

УДОСТОВЕРЕНИЕ N:00419/22.06.2015Г НА АГЕНЦИЯ ЗА УСТОЙЧИВО ЕНЕРГИЙНО РАЗВИТИЕ
Обследване за енергийна ефективност и сертифициране на сгради, оценка на съответствието на
инвестиционни проекти и изготвяне на оценки за енергийни спестявания – чл.44, ал.1 от ЗЕЕ

ДОКЛАД ЗА ОБСЛЕДВАНЕ ЗА ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ



**СУ „Никола Йонков Вапцаров“, гр. Генерал Тошево
ул. „Васил Априлов“ № 9**

Разработил екип на „Лайф Енерджи“ООД Рег.№ 00419/2015 г.

1. инж. Кънчо Паскалев
2. инж. Здравко Станков
3. инж. Иван Иванов

Управител:
/инж.Кънчо Паскалев/

София, февруари 2020 година

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящото енергийно обследване е на СУ „Никола Йонков Вапцаров“, което се намира в гр. Генерал Тошево, ул. „Васил Априлов“ № 9 е разработено от екип на фирма “ЛАЙФ ЕНЕРДЖИ ” ООД – град София, вписана в публичния регистър на лицата, извършващи обследване за енергийна ефективност и сертифициране на сгради, съгласно чл.44, ал.1 от Закона за Енергийната Ефективност под № 00419/22.06.2015 година.

При обследването са спазени изискванията на Закона за енергийна ефективност и наредбите към него- Наредба № Е-РД -04-1 от 22.01.2016 година за обследване за енергийна ефективност, сертифициране и оценка на енергийните спестявания на сгради, Наредба № Е-РД -04-2 от 22.01.2016 г. за показателите за разход на енергия и енергийните характеристики на сгради и както и Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради.

Основната цел на настоящото обследване е да се извърши идентификация на сградните сградните ограждащи констукции и системи за осигуряване на микроклимата, измерване и изчисляване на енергийните характеристики, анализ и определяне на потенциала за намаляване на разхода на енергия; разработване на мерки за повишаване на енергийната ефективност; технико-икономическа оценка на мерките за повишаване на енергийната ефективност и на съотношението "разходи-ползи"; оценка на емисиите CO₂, които ще бъдат спестени в резултат на прилагането на мерки за повишаване на енергийната ефективност; анализ на възможностите за използване на енергия от възобновяеми източници за доказване на техническа възможност и икономическа целесъобразност; анализът на възможностите за използване на енергия от възобновяеми източници е част от оценката на показателите за годишен разход на енергия в сградата.

В настоящото енергийно обследване е направена експертна оценка на:

- 1) топлотехническите характеристики на ограждащите елементи на сградата;
- 2) системите за отопление, осветление, БГВ и разни влияещи и невлияещи уреди на сградата;
- 3) енергопотреблението на сградата при съществуващото ѝ състояние и режими на експлоатация и отопление;
- 4) потенциала за енергоспестяване;
- 5) възможните енергоспестяващи решения за достигане на нормативните изисквания за топлосъхранение и икономия на енергия;
- 6) екологичния ефект от проекта.

Направените оценки са извършени въз основа на предварителни проучвания, аналитични пресмятания и проведени измервания върху съществуващото и работещо топло - и техническо оборудване. Бяха извършени и измервания на основните входящи енергийни потоци като работни параметри на топлинните и електрически инсталации, параметри на микроклимата в помещенията и техните геометрични размери.

Целта на обследването е да се определи енергийната характеристика на сградата и предпишат ЕСМ, като след тяхното реализиране, тя да отговаря на необходимите изисквания съгласно Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради.

1. АНАЛ НА СЪСТОЯНИЕТО:

