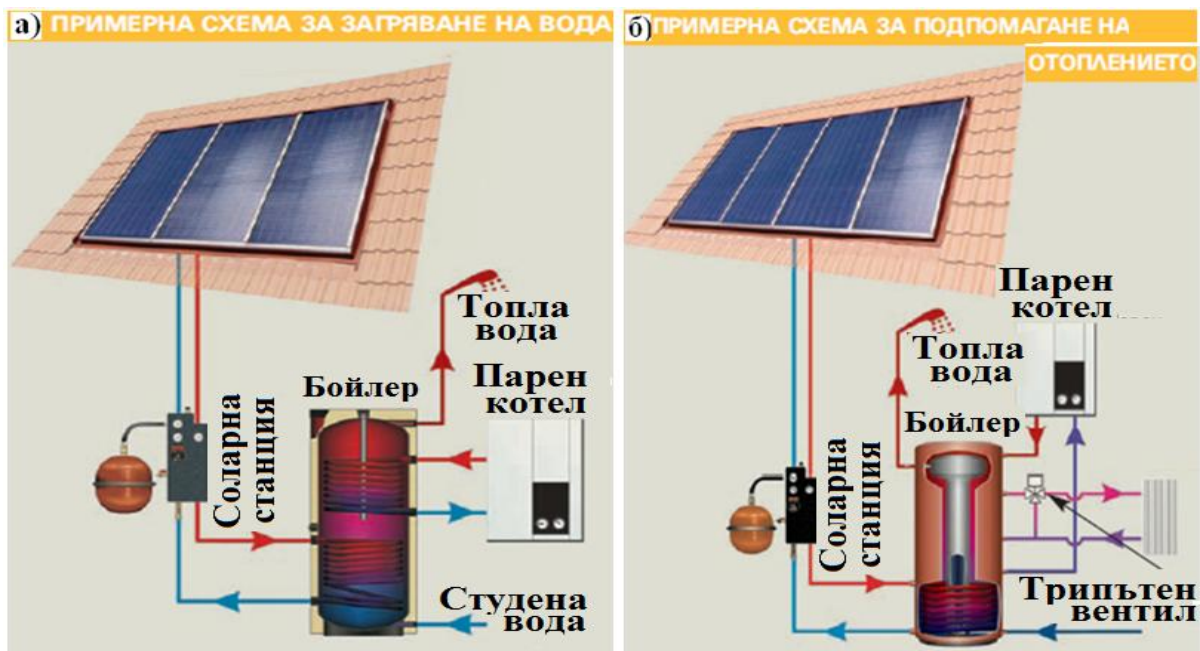
В последния случай [108] двете системи се равняват по средата на деня, но през сутринта или следобед слънчевите панели с вакуумни тръби имат ъгли на наклона с по-голяма ефективност.

#### 1.2.4 Соларно подгряване на битова вода

Соларните инсталации за подгряване на битова вода се оразмеряват така, че през лятото се достига соларно покриване на потребностите от 100 %. През зимата делът на соларно покриване на нуждите от топла вода намалява. Общо за цялата година около 70 % от потребностите се покриват от слънцето.

Водата трябва да е с температура в порядъка на 45°C, за да се използва за битови нужди. През зимата температурата на водата трябва да се повиши с (30-35)°C, докато през лятото - с (15 -20)°C.

Безопасността на соларните колектори е непосредствено свързана с рецир-кулацията на битовата топла вода[90].Нейният контур се определя от мястото на монтаж на резервоара за топла вода-фиг.1.13а,б. То може да бъде:



Фиг.1.13. Видове комбинирани соларни системи.

Контурът на свързване на соларните колектори може да бъде:

- колекторът и резервоарът за топла вода са на покрива-топлата вода се получава директно от резервоара.
- колекторът е монтиран на покрива, а резервоарът за топла вода е на по-ниско ниво. Нужна е помпа за пренос на енергия от колектора към резервоара, а диференциален термостат контролира функционирането на помпата.
- резервоарът се инсталира в мазето,за да се използват тройни енергийни резервоари, които могат да бъдат свързани със: - слънчеви колектори; - системата за отопление (допълнителен нагревател); - ел. ток (допълнителен нагревател). С тези тройни енергийни резервоари е възможно използването на друга помпа, която изпраща топла вода към точките на потребление.

### 1.3.Комбинирана соларна система за осигуряване на топла вода и подпомагане на отоплението

С подходящ бойлер и специално управление соларната топлина се използва за предварително подгръване на подаването към отоплителната инсталация. За целта в бойлера има два водосъдържателя един в друг: вътрешният служи за подгрятата битова вода, външният за подпомагане на отоплението-фиг.1.13б.

### 1.4. Комбиниране на соларна система за отопление и топла вода с термпомпа.

Термосоларните и термпомпените системи могат да работят независимо една от друга или соларната система да подгръва температурния източник на термо помпата. Има

варианти с един комбиниран или с два резервоара, с един или отделни контролери и с различни начини на допълване на системите.

**Модификации при комбиниране на соларна система за отопление и топла вода с термopомпа.** Те могат да бъдат:

- Соларната топлина подпомага земно свързаната термopомпа.
- Термopомпата допълва отоплението.
- Комбинации от термосоларна и въздушна термopомпена система.
- Модулна система съчетава слънчеви колектори с термopомпа и част за кондензация на газ.

### **1.5. Безопасност при работа на високо.**

В съответствие с изискванията за безопасност е необходимо [5,23,24,33]:

1. Да се оцени риска, което помага да се работи безопасно.
2. Да се спазва йерархията за безопасна работа на високо (т.е.избягване, пред- отвратяване и намаляване на последиците).
3. Да се планира и организира работата правилно,като се отчитат метеорологичните условия и възможността за аварийна ситуация [11,41].
4. Да се провери компетентността [37,39,42] на работещите при опасни условия.
5. Да се използва подходящо работно оборудване.
6. Да се управляват рисковете от работа върху или около чупливи повърхности и от падащи предмети.
7. Да се проверява и поддържа работното оборудване,което трябва да се използва и да се проверява мястото, където трябва да се изпълнят работите (включително пътищата за достъп и изтегляне) [19,20,21,22].

В подготовката за монтиране слънчевата водонагревателна инсталация трябва да се направи оценка на риска при работата на високо и да се планира работата, като вземат предвид условията, опита и компетентността на изпълнителите.

### **1.6. Мониторинг на соларна колекторна система-контрол на безопасността**

Мониторингът на соларната колекторна система, при съпоставяне на реалното и очакваното изпълнение, измервайки подаваната от слънцето енергия, контролира, непрекъснато оценява и управлява [9, 25,27,31,43] безопасността.

Мониторинг успешно се прилага при слънчева система за гореща вода, състояща се от следните елементи [67, 69, 82, 83, 89]:

- слънчеви колектори, топлообменник и вторична верига;
- система за съхранение на слънчевата топла вода с един или няколко резервоара;
- система за резервно подгриване, свързана към резервоара за слънчевата вода;
- система за регулиране, която управлява работата на помпите.

Измерванията се характеризират с висока точност при определяне на:  
\*основните параметри; \*точките на измерване;\*интервалът от време между измервания,изчисления и съхранение на данните.

### **1.6.1 Измервания, изчисления и съхранение на данни от локална станция**

### **1.6.2. Централна станция за регистриране на данни**

Централната станция извършва автоматична обработка:

- автоматично получаване на дневни данни; - изчисления на дневните резултати, средно за седмицата; - пресмятане на теоретичното изпълнение на база измерената консумация; - сравняване на измерените с теоретичните резултати.

Изпълняваната диагностика е както следва: ако измереното слънчево производство е значително по-ниско от теоретичното, извършва се допълнителен процес, автоматично или ръчно:

- анализ на различните параметри;
- определяне на параметрите на заключението от диагностиката;
- при необходимост извличане на 10-минутни данни за състоянието в продължение на най-малко 2 дни;
- изчертаване и анализ на работна графика;
- формулиране на заключение от диагностиката.

### **1.7. Идентифициране на рисковете в соларна система. Оценка на риска.**

Рискът в соларната система е потенциалната опасност за негативни резултати при получаване на топла вода в нея, независимо че има достатъчно слънцелъчене.

Идентифицирането на рискове в соларната система е процес, при който се определят възможните източници на рискове в съоръженията в нея: колектор, хидравлична система, ел. инсталация, защитна система, регулираща и управляваща апаратура и др., при което възможните рискове се анализират.

**Описание на мерките, които се вземат.** Предприемат се мерки за отстраняване или ограничаване на риска, за което се прилагат мерки, намиращи се най-високо в йерархията на превенцията.

Тя обхваща:

1. Избягване на рисковете.
2. Заместване на опасните ситуации с по-малко опасни или безопасни.
3. Борба с риска при източника на възникването му.
4. Използване на средства за колективна защита.
5. Използване на средства за индивидуална защита.