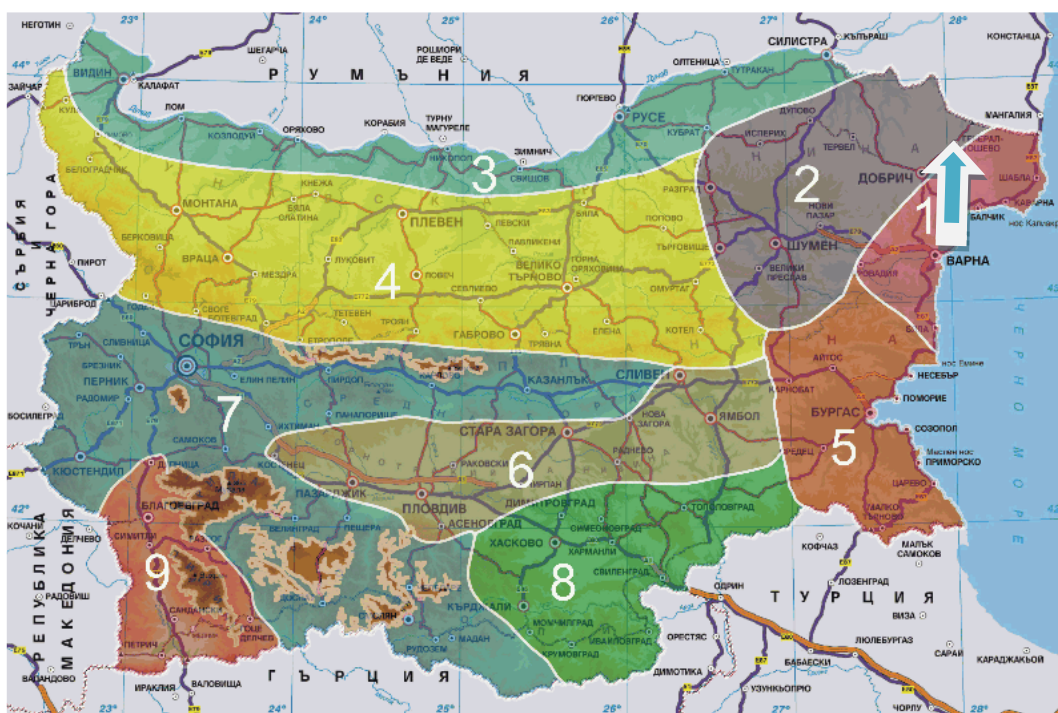
1.1. Основни климатични данни за района

Съгласно климатичното райониране на Република България по Наредба № Е-РД -04-2 от 22.01.2016 г. за показателите за разход на енергия и енергийните характеристики на сгради гр.Генерал Тошево, принадлежи към Климатична зона 2 – Добруджа, която се характеризира със следните климатични данни:

- Надморска височина - 230 m;
- Продължителност на отоплителния сезон - 187 дни;
- начало: 21 октомври, край: 25 април;
- Отоплителни денградуси - 2800 при 19°C средна температура в сградата;
- Изчислителната външна температура : -15°C.

Като базови климатични данни са използвани измерените средномесечни температури на външния въздух за гр. Генерал Тошево, по данни от Националния институт по метеорология и хидрология към БАН, както и представителни средномесечни базови температури на външния въздух за климатична зона 2.

На фиг. 1.1 е показано местоположението на населеното място.



Фиг. 1.1 Местоположението на гр.Генерал Тошево

1.2. Описание на сградата

Обследваният обект е училище и се намира в гр. Генерал Тошево, ул. „Васил Априлов“ № 9. Сградата е пусната в експлоатация 1955г.

Сградата се състои триетажен учебен корпус, свързан чрез топла връзка с физкултурен салон на две нива при съблекалните и с двойна височина при игрището. Сградата е с два срещуположни входа, като главният е от юг.

На първия етаж на учебния корпус са разположени класни стаи, медицински кабинет, стаите на помощния персонал и охраната, както и санитарни помещения. От източното крило на сградата се осъществява и връзката с физкултурния салон. Вертикалната комуникация се осъществява от стълбището между входовете. От това стълбище е осигурен и достъпът до по-голямата част на сутерена, където са разположени абонатната станция, котелно и складове, а до останалата част на сутерена се слиза от стълбище в западния край на сградата. Тази част от сутерена е неизползваема.

На втория етаж са ситуирани класни стаи, санитарни помещения, стаи на директор и секретар, както и учителска стая, от която има достъп до терасата откъм южната фасада.

От междинната площадка между втори и трети етаж е осигурен достъп до терасата откъм северната фасада.

На третия етаж отново са разположени класни стаи и санитарни помещения, както и зала за семинари. От стая между санитарните помещения и класната стая в източната част на сградата, се осъществява достъпът до подпокривното пространство.

Покривите и на учебния корпус, и на физкултурния салон са скатни, с дървена конструкция и покрити с керемиди. При топлата връзка покривът е плосък, с ламаринено покривното покритие. Отводняването е външно, с водосточни тръби, разположени по фасадата.

Конструкцията е масивна, като представлява монолитна система от колони, греди и плочи. Ограждащите стени са изпълнени от двойни тухлени зидове (25+12).

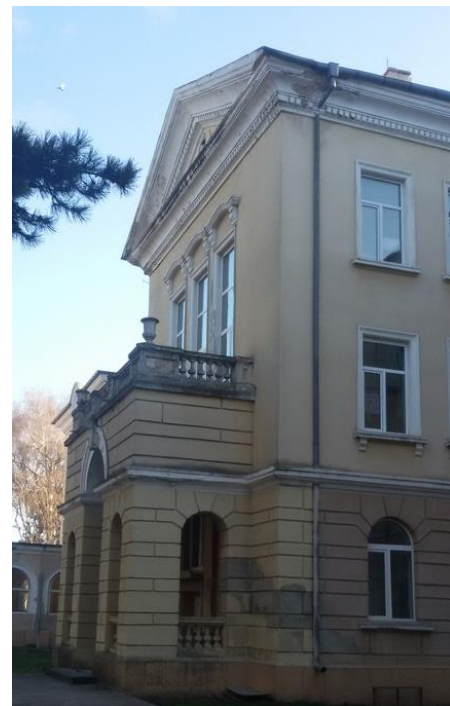
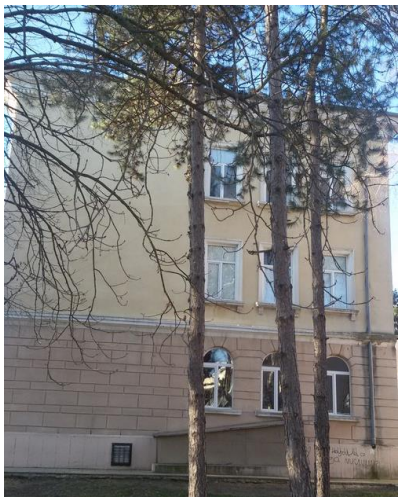
Дограмата е изцяло подменена с PVC, с изключение на два прозореца при сутерена.

Основни данни за обекта са представени в Таблица 1.

Таблица 1.1

Данни за обекта			
Сграда	СУ „Никола Йонков Вапцаров“		
Адрес:	гр. Генерал Тошево, ул. „Васил Априлов“ № 9		
Тип на сградата	училище		
Собственост	ПО		
Година на построяване	1955		
Брой обитатели	20 служители и 285 деца		
График на обитаване		График на отопление	
Работни дни, час/ден	12 ч.	Работни дни, час/ден	12 ч.
Събота, час/ден	0 ч.	Събота, час/ден	0 ч.
Неделя, час/ден	0 ч.	Неделя, час/ден	0 ч.

1.2.2. Изгледи от сградата:



Фиг. 1.2 Изгледи от сградата

1.3. Общи строителни характеристики на сградата:

За целите на анализа е направено архитектурно заснемане на сградата и анализ на инсталациите в сградата. Посредством огледи и геометрични измервания са установени общите

строителни характеристики на сградата, необходими при инженерните изчисления за съставяне на енергийния баланс на сградата.

1.3.1. Геометрични характеристики на сградата

Таблица 1.2

Застроена площ	РЗП	Отопляема площ	Отопляем обем-нето
m ²	m ²	m ²	m ³
1188	3860,0	3860,0	13782,0

1.3.2. Строителни и топлофизични характеристики на стените по фасади

Таблица 1.3

Тип №	фасади				
	Посока	СИ	ЮИ	ЮЗ	СЗ
1	A, m ²	370,76	306,00	357,04	798,32
	U, W/m ² K	1,41	1,41	1,41	1,41

1.3.3. Строителни и топлофизични характеристики на прозорците и вратите по фасади:

Таблица 1.4. Разпределение на външните прозорци и врати

Строителни и топлотехнически характеристики						Фасади							
тип	a	b	A	U	g	СИ		ЮИ		ЮЗ		СЗ	
	m	m	m ²	W/m ² K	-	бр.	m ²	бр.	m ²	бр.	m ²	бр.	m ²
1	1,35	1,65	2,23	1,4	0,52	6	13,37	22	49,01	8	17,82	12	26,73
2	1,20	0,60	0,57	1,4	0,52	6	3,42	22	12,54	11	6,27	16	9,12
3	0,70	1,50	1,05	1,4	0,52	2	2,10		0,00		0,00		0,00
4	0,90	2,30	2,07	1,4	0,52		0,00		0,00		0,00	5	10,35
5	1,20	0,75	0,90	1,4	0,52		0,00		0,00	4	3,60	8	7,20
6	0,20	0,40	0,08	1,4	0,52		0,00		0,00		0,00	2	0,16
7	1,30	1,70	2,21	1,4	0,52		0,00		0,00	3	6,63	4	8,84
8	1,90	2,15	4,09	1,4	0,52	1	4,09		0,00		0,00		0,00
9	1,35	2,25	3,04	1,4	0,52	12	36,45	44	133,65	12	36,45	31	94,16
10	0,70	1,25	0,88	1,4	0,52	6	5,25		0,00	6	5,25		0,00
11	0,70	2,25	1,58	1,4	0,52		0,00	2	3,15		0,00		0,00
12	0,65	2,30	1,50	1,4	0,52		0,00	2	2,99		0,00		0,00
13	1,00	2,00	2,00	2	0,32	1	2,00		0,00		0,00		0,00
14	1,60	2,30	3,68	2	0,32		0,00		0,00		0,00	1	3,68
15	1,90	2,15	4,09	2	0,32		0,00		0,00	2	8,17		0,00
16	1,90	2,00	3,80	2	0,32	1	3,80		0,00		0,00		0,00
17	1,70	3,35	5,70	2	0,32		0,00	1	5,70		0,00		0,00
Общо				521,93		35	70,47	93	207,03	46	84,19	79	160,24

Където:

a – ширина на прозореца/вратата, m;

b – височина на прозореца/вратата, m;

A – площ на прозореца/вратата, m²;

U – коефициент на топлопреминаване през прозореца/вратата, W/m²K;

g – коеф. на сумарна пропускливост на слънчевата енергия през прозореца/вратата.

Таблица 1.5. Обобщени характеристики на външните прозорци и врати от отопляемия обем

Фасада	СИ	ЮИ	ЮЗ	СЗ	ОБЩО
A, m ²	64,67	201,34	76,02	156,56	498,59
U, W/m ² K	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
g, -	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
A, m ²	5,8	5,7	8,17	3,68	23,35
U, W/m ² K	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
g, -	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32

1.3.4. Строителни и топлофизични характеристики на покрива:

Таблицы 1.6. Обобщени характеристики на покрива

Тип		Покрив с височина на подпокривното пространство над 0,3м /тип 1/	Покрив с височина на подпокривното пространство над 0,3м /тип 2/-над физкултурен салон	Плосък ламаринен покрив /тип 3/ - предверие на физкултурен салон
№	-	-	-	-
1	A, m ²	831,85	291,85	64,3
	U, W/m ² K	1,07	1,16	3,43

Покрив с височина на подпокривното пространство над 0,30 м							
№	бвс	Gr	Pr	λ	лекв.	Uекв.	A
	m			W/mK	W/mK	W/ m ² K	m ²
1	1,850	13839006970	0,706	0,025	3,095	1,07	831,85
2	1,250	4308130419	0,706	0,025	2,312	1,16	291,85

1.3.5. Строителни и топлофизични характеристики на пода:

Таблицы 1.7. Обобщени характеристики на пода

Тип		Под над неотопляем сутерен	Под, директно граничещ със земя
№	-	-	-
1	A, m ²	497,0	691,0
	U, W/m ² K	0,76	0,33

1.4. Анализ на ограждащите елементи

При огледа на сградата са установени строителни елементи с различни топлотехнически характеристики, описани по-долу. Стойностите на показателите, характеризиращи

топлопреносните свойства на ограждащите конструкции, са получени чрез топлотехнически пресмятания.

В съответствие с действащата методика и с отчитане на всички идентифицирани типове ограждащи конструкции са пресметнати **обобщените коефициенти на топлопреминаване през външни стени на сградата $U_{об.стени}$ [W/m^2K], през под $U_{под}$ [W/m^2K], през покрива $U_{покрив}$ [W/m^2K].**

Еталонните стойности на топлотехническите характеристики на сградните ограждащи конструкции са изчислени за конкретната сграда, както по действащите норми към годината на въвеждането ѝ в експлоатация, така и по действащите към момента на извършване на настоящето обследване норми, отчитайки спецификата на строителната конструкция.

Оценката е извършена на база на общите строителни характеристики на обекта от Таблица 2.

1.4.1. Външни стени

Обследваната сграда е масивна със външни стени от тухлена зидария, измазани отвътре и отвън. Фасадата не е топлоизолирана.