**Изводи.** Анализирани са и е направен литературен обзор за:

1. Законови изисквания при изграждане на соларни колектори.
2. Изграждане на колектори в соларна система за топла вода с определени технически параметри и енергоефективни показатели.
3. Комбинирана соларна система за топла вода и подпомагане на отоплението.
4. Комбиниране на соларна система за отопление и топла вода с термопомпа.

5. Безопасност при работа на високо, отнасяща се до място за монтаж и монтиране върху различни покриви
6. Мониторинг на соларна колекторна система-постигане на безопасност.
7. Идентифициране на рисковете. Оценка на риска.

**На базата на изложеното в настоящия обзор, могат да се направят следните изводи:**

1. Липсва системен подход при разкриване и анализ на факторите, влияещи върху безопасността на соларните колектори при проектиране, монтаж и експлоатация.
2. Отсъстват последователността от дейности и въздействия върху тях, определящи безопасната работа на колекторите при монтаж върху покриви и фасади, инсталации на съоръжения за загряване на вода, монтаж на ел. съоръжения и контролни проверки на соларните колектори .
3. Липсват и изследвания за силите от външните механични въздействия, представляващи рискови фактори за безопасност, каквито са: - ветрово натоварване с параметри скоростен напор, изменение на налягането по височина, пулсационна компонента на вятъра; - натоварване от теглото на снежната покривка.
4. Липсват дефинирани действия за контролни проверки и измервания при подготовка за осигуряване на безопасна работа, обхващащи място за монтаж, проверка на модула преди повдигане и контрол на работната площадка.
5. Отсъстват пълни и всеобхватни изисквания за монтаж на соларните колектори върху различните видове покриви с участие на скрепителни детайли с оглед постигане на безопасна работа.
6. За въвеждане в експлоатация на соларния колектор, за постигане на безопасност, отсъства изпълнението на контрол за специфични дейности, каквито са свързването на соларния колектор към хидравличната система и ел. мрежа; проверка, настройка и регулиране на работните параметри на соларния контролер и на основните защитни компоненти.
7. Липсват типизирани действия за обслужване на соларните колектори, обхващащи монтаж, пуск в експлоатация, функциониране на системите за управление и инструктиране потребителя на съоръжението.
8. Отсъства алгоритмизирано търсене на повреди за типични сценарии при експлоатация на соларните колектори за: -забавено включване на помпата; -голяма температурна разлика между колектора и бойлера; - прегряване на помпата при отсъствие на топлинен транспорт от колектора към бойлера и др.
9. Отсъстват задължителни изисквания при свързване на слънчева водонагревателна инсталация към невентилируем воден акумулатор чрез осигуряване: •автоматичен термостатен регулатор, спиране подаването на енергия от слънчевата водонагревателна система към водния резервоар, разсейването на топлината за задържане на температурата на горещата вода в резервоара под 100°C.
10. Липсва анализ на безопасността и мерки за постигането ѝ чрез съоръжения за отвеждане на топлината при спряна циркулация в първичния контур на соларен колектор и при възможност за постъпване на топлина в него.
11. Отсъства общ модел на соларен комплекс, постигащ изискваната безопасност чрез: •монтаж и окабеляване, •система за електрическо регулиране и управление - активиране или деактивиране на функции, ограничение на макс. температура, защита от

замръзване, ограничение на мин. температура, ● стартиране на соларния комплекс, ● инструкции за експлоатация.

12. За мониторинг на система със соларни колектори отсъства модел на минимален брой необходими точки за контрол на безопасността, както и протокол с параметри за оценка на изпълнение и състояние на параметрите при безопасност.

13. За соларни колекторни системи отсъства идентификация на рисковете.

## ГЛАВА ВТОРА

### БЕЗОПАСНОСТ НА РАБОТА СЪС СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ, ОСИГУРЯВАНА В ЕТАПИТЕ НА ПРОЕКТИРАНЕ И ПОДГОТОВКА ЗА МОНТАЖ

**Задачите, които се решават са:**

-Определяне основните фактори при оразмеряване на соларните колектори, които са решаващи за безопасната им работа.

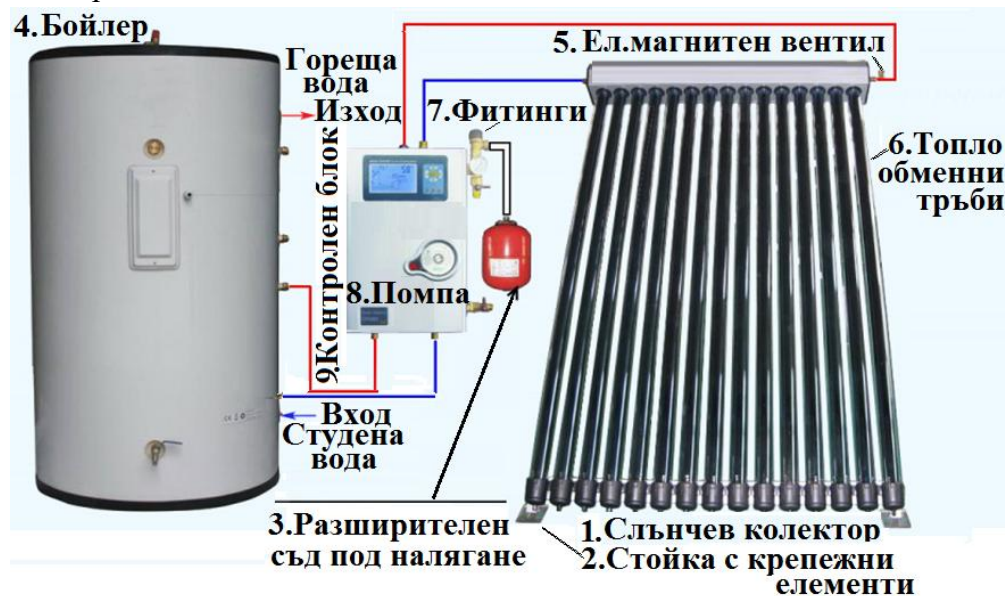
-Анализиране външните фактори на засенчване и механично въздействие върху безопасността на соларните колектори.

-Определяне необходимите контролни проверки и измервания при подготовка за монтаж, които осигуряват безопасност на работа със соларните колектори.

-Формулиране факторите на риск при работа на голяма височина за достъп до соларните колектори.

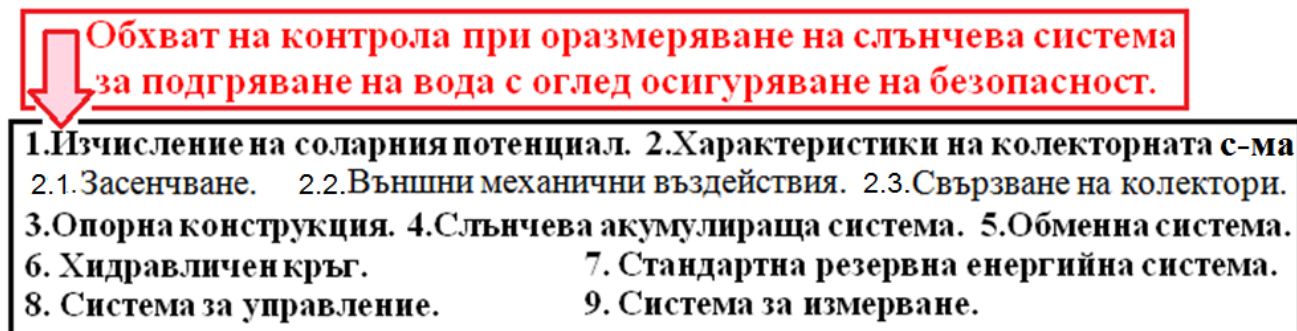
#### 2.1. Постигане на безопасна работа на слънчеви колектори при спазване на предписания, правила и директиви.

2.1.1. Структура на окомплектовката на слънчев колектор. Представена е на фиг.2.1. В нея участват: 1.Слънчев колектор. 2.Стойка с крепежни елементи. 3.Разширителен съд под налягане. 4. Бойлер. 5. Електромагнитен вентил. 6.Топлообменни тръби. 7. Фитинги. 8. Помпа. 9. Контролен блок. [61,85,87,92]



## 2.2.2 Контрол на оразмеряването на слънчева система за подгряване на вода с оглед осигуряване на безопасност.

В общ вид той е представен на фиг. 2.3.



Фиг.2.3 Обхват на контрола при оразмеряване на слънчевата система

Анализирането на компонентите в обхвата на контрола-фиг.2.3.- показва:

**1. Изчисление на соларния потенциал .** Определя се след статистическа оценка, като се отчитат метеорологичните и географските особености .

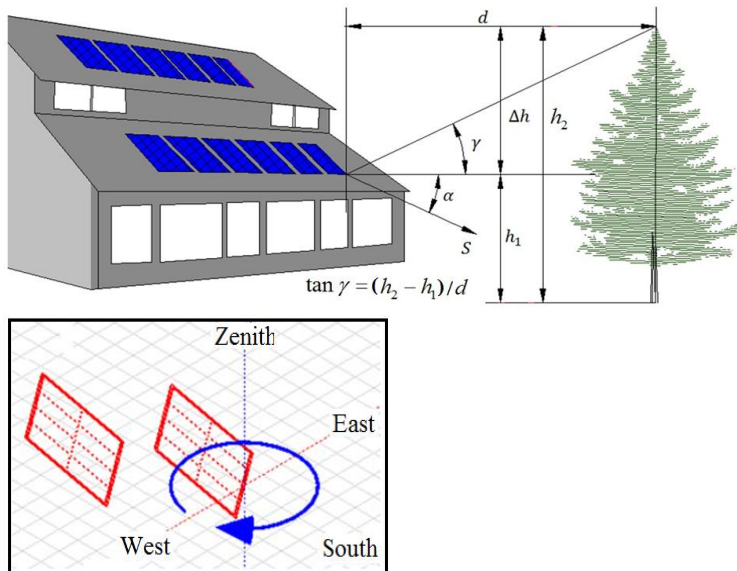
**2. Характеристики на колекторната система.** Те представляват зависимости между оптичните и топлинните параметри на градивните елементи [51,52,59], като се отчита и тяхната корозионна устойчивост.

• **2.1. Засенчване на колекторната система.** То се оценява с получаващите загуби от соларно лъчение и са представени като резултат от компютърно моделиране със софтуерен продукт PVSYST [49], приложен за типични случаи на положението на соларните колектори. Обхванати са общите:

### А) Опции, отнасящи се до соларните колектори

1.Изменение броя на модулите. 2.Завъртане панелите спрямо наклон на изходната линия.  
3. Изменение рамката на модулите. 4. Избиране броят на редовете от модули. 5. Избиране ориентацията на модулите. 6. Избиране броят на модулите, разполагащи се по вертикалата и хоризонталата, с променяне разстоянието между модулите по оста X и Y. 7. Избиране завъртането на модулите спрямо изток и запад - фиг.2.9.





Фиг.2.8 Засенчване от дърво

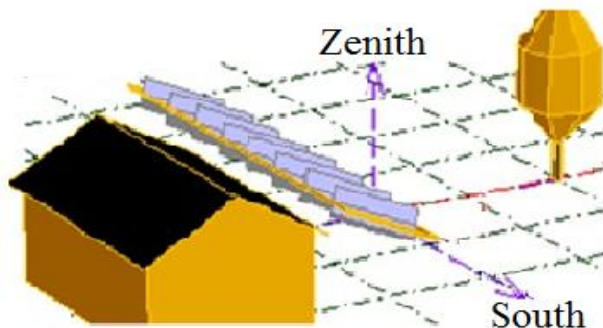
Фиг.2.9.Изменение ъгловото положение

**Б) Опции, отнасящи се до формата на засенчващите детайли- строителни елементи:** къща + двустранен покрив, къща, изометричен покрив, едно страниен покрив, двустранен покрив , 4-страниен покрив, мансарда, затворен де-тайл - комин, дърво, кабел, парапет една /две греди.

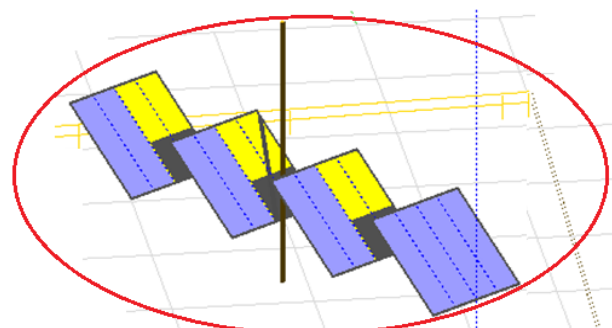
За случай на засенчване от дърво взаимното разположение е посочено на фиг.2.8, а засенчване от различни форми е представено на фиг.2.10.

**В) Специфична форма на засенчващите детайли.**

Типизирани са отделни случаи: В1) Мълниезащита-регулиране дължина, ъгъл на наклона,дебелина и ъгъл на ориентация-фиг.2.11.; В2) Асансьорна клетка с мълниезащита-фиг.2.12. ; В3) Комин на покрив- фиг.2.13.; В4.) Сграда с ви- сочина над нивото на соларните колектори-фиг.2.14.



Фиг.2.10 Засенчване от тела, разположени пред колектора

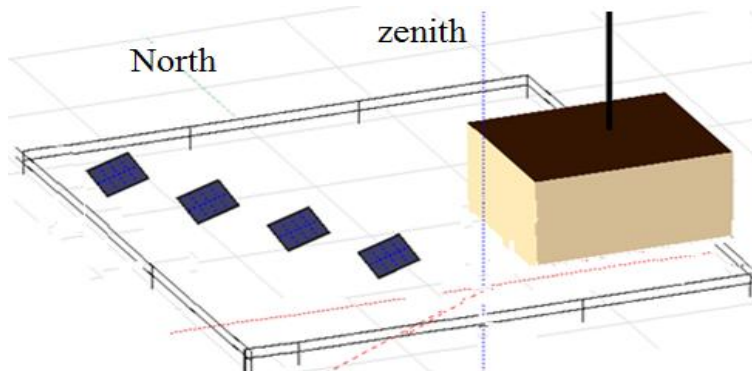


Фиг2.11Засенчване от мълниеприемник

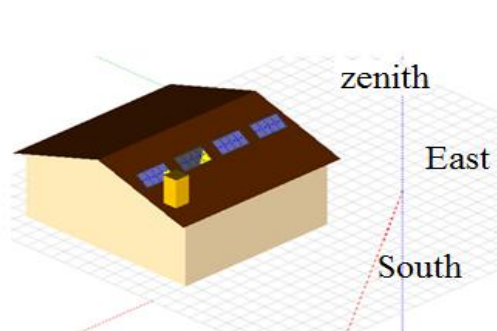
За представените модули са получени загубите в определени часове от засенчване, като за изследваните параметри те достигат:

- при фиг.2.10-линейни загуби -18,1%;

- при фиг.2.11-линейни загуби -18,9%, а в модула 37,3%.



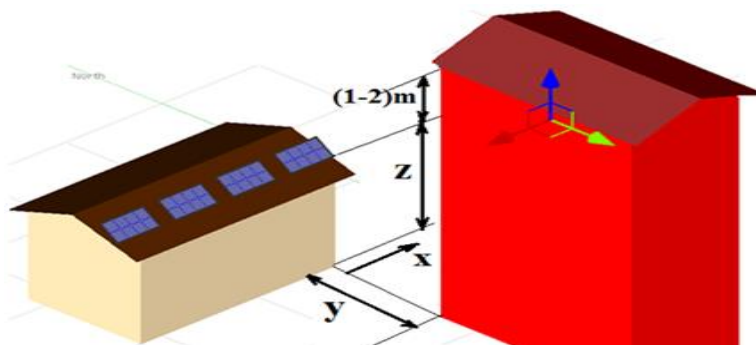
Фиг.2.12.Засенчване от мълниеприемник



Фиг.2.13.

Засенчване от комин върху асансьорна клетка

Фиг.2.12 определя осреднени линейни загуби 8,0% и модулни загуби 9,0%; а фиг.2.13-линейни загуби -7,1%, а загуби в модула 10,5%.



Фиг.2.14 Засенчване на соларни колектори от сграда

**●2.2. Външни механични въздействия [51,106], влияещи на характеристиките на колекторната система. Анализират се в посока:**

**А) Повишаване безопасността от действие на механични сили:**

\* Охлаждане на соларния колектор \* Формиране на минимална енергия за въздействие.

\*Формиране на корозията и ултравиолетова деградация в колекторния масив.

**Б) Проектиране видове механични натоварване съобразно нормативните изисквания [51] при отчитане:** \* собствено натоварване, \* натоварване от оператор и спомагателни съоръжения, \* ветрово натоварване, \* натоварване от дъжд, \* натоварване при земетресение, \* атмосферно обледяване.

**В) Външно въздействие от сняг.** Въздействието е не само механично, но и това че снежното покритие намалява слънчевата радиация в/у соларния панел.

● **2.3. Свързване на колекторите, влияещо на характеристиките на колекторната система.** От гледна точка на условията за безопасност свързването на колекторите е от определящо значение, когато те са вградени в покрива. Тогава контролът трябва да обхваща: - уплътняване на връзките на колектора с покрива; - топлинна изолация на покрива; - промени в температурата на топлоносителя; - изпразване по гравитационен път на колекторното поле.

**3. Опорна конструкция от обхвата за контрол-фиг.2.3.** Контролът обхваща:

- При температурно разширение да не се нарушава целостта ѝ, както и целостта на колекторите или хидравличната верига.
- Определяне достатъчния брой точки за закрепване на колектора.
- Отсъствие на засенчване на колекторите от краищата за закрепване на колектора и опорната конструкция.
- Приетият метод на регулиране между опорната конструкция и плътната връзка между колекторите, вградени в покрива, да не нарушава функцията на покрива.

**4. Слънчева акумулираща система [53,54,55] от обхвата за контрол-фиг.2.3.**

Контролът на оразмеряването обхваща:

**4а) Контрол от общ характер на слънчевата акумулираща система**

- Оразмеряването на топлинната слънчева система трябва да бъде съгласно енергията, която се доставя през деня, а не според мощността на слънчевия колектор;
- Вместимостта на резервоара за акумулиране да отговаря на колекторната площ;
- Изпълнението на акумулираща система може да бъде:

а) от един резервоар с вертикална конфигурация, разположена на закрито;

б) да бъде разделен на два или повече резервоара, с балансирани първични или вторични кръгове.

- Контролиране достигането на необходимите топлинни нива чрез измерване;
- Наличие на вентили за спиране на случайни течове извън акумулаторите;
- Оборудване със съединения за функциите: входен отвор за студена вода и изходен за гореща вода; за проверка на вътрешната част на акумулатора; за вход и изход на основния флуид; за термометър и термостат; за съединение за принудително източване.
- Покритие на акумулатора с изолационен материал и механична защита.
- Изграждащи материали в акумулаторите: стъклена стомана с катодна защита; температурно и корозионно устойчива стомана със система за катодна защита; неръждаема стомана, подходяща за вида на водата и работната температура.

**4б) Разположение на връзките в слънчевата акумулираща система**

- Разположение на входните и изходните връзки, при което за предпочитане е:

\*Входната връзка за гореща вода да се изпълни в точка между 50% и 75% от общата височина.

\*Изходната връзка за студена вода от акумулатора да се направи в долната част на акумулатора;

\* Връзката от рецикулацията на потреблението към акумулатора и студената вода да се направи в долната част;

\* Горещата вода да излиза от акумулатора от горната част.

- Свързването на акумулаторите да позволява поотделно изключване, без да се прекъсва работата на инсталацията.

### **5. Обменна система от обхвата за контрол-фиг2.3.** Контролът обхваща:

- За самостоятелен обменник, минималната вместимост на обменника се определя от условията на работа в централните часове на деня, със слънчево излъчване от  $1000 \text{ W/m}^2$  и 50% КПД на слънчевата енергия за преобразуване на топлината.

- При обменник, вграден в акумулатора, съотношението м/у полезната площ на обменника и общата площ на колекторите не трябва да бъде по-малко от 0.15.

- Монтиране спирателен вентил на тръбите, влизащи и излизащи от обменника.

- Използване кръга на потребление като втори обменник.

- Намалване КПД на колектора от топлообменника между колекторния кръг и захранващата система към потребителя, поради повишение на температурата.

- При използване на един обменник между колекторния кръг и акумулатора, топлообменът за единица от площта на колектора не трябва да бъде  $< 40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

### **6. Хидравличен кръг[52] от обхвата за контрол-фиг2.3.**

Контролът обхваща:

а) Контрол за оразмеряването от общ характер.

б) Тръбопроводната система [53].

в) Циркулационните помпи. г) Вентилите. д) Разширителните съдове.

е) Обезвъздушаване: наличие на автоматичен или ръчен изпускателен клапан.

ж). Източване: отсъстват зони от замръзване, отсъстват места с въздух.

### **7. Стандартна резервна енергийна система от обхвата за контрол-фиг2.3.**

Контролът обхваща:

- Наличие на конвенционална система в инсталацията за слънчева енергии.

- Използването на конвенционални резервни енергийни системи в първичния кръг на колекторите е забранено.

- Оразмеряването на конвенционалната резервна система е такова, че поема обслужването, ако няма топлинна слънчева система.

-Наличие на контролен термостат за измерване на предварителната температура в стандартна резервна енергийна система с акумулация или когато е проточна.

- При отсъствие на акумулатор в стандартната резервна енергийна система т.е. тя е проточна, оборудването е модулно, т.е може да регулира капацитета си.

### **8. Система за управление [53] от обхвата за контрол.**

Контролът обхваща:

- Осигуряване функциониране на инсталациите, което включва работата на предпазните и защитни вериги срещу прегряване, замръзване и т.н.

- Управление циркуляционните помпи да не работят при разлика в температурите по-малка от 2°C и да не спират, ако разликата е по-голяма от 7°C.
- Разполагане температурните датчици за диференциално управление в горната част на колекторите. Поставяне температурния датчик на акумулатора в горната част, в зона, която не се влияе от циркулацията на вторичния кръг.
- Гарантиране системата за управление, че температурите няма да превишат максималните равнища, на които компонентите на кръговете издържат.
- Гарантиране с/мата за управление, че температурата на работния флуид няма да падне под температура, която е 3°> от температурата на замръзване на флуида.
- Интегриране управлението на хидравличния поток при няколко колектора.

### **9. Система за измерване [53] от обхвата за контрол-фиг2.3.**

Контролът обхваща: - Монтиране към уредите за измерване , за да се отчитат най-малко променливите: а) входна температура на студената вода;

### **2.3. Контрол подготовката за монтаж на слънчева колекторна система за осигуряване на безопасна работа. Той обхваща:**

1. Проверка преди монтаж.
2. Контрол избора на място за монтаж.
3. Контрол на общите подготвителни работи . Монтиране на компенсатори .
4. Контрол транспортирането и разопаковането на модула.
5. Контролна проверка на модула.
6. Избор на оборудване за достъп и създаване на работна площадка за монтаж:
  - а) Използване на подвижни стълби.
  - б) Построяване на скеле за безопасен достъп.
  - в) Подемни устройства за повдигане на слънчевите колектори.

### **2.4.Идентифициране на рисковете в соларна система за топла вода-определяне на възможни опасности.**

В съответствие с изложеното в Гл.1 т.1.7, откриването на възможните опасности е първата стъпка, за да се направи оценка на риска. За да се определи вероятността рискът да се сбъдне, са анализирани опасностите в конкретните условия на въздействие на неблагоприятните фактори на работната среда и трудовия процес.

Табл.2.3а Фактори, влияещи върху безопасността на колектора

<b>Колектор. Фактори, влияещи върху безопасността- Гл.2.т.2</b>
---

<p><b>а) Конструктивни материали и параметри-т.2а</b>  1.покритие,абсорбер,топло изолация,уплътнения,корозионна устойчивост. 2.топлинни загуби &lt; 10 Wm2/°C. 3.съвместимост между работен флуид и абсорбер. 4.оттичане водата от колектора</p>
<p><b>б) Избор на вид и мощност на колектора-т.2б</b>  1.предназначение на инсталацията 2.продължителност на работа в година,</p>
<p><b>в) Засенчващи фактори-т.2в</b> 1.дървета 2.сградни съоръжения 3.строителни елементи 4.покритие от сняг, обледяване, дъжд, замърсяване.</p>
<p><b>г) Външни механични въздействия-т.2г и т.2д</b>  1.натоварване от собствено теглото 2.ветрово натоварване 3.натоварване от дъжд, 4.атмосферно обледяване, градушка 5. натоварване от <b>сняг</b></p>
<p><b>д) Вграждане в покрива-т.2е</b>  1.уплътнени връзки на колектора с покрива; 2.топло и хидро изолация на покрива; 3.гравитационно изпразване на колекторите.</p>
<p><b>е) Свързване в покрива-т.2ж</b>  1.затегнатост и издръжливост на връзките 2.подреждането на колекторите в редици 3.хидравлично балансиране между колектори в редове . 4.опасност от пожар в близост до колектор.</p>

Табл.2.3б. Фактори, влияещи върху безопасността на хидравличния кръг

<p><b>Хидравличен кръг-гл.2.т.6</b></p>
<p><b>а)Общ контрол за оразмеряване-т.6а</b>  1.Вътрешно самобалансиране . 2.Определяне обема на топлоносителя</p>
<p><b>б)Тръбопроводна система-т.6б</b>  1.Материалите не създават отлагане на котлен камък и запушване. 2.Намалени загуби на топлина по тръбите. 3.Хоризонталните участъци са с минимален наклон от1%.4.Топлоизолацията издържа температура &gt;175°C. 5.Външната топлоизолация еУВ устойчива. 6.Външна защита на тръбите</p>
<p><b>в)Циркулационни помпи –т.6в</b> 1.Нисък спад на налягането. 2.Отсъствие на кавитация. 3.Хоризонтално положение на оста на въртене. 4.Монтиране еднакви основна и резервна помпа в първичния и вторичния кръг. 5.Съвместимост на материалите против замръзване.6.Лесно обезвъздушаване .</p>
<p><b>г)Вентили –т.6г</b>  1.Изпълнени изисквания за:а) изолация; б) балансиране; в) изпразване и пълнене; г)изпускане на въздуха.2.Не превишава макс. работно налягане .</p>

<p><b>д)Разширителни съдове-т.6д</b></p> <p>1.Подходящо разполагане на височина. 2.Използване поплавък и др. в системи за зареждане или презареждане.3.След прекъсване Узахр. към помпа, дори при макс.слънчевата радиация,работата се възстановява автоматично, когато се възстанови Узахр. 4.Определяне разширителния обем при изпарен топлоносител и при застой. 5.Отсъствие на тръби без изолация.</p>
<p><b>е)Обезвъздушаване-т.6е</b></p> <p>1.Разположение на системите за обезвъздушаване според изискването 2.Намаляване обема на обезвъздушаване.3.Монтиране механизми за ръчно изпускане при автоматични изпускателни клапани</p>
<p><b>ж)Източване-т.6ж</b></p> <p>1.Тръбите за източване не замръзват. 2.Полагане тръбите за източване възходящо към колекторното поле</p>

Табл.2.3в Фактори в подготовката за монтаж, влияещи върху безопасността

<p><b>Контрол подготовката на монтаж за безопасна работа-гл.2- т.2.3</b></p>
<p><b>а)Обща проверка-т.2.3.11.</b></p> <p>Получени разрешения. 2.Поемане от покрива на натоварването. 3.Наличие на всички аксесоари .4.Отсъствие на повреди в елементите. 5.Близост до покрива . 6.Подход и достъп към работната площадка.</p>
<p><b>б )Мястото за монтаж-т.2.3.2</b></p> <p>1.Отсъства възможност за замръзване.2.Осигурява сервизно пространство. 3.Достатъчна циркулацията на въздуха. 4.При утечка течащата вода не причинява щети. 5.Отсъства корозивен газ, запалим газ, агресивна среда.</p>
<p><b>в)Подготовка за монтиране на компенсатори-т.2.3.3</b></p> <p>1.Разполагане късите щуцери за свързване от лявата страна .2.При тръби със смяна на страните късите щуцери за връзка сочат в една посока. 3.Уплътненията на колектора са във винтовите съединения. 4.Създадени условия за контра при холендрови гайки и тапи на свързващите елементи</p>
<p><b>г)Транспортирането и разопаковането на модула-т.2.3.4</b></p> <p>1.Използване опаковъчни лайстни и палети.2.Транспортиране и съхраняване на колекторите един върху друг в допустими бройки 4.Защитаване на стъклото на колектора .5.Не се носят и не се поставят колекторите за щуцера. 6.Не се поставя колектора върху неравна основа . 7.Съхраняването на чисти и сухи места. 9.Изолиране на тръбите към колектора, отсъствие на напрежение м/у тях, защитени са от замърсяване .</p>
<p><b>д)Оборудване за достъп и работна площадка-т.2.3.5</b></p> <p>1.Подвижни стълби . 2.Скеле и работна площадка. 3.Подемни устройства</p>

В резултат на извършените проучвания и изследвания по отношение идентифициране на рисковете в соларна система за топла вода са определени възникналите опасности, като резултатите са посочени в табл. 2-4 а,б,в.

За всеки фактор на влияние са определени и сравнени определящите ги случаи.

№	Колектор. Фактори, влияещи върху безопасността- Гл.2.т.2
а	Конструктивни материали и параметри- случаи 4бр.
б	Избор на вид и мощност на колектора- случаи 2бр.
в	Засенчващи фактори- случаи 4бр.
г	Външни механични въздействия- случаи 5бр.
д	Вграждане в покрива- случаи 3бр.
е	Свързване в покрива- случаи 4бр.

№	Хидравличен кръг-Гл.2.т.6
а	Общ контрол за оразмеряване-т.6а случаи 2бр.
б	Тръбопроводна система-т.6б случаи 6бр.
в	Циркулационни помпи –т.6в случаи 6бр.
г	Вентили –т.6г случаи 2бр.
д	Разширителни съдове-т.6д случаи 5бр.
е	Обезвъздушаване-т.6е случаи 3бр.
ж	Източване-т.6ж случаи 2бр.

№	Контрол подготовката на монтаж за безопасна работа-Гл.2- т.2.3
а	Обща проверка-т.2.3.1- случаи 6бр.
б	Мястото за монтаж-т.2.3.2 случаи 5бр.
в	Подготовка за монтиране на компенсатори-т.2.3.3 случаи 4бр.
г	Транспортирането и разопаковането на модула-т.2.3.4 случаи 9бр.
д	Оборудване за достъп и работна площадка-2.3.5 случаи 3бр.

#### Изводи.

1.Като основни фактори за безопасност на соларните колектори в етапа на проектиране са определени : размери и положение на колекторите, топлинни



загуби в тръбите и настройка на диференциалния регулатор на температурата.

2. Представени анализирани са дейностите и въздействията върху тях, определящи безопасната работа на колекторите: \*Монтаж върху покриви и фасади. \*Свързване на термичните соларни съоръжения. \*Инсталация на съоръжения за загряване на вода. \*Монтаж на ел.техническите съоръжения. \*Контролни проверки на соларните колектори

3. Предложени са превантивни мерки за постигане на безопасност, обхващащи: \*Опасност от токов удар. \*Прилагане на топлинен предпазител на бойлер към соларен колектор. \*Прилагане на тръбен топлинен предпазител.

4. Определени са външните механични въздействия, представляващи фактори за безопасност.

- с приоритет са охарактеризирани силите от ветрово натоварване с атмосферни параметри: статично налягане, температура, еластичност и плътност. Върху основата на сравнителен анализ и оценка е обосновано по-безопасното механично натоварване на соларни колектори върху скатните покриви спрямо плоските.

Като рискови фактори за безопасност са представени параметрите на вятъра: скоростен напор, изменение на налягането, пулсационна скорост на вятъра.

- Охарактеризирано е натоварването от теглото на снежната покривка

5. Определени са необходимите контролни проверки и измервания при подготовка за осигуряване безопасна работа, обхващащи място за монтаж, общи подготвителни работи, транспортиране и разопаковане, проверка на модула преди повдигане, контрол на работната площадка.

6. За безопасен достъп и създаване на работна площадка за монтаж на соларни колектори са избрани подвижни стълби, кулообразно скеле и подечни повдигателни устройства.

## **ГЛАВА ТРЕТА**

### **БЕЗОПАСНОСТ НА РАБОТА СЪС СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ, ОСИГУРЯВАНА В ЕТАПИТЕ НА МОНТАЖ, ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ И ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ**

Задачите, които се решават са:

- Определяне основните аспекти при монтиране на слънчевите колектори, които са предпоставка за безопасност на труда.
- Формулиране на задължителни изисквания за безопасност при монтажа на слънчевите колектори.
- Осигуряване безопасни условия на труд при експлоатация чрез определяне технически мероприятия за поддръжка на соларните колектори.
- Определяне задължителните и препоръчителни проверки, гарантиращи безопасната работа на соларните колектори.
- Формулиране факторите за оценка на риска при работа със соларните колектори на голяма височина.

### 3.2. Безопасност при монтаж върху различни видове покриви

Колекторните панели могат да бъдат монтирани върху: - наклонен покрив; -плосък покрив;-приземно ниво.Безопасността е зависима от мястото за монтаж

- **Монтиране върху наклонен покрив.** Действията могат да бъдат: - временно отстраняване на керемиди и пробиване отвор в покрива;-разполагане колектори или абсорбери под прозрачно покритие, вместо част от покривния материал;
- монтаж върху допълнителна рамка върху покрива - укрепване и изолация.
- **Монтиране върху плосък покрив.**Колекторите се замърсяват и трудно се почистват. Присъща трудност под тях,влошаваща безопасността,е хидроизолацията.

### 3.3 Безопасност при закрепване върху покрива

а) **Закрепване върху покрива.** Безопасността се постига, като:

- 1.Закрепването се изпълнява към структурни елементи или допълнителни възли
- 2.Скрепителните детайли са устойчиви на корозия и издържат натоварванията.
- 5.Отворите в покритието са с мин. размер и се запълнят с силиконова запечатка.

Безопасността на соларните колектори приоритетно се постига с достатъчно механично укрепване, като се използват спомагателни елементи[84]: \*Куки за премонтаж на покрив, \*Ламаринени плоскости под куките за покрив.\*Специални форми на плоскости.  
\*Комплект монтажни шини.

б) **Монтаж на куките за покрив върху покривни летви.** Особености при покритие с керемиди с приплъзване. **Начинът за изпълнение е посочен на фиг.3.1.**



Фиг.3.1. Монтаж на куките за покрив върху покривни летви

в) **Монтаж на куките за покрив върху покривни греди.** Изпълнението на скобите и начинът за присъединяването към гредите е дадено на фиг.3.2.



Фиг.3.2. Монтаж на куките за покрив върху покривни греди

г) Монтаж на куките за шисти при покрив с шисти

С оглед безопасност покривът се открива в точките за монтаж, куките се разпределят равномерно, монтажните шини и куките се закрепят с подходящи винтове, куките за шисти трябва се облицоват с оловна облицовка.

д) Монтаж при гофриран /ламаринен покрив с винтове-шпилки.

Безопасността се постига с равномерно разпределение на закрепващите винтове, отворите в обшивката за винтовете се разполагат в най-високите точки на профила, обшивката на покрива се уплътнява.

е) Монтаж на колекторите към монтажни шини. С оглед безопасност се осигурява необходимо уплътнение, спазват се определени разстояния, подравняват се завинтващите се части, моментът на затягане е с определена големина.

### 3.5. Окабеляване на соларния колектор

Безопасността при окабеляването се постига със стриктно спазване на инструкциите и приведените схеми за окабеляване:захранващи кабели,помпена стан ция, сензори,контролер,комплекта на ел.магнитния вентил.Тръбите за вода към соларния комплект са механично устойчиви и не влияят върху окабеляването.

### 3.6. Безопасност на соларни колектори при пуск в експлоатация

При пуск в експлоатация соларният кръг се: а) изплаква и пълни; б) тества под налягане. Колекторът не трябва да отдава топлина.

Необходимо е целево отстранят на включвания въздух, образуван от микро мехурчета на предварително напълнената течност ANRO.



Фиг.3.9 Разпределение на налягнето по височина

### 3.7. Въвеждане в експлоатация на соларния колектор

За постигане на безопасност, при въвеждане в експлоатация на соларния колектор е необходимо да се изпълнят следните дейности:

- Проверка на свързването на соларния колектор към хидравличната система.
- Свързване към ел.мрежа. Ел.захранване (контакт и автоматичен предпазител) трябва да бъде изведено предварително до мястото на монтаж на колектора.
- Свързване на терморегулатор или външен датчик. Кабелът за свързване трябва да бъде изведен предварително до местата за монтаж на контролера и на терморегулатора или външния датчик.
- Проверка, настройка и регулиране на работните параметри на соларния контролер в съответствие с изискванията на задължителните стандарти.
- Проверка функционалността на основните защитни компоненти.

#### ●Проверка при въвеждане в експлоатация

За постигане на безопасност проверките могат да бъдат типизирани за монтаж, **пуск в експлоатация, контрол системата за управление и провеждане на инструктаж, чиято конкретност е представена в табл.3.1.**

**Табл.3.1 Видове проверки при въвеждане соларния колектор в експлоатация**

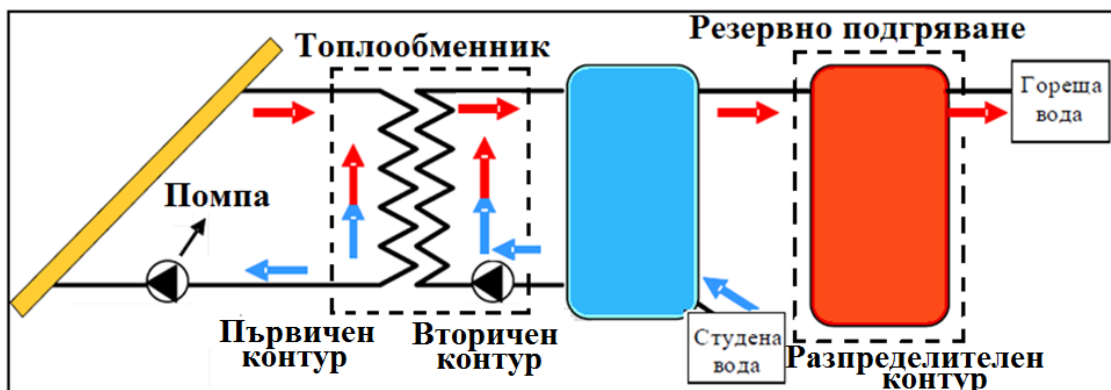
<b>1</b>	<b>Монтаж</b>
1.Колекторите са монтирани в зона,защитена от буря. 2.Свързване на соларния тръбо- провод към изравняването на потенциала. 3.Тръбата за издухване е монтирана непо- движно към предпазния клапан на соларния кръг.4.Събирателният съд е поставен под тръбата за издухване .5.Тръбата за издухване е монтирана при предпазния клапан от страната за питейна вода и е свързана към отпадната вода. 6.Термостатичният смеси- телен клапан е монтиран в изхода за топла вода или ограничението на температурата на резервоара на 60°C в управлението.	
<b>2</b>	<b>Пуск в експлоатация</b>
7.Разширителният съд е с предварително налягане .8.Соларният кръг е напълнен и изплакнат със соларна течност. 9.Помпата, топлообменникът на резервоара и колекто рът са обезвъздушени.10.Съдът за обезвъздушаване на колектора е обезвъздушен. 11.Соларният кръг е тестван под налягане .12.Проверена не- пропускливост на всички места на свързване .13.Контрол налягането на съоръ- жението.14.Гравитатичната спирачка функционира. 16.Резервоарът за топла вода от страната на питейната вода е напълнен и е обезвъздушен. 17.Отстранено е засенчването на колектора.	
<b>3</b>	<b>Системи за управление</b>
18.Температурните сензори показват реалистични стойности.19.Соларната помпа работи и циркулира, при нужда се настройва. 20.Соларният кръг и резервоарът се загряват.21.Стартира допълнително загряване на водния акумулатор при.... °C. 22.Опционално: Работа на циркулационната помпа от ...часа до.... часа	
<b>Инструктаж: Инструктиране потребителя на съоръжението</b>	
23.Основна функция и обслужване на соларния регулатор, включително циркулацион - ната помпа.24.Инструктаж за възможността за контрол на предпазния анод на резер- воара.25.Интервали за поддръжка. 26.Предаване на инструменти 27.Потвърждение на пуска в експлоатация от потребителя на съоръжението.	

### **3.9.Технология на мониторинг за превенция на опасностите**

Същност: съпоставяне реалното на очакваното изпълнение, характеризирани работоспособността, установяване събитията, които влошават безопасността.

#### **3.9.1. Модел на соларна колекторна система за разработване протокол за мониторинг-фиг.3.10.**

**Регулирането на процесите при експлоатация се изпълнява за величините:  $I_G(W/M^2)$ - моментна слънчева радиация;**



Фиг.3.10. Схема на общия вид на слънчева система за битово гореща вода

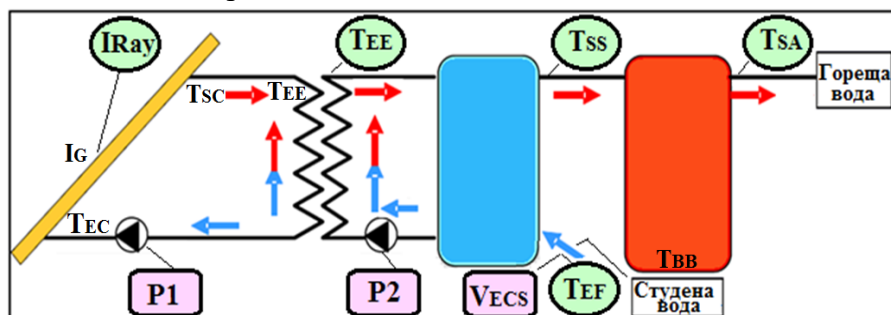
Параметрите за оценка на системата са за метеорологични данни, за първичния контур, за вторичния контур, за разпределителния контур при изпълнение и състояние на системата.

### 3.9.3. Измервания и обработка на величините, касаещи безопасността.

Анализът на работата се базира на използването на следните параметри:

- 4 оценъчни параметъра, полезни за синтез на изпълнението:
- 1 оценка на консумацията на вода  $V_{ECS}$ ; - 3 енергийни оценки  $R_G, E_{SOL}, E_{App}$ .
- 7 параметъра на състоянието, полезни за подробен анализ на изправността:
  - \* 4 температури на флуида  $T_{EF}, T_{SS}, T_{SA}, T_{EE}$ ; \* 1 интензивност  $I_G$
  - \* 2 състояния на помпите  $P_1$  и  $P_2$  на първичния и вторичния контури.

Тези параметри се определят от 7 точки на измерване-фиг.3.11. Трябва да се съхраняват: \* данни относно състоянието на системата на всеки 10 минути; \* енергийното производство и консумацията на вода, ежедневно; \* двата вида посочени по-горе данни, ежемесечно и ежегодно.



Фиг.3.11 Схема на разположение на измервателните датчици за 4 измервания на температури (аналогови канали), 1 измерване на дебит (импулсен брояч), 2 измервания на състоянието с измерване на времето за определено състояние.

### **3.10. Възможни повреди в соларен колектор**

#### **3.10.1 Общи симптоми при повреда [68].**

**Симптом 1: Помпата на соларната помпена станция започва да работи, но помпата на соларния комплект не работи.**

**Симптом 2: Има голям слънчев интензитет, но помпите на соларната помпена станция и соларния комплект не стартират.**

**Симптом 3: Помпата на соларната помпена станция започва да работи, но помпата на соларния комплект не работи.**

### **3.12. Оценка на условията за повишаване безопасността на труда при соларно енергийно строителство чрез получени резултати от анкетиране**

**3.12.1 Цел:** Оценката да се получи чрез одобрение на условията за повишаване безопасността на труд

#### **3.12.2 Въпроси към анкетираните**

А) Въпроси от общ характер 1.Вид колектори. 2.Предназначение. 3.Покрив за монтаж.4.Изложение на покрива.5.Засенчване.7.Вид и разположение на бойлера

Б) Въпроси за инспекция (контрол).Те обхващат:А) Колектор.Б) Соларен кръг. В) Соларен резервоар и кръг за питейна вода. Г) Системи за управление. Д) Повреда

### **Изводи**

1. Представени са изисквания за монтаж на плоски и на вакуумни соларни колектори с оглед постигане на безопасната им работа. Обхванати са случаите за монтаж на плосък , наклонен покрив и при вграждане в тях.

2. Върху основата на анализ на закрепването на соларните колектори върху структурни елементи на покрива , за постигане на безопасност, са посочени изискванията към скрепителните детайли. Типизирани са 6 случая на закрепване върху: покривни летви, покрив с шисти, гофриран / ламаринен покрив, монтажни шини на покрива, конструкция на покрив с макулатурен и хидроизолационен картон.

3. При монтажа на соларните колектори, за безопасност в работата им, е посочена необходимостта от постигане балансиране на циркулацията в колекторите, както и изискванията за монтаж на температурен сензор и на ел.магнитен вентил.

4. За безопасност на соларния колектор, в етапа на пуск в експлоатация, са предложени изисквания за пълнене и плакнене на съоръжението, както и схема за изпитване под налягане.

5. За въвеждане в експлоатация на соларния колектор и постигане на безопасност, е предложено да се изпълнят контролни дейности за: - Свързването на соларния колектор към хидравличната система. -Свързване към електрическата мрежа.-Свързване на терморегулатор или външен датчик. - Проверка, настройка и регулиране на работните параметри на соларния контролер - Проверка функционалността на основните защитни компоненти.

6. За обслужване на соларните колектори са предложени действия, отнасящи се за: монтаж-6 бр.дейности; пуск в експлоатация-11 бр.дейности; системи за управление- 5 бр.; инструктиране потребителя на съоръжението-5 бр.

7. Във връзка с безопасността на соларните колектори са анализирани 3бр. симптоми за възможни повреди и свързаните с тях вероятни причини.

8. Алгоритмизирано е търсенето на повреди за случаите на:-забавено включване на помпата; - голяма температурна разлика между колектора и бойлера; - помпата прегрява, но няма топлинен транспорт от колектора към бойлера; -помпата тръгва за кратко време, изключва, включва отново и т.н.

9. В съответствие с безопасност на системата със соларни колектори са предложени технология за мониторинг и протокол с параметри за оценка на изпълнение и състоянието им в първичния, вторичния и разпределителния контур на системата, както и място и периодичност за тяхното измерване и съхранение.

10. Получени са опасностите и определящите ги случаи при:

**А) Монтаж:**

**Б) Пуск (4 случая)**

**В) Въвеждане в експлоатация (6 случая)**

**Г) Обслужване (7 случая)**

**Д) Ремонт (6 случая)**

## **ГЛАВА ЧЕТВЪРТА**

### **АКУМУЛИРАНЕ НА ГОРЕЩА ВОДА В УСЛОВИЯТА НА БЕЗОПАСНОСТ НА СОЛАРНИТЕ КОРЕКТОРИ**

**Решаваните задача са:**

- Анализират специфичните изисквания към слънчевото загряване на вода в съчетание с цилиндрите за съхранение на гореща вода и в съчетание с комбиниран бойлер в условията на безопасност;
- Установяване специалните съображения относно свързването на слънчева водонагревателна система за съхранение на гореща вода с помощта на директен контур;
- Определяне изискванията към компонентите на вторичния контур в соларни колекторни системи за постигане на безопасност.
- Анализират условията за постигане на безопасни условия и превенция в соларни колекторни комплекси.
- Определяне контролните възли, осигуряващи акумулиране на топлинната енергия в интегрирани соларни колектори с други топлинни източници и които са подложени на непрекъснато топлинно натоварване, при възможните режими на работа.

#### **4.1 Акумулиране на гореща вода в слънчевите системи.**

Слънчевите водонагревателни системи, поради променливата слънчева радиация, се използват съвместно с акумулиращ съд, както и в подгревателни системи в съчетание с някой традиционен метод за подгриване на вода.

##### **4.1а. Вместимост на акумулиращия съд**

а) Необходим е допълнителен обем, предназначен специално за загряване от слънчевата водонагревателна система.



б) Необходим е достатъчен запас от вода, която може да се топли с бойлер или потопяем нагревател, за да бъде сигурно, че потребителите ще имат достатъчно гореща вода за задоволяване на нуждите си в дни с минимално слънцегреене.

#### **4.1б. Съображения при проектиране на резервоара**

1. **Слънчева топлообменна серпентина.** С оглед ефективност, тя трябва да осигури температура на водата 6-15°C по-висока от тази на постъпващата вода.

2. **Гнезда за датчици.** Те трябва да осигурят бързо реагиране на системата и точно, адекватно да регистрират температурата на водата в резервоара.

3. **Изолация на резервоарите** за гореща вода. Тя трябва да бъде по-добра от тази от изискванията на действащите строителни наредби.

#### **4.3. Слънчево подгряване, съчетано с невентилируем акумулиращ цилиндър**

**а) Принципи за изпълнение на изискванията при свързване на слънчева водонагревателна инсталация към невентилируем воден акумулатор.** Те са:

- Изключване с автоматично повторно пускане на първичната циркулация.
- Спиране подаването на енергия от слънчевата водонагревателна система към водния резервоар, така че да се запази температурата на водата под 100°C.
- Осигуряване разсейването на топлината за задържане на температурата на горещата вода в резервоара под 100°C.

**б) Разсейване на топлината, която може да постъпва в слънчев колектор, при спряна циркулацията в първичния контур.** Подходящи са подходите:

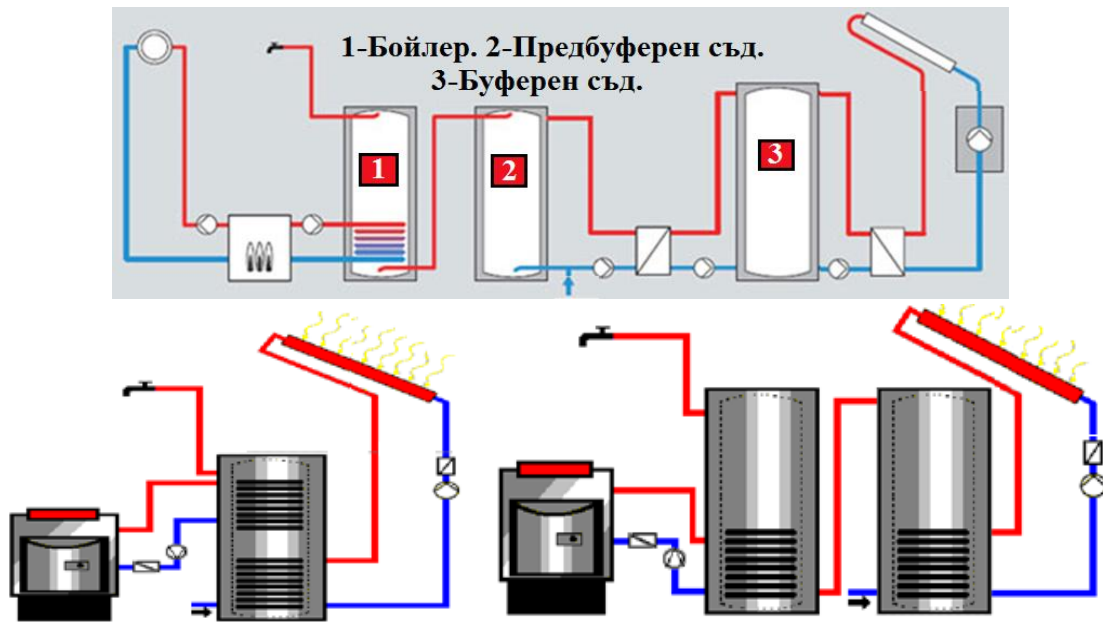
- б1) Използване на съоръжение за отвеждане на топлината.
- б2) Изолиране на източника на топлина със система за обратно източване.
- б3) Използване на запълнен контур под налягане [51,56].

**в) Термични или първични резервоари в контура за циркулация.** Статичната вода може да бъде отворена във вентилируем акумулиращ цилиндър или да бъде херметично затворена.

#### **4.5 Безопасни условия на работа на соларни колектори в система за топла вода, интегрирана с други топлинни източници**

Получената топлинна енергия в соларните колектори е с възможност за различни ползвания. При недостатъчно или превишено слънчево лъчение е необходимо балансиране между потребителите, което се постига с допълнително включване или изключване на децентрализирани топлинни източници.

**Обща характеристика на колекторната слънчева система.** За повишаване безопасността при експлоатация на соларната система е необходима превенция. Нейната реализация е зависима от характеристиките, функциите и структурата на соларната система-фиг.4.3- определени както следва:



фиг.4.3 Схеми на свързване на разширителен модул или топлогенератор

- \* **Соларната система е затворена система** и включва топлоизолиран контейнер с един или повече топлообменници.
- \* Функциите на соларната система се изпълняват от автоматизирана система за управление и регулиране.
- \* Структурно определящи за **колекторната система** са климатичните условия.
- \* В работата на колекторната системата се прилага широка мрежа за комуникации, тръбопроводи и фитинги, от които се изисква висока устойчивост на материалите, надеждно и плътно свързване в посоката на течливост.

#### 4.6. Елементи на вторичния контур-фактор за безопасност.

Понякога се налагат промени в схемата на температурния регулатор във вторичния контур, в които промени участват регулиращи компоненти.

##### 4.6.2. Потопяем нагревател

Системите за гореща вода (включително слънчевите) трябва да осигурят нагряване на водата до 60°C преди използване, за да намаляват до минимум здравословните рискове. Това изисква загряване на цялата съхранявана вода до тази температура. В системи, използващи отделен слънчев подгревателен цилиндър, изискването се изпълнява с включен потопяем нагревател, ако системата е снабдена с трипътен отклонителен вентил.

#### Изводи.

1. За осигуряване на необходимата безопасност, аргументирано са представени съображенията за проектиране на резервоара, слънчевата топлообменна серпентина, гнездата за датчици и изолацията на резервоарите за гореща вода.

2. За вентилируеми резервоари за гореща вода със спомагателно подгръване от отделен цилиндър и с двусерпентинен резервоар за гореща вода, в съответствие с изискванията за безопасност, са определени: \*обема на отделния подгревателен съд в зависимост от обема и площта на колектора; \*извършваните водопроводни работи за безопасно присъединяване.
3. Формулирани са принципите на задължителните изисквания при свързване на слънчева водонагревателна инсталация към невентилируем воден акумулатор чрез осигуряване:
  - автоматичен термостатен регулатор за изключване на първичната циркулация,
  - осигуряване на средство за спиране на подаването на енергия от слънчевата водонагревателна система към водния резервоар,
  - осигуряване разсейването на топлината за задържане на температурата на горещата вода в резервоара под 100°C.
4. При спряна циркулация в първичния контур на соларен колектор и при възможност за постъпване на топлина в него, е предложено разсейване на топлината чрез:
  - \* Използване на съоръжение за отвеждане на топлината,
  - \* Изолиране на източника на слънчева топлина с помощта на система за обратно източване,
  - \* Използване на запълнен контур под налягане, оставащ “присъщо надеждно” в състояние на покой.
5. Предложен е модел на соларен комплекс, постигащ изискваната безопасност чрез:
  - Монтаж и окабеляване,
  - Система за електрическо регулиране и управление-активиране или деактивиране на функции, ограничение на максималната температура, защита от замръзване, ограничение на минималната температура,
  - Стартиране на соларния комплекс,
  - Инструкции за експлоатация.
6. За подобряване безопасността на соларни колекторите в системата за топла вода, интегрирана с други топлинни източници, се предлага като фактор за безопасност прилагането на елементите във вторичния контур:
  - регулиращите компоненти - отбиващ (З-пътен) вентил и термо-смесителен вентил против попарване,
  - потопяем нагревател.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За безопасни условия на труд при соларно енергийно строителство за топла вода, основавайки се на необходимостта за:

- поддържане най-висока степен на физическо, умствено и социално състояние на работещите;
- превенция по отношение на работещите към нарушаване на безопасността;
- защита от рискове на вредни фактори на безопасността, са извършени изследвания и анализи, получени са резултати и е предложено въздействие върху тях, като:

### 1. Анализирани са:

\* загубите от слънчева радиация при линейно и модулно засенчване от външни фактори: конструкция и положение на колекторите, формата на засенчващите сградни детайли.

\* външните механични натоварвания на соларния панел, определени от ветровото въздействие. За него са анализирани притискащата нормална сила към повърхността и силата на триене на обвивката. Анализирано е въздействието от снежното покритие върху механичното натоварване и слънчевата радиация при различни видове покриви, с отчитане самопочистване на системата при топене на снега.

\*равномерното разпределение на налягането на соларната течност по височина на хидравличния контур, което е предпоставка за безопасност: отсъствие на възможни течове,

частично кипене, образуване на пара и въздушни мехури по време на работа на соларния колектор.

2. Предложени са методи за моделиране:

\* На тръбна инсталация: входни и изходни водопроводни тръби, тръби за монтаж в и върху покрив, свързващи елементи.

\* На електрическа инсталация: захранващи кабели в посока на превключвателната кутия, окабеляване на сензори, помпена станция, контролер.

\* На хидравличния контур за тестване при пуск в експлоатация за извършване: -изплакване и пълнене на течността с определен състав и продължителност на режимите; -тестване под налягане; -обезвъздушаване.

- На технология на мониторинг за превенция на опасностите в соларни колектори: съпоставяне на реалното и очакваното изпълнение, характеризиращи работоспособността и установяване събитията, които влошават безопасността. За модела на мониторинга е разработен протокол за параметри за изпълнението и състоянието на системата.

- На соларен комплекс за пренасяне на топлина от соларни панели и термо-помпа към топлообменници на бойлер за битово гореща вода и за отоплителната система. Заедно с основните компоненти, в модела участва система от измерителни датчици и защитни апарати.

3. Получени са решения с практическа и научна полезност.

Разработени са методични основи, които са с възможност за повишаване безопасността:

\* Главни насоки при оразмеряване на слънчева колекторна система с обхват: - Размери на колекторната уредба; - Положение на колектора; - Загуби на топлина в тръбите; - Въздушни възглавници; - Изолации; - Диференциален регулатор на температурата

\* Методични основи за провеждане на контрол за: - оразмеряване на слънчева система за подгриване на вода; - избор на място за монтаж; - проверка на модула.

\* Методични указания за закрепване на соларен панел върху покрив- монтаж на куки върху покривни: летви, греди, шини.

\* Методични указания за препоръчително и крайно необходимо обслужване на соларна колекторна система.

## **Приноси в дисертационния труд**

### **I.1. Научно-приложни приноси**

#### **1. Предложени са ефикасни превантивни мерки за постигане и повишаване на безопасността.**

Определени са външните механични въздействия, представляващи сериозен фактор за опасности. С приоритет са охарактеризирани силите с ветрово натоварване, като за рисков фактори са представени параметрите на вятъра: скоростен напор, изменение на налягането, пулсационна скорост на вятъра, както и натоварване от теглото на снежната покривка.

2. Предложено е алгоритмизирано търсене, откриване и превенция на повреди за случаите, особено опасни и типична: -забавено включване на помпата;- голяма температурна

разлика между колектора и бойлера; -прегръване на помпата; -циклично включване и изключване на помпата.

3. В съответствие с повишаване безопасността на системите със соларни колектори са предложени технология за мониторинг и протокол с параметри за оценка на изпълнението и състоянието на стойностите им в първичния, вторичния и разпределителния контур на системата, както и място и периодичност за тяхното измерване и съхранение.

4. За повишаване безопасността на соларните колектори в системата за топла вода, интегрирана с други топлинни източници (вкл. термopомпи), се предлага като особено важен фактор за повишаване безопасността включването на допълнителни елементи във вторичния контур: ●регулирущите компоненти -отбиващ (3-пътен) вентил и термо-смесителен вентил против попарване, ●потопяем нагревател.

## **I.2 Приложни приноси**

1. На базата на анализ на закрепването на соларните колектори върху структурни елементи на покрива за постигане на повишена безопасност прецизно са дефинирани изискванията към скрепителните детайли. Типизирани са случаи на закрепване върху покривни летви, греди, шини.

2. При въвеждане в експлоатация на соларния колектор за постигане на повишена безопасност, са предложени необходимите контролни дейности за: Свързване на соларния колектор към хидравличната система; - към ел. мрежата на терморегулатор и външни температурни датчици; проверки, настройка и регулиране работните параметри на соларния контролер, както и функционалността на основните защитни компоненти.

3. Изследвани, анализирани и индикатирани са възникващите опасности и определящите ги случаи при:

Монтаж; Пуск; Въвеждане в експлоатация; Експлоатация; Обслужване и ремонт.

4. За обслужване на соларните колектори са предложени необходимите действия, гарантиращи повишаване на безопасността отнасящи се за: монтаж; пуск в експлоатация; експлоатация; системи за управление и инструктиране потребителя на съоръжението.

## **Публикации, свързани с дисертационния труд**

1. Адем Н., Кичекова М., Димитров Д., Безопасност при работа на соларни колектори за отоплителни системи за топла вода, X Юбилейна МНК „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, Сборник доклади ISSN: 1314-6955, Варна, 2018, стр. 68-75

2. Адем Н., Кичекова М., Безопасни условия на труд при работа със соларни колектори, IX Международна научна конференция по архитектура и строителство ArCivE, Сборник с доклади ISSN: 2535-0781, Варна, 2019

3. Адем Н., Кичекова М., Безопасни условия на труд при работа на соларни колектори в интегрирана инсталация, IX Международна научна конференция по архитектура и строителство ArCivE, Сборник с доклади ISSN: 2535-0781, Варна, 2019

4. Адем Н., Чакър А., Идентифициране на рисковете в соларна система и оценка на риска, e-Journal VFU, Брой 14, 2021, ISSN 1313-7514