Структурните елементи на външните ограждащи конструкции на сградата са представени в табличен вид, както следва:

Тип 1 – Външните стени тип 1 са тухлена зидария от плътни тухли, топлоизолирани, измазани отвън и отвътре.

Таблица 1.8. Структура на външните стени от тип 1

№	Материал	δ	λ	U
-	-	m	W/mK	W/m ² K
1	Варо-цименто пясъчна мазилка (външна)	0,025	0,87	1,41
2	Зидария от плътни тухли	0,38	0,79	
3	Варо- пясъчна мазилка (вътрешна)	0,02	0,7	



Фиг. 1.3. Външни стени тип 1

Изчисляване на U - коефициент на топлопреминаване през стените:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{se}}, W/m^2 K$$

където:

$R_{si} = 0,13 m^2 K/W$ - съпротивление на топлопреминаване от вътрешната страна на ограждащия елемент от Наредба 7

$R_{se} = 0,04 m^2 K/W$ - съпротивление на топлопреминаване от външната страна на ограждащия елемент от Наредба 7

δ_i - дебелина на отделните слоеве от един и същ материал, m

λ_i - коефициент на топлопроводност на материала от който е изграден съответния слой, W/mK.

Нормативният коефициент на топлопреминаване на стените за 2020 г. съгласно Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради е $U_{ст} = 0,28 W/m^2 K$.

Еквивалентният коефициент на топлопреминаване през външните ограждащи стени към момента на обследване на сградата е $U_{екв.} = 1,41 W/m^2 K$ - не отговаря на нормативните изисквания.

Изводи от анализа на състоянието на външни стени

- За подобряване на топлоизолационните качества на външните стени се предлага топлинна изолация от вътрешната им страна.

1.4.2. Дограма

При огледа се установи, че дограмата е в много добро състояние

Фасадната дограмата на сградата е подменена с PVC дограма със стъклопакет, която е в добро състояние.

Коефициентът на енергопреминаване на фасадната дограма е изчислен съгласно Приложение № 3 на Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради.

На фигурите по-долу са онагледени вида и типовете прозорци:



Фиг. 1.5. Дограма PVC



Фиг. 1.7. Входна врата и дограма сутерен

Нормативният коефициент топлопреминаване на дограма за 2020 г. съгласно Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради е $U_{ст} = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Еквивалентният коефициент на топлопреминаване през дограмата към момента на обследване на сградата е $U_{екв.} = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.4.3. Покрив

При огледа на сградата са идентифицирани три типа покривна конструкция – два типа скатен покрив с въздушна междина и един тип покрив, граничещ с външен въздух.





Фиг. 1.8. Покриви на сградата и подпокривно пространство

Тип 1 Скатен покрив с въздушна междина над 0,3 м.

Таблица 1.9. Структура на покрива

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
Покрив			
1	Керемиди	0,01	0,99
2	Битумна хидроизолация	0,005	0,17
3	Дъсчена обшивка	0,01	0,21
Таванска плоча			
1	Циментова замазка	0,05	0,93
2	Стоманобетонена плоча	0,20	1,63
3	Вътрешна мазилка	0,02	0,7

Таблица 1.10. Характеристика на покрива

Средна обемна температура на сградата	Температурата с най-голяма продължителност	Приведена височина на въздушния слой	Характеристика на таванската плоча		Характеристика на покривната плоча		Характеристика на вертикалните ограждащи елементи	
q_i	q_e	$\delta_{вс}$	A_1	U_1	A_2	U_2	A_3	U_3
°C	°C	m	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K
21	0	1,85	831,85	1,656	965	2,348	152,8	1,412

Температура на въздуха в подпокривното пространство	Повърхностна температура на таванската плоча	Повърхностна температура на покривната плоча	Периметър на сградата	Критерий на Грасхоф	Корекционен коэффициент		Характеристика на на покривната конструкция	
q_u	q_{se1}	q_{si2}	P	Gr	e_k	$\lambda_{екв}$	U	A
°C	°C	°C	m	-	-	W/mK	W/m ² K	m ²
2,5	13,8	2,5	191	1,38E+10	125,7763	3,095	1,07	831,85

Изчисленият коефициент на топлопреминаване през покрива е $U = 1,07 \text{ W/m}^2\text{K}$, твърде висок за подобен вид покриви.

Нормативният коефициент топлопреминаване за конкретната покривна конструкция за 2020 г. съгласно Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради е $U_{\text{ст}} = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$U=1,07$ – действителен $\text{W/m}^2\text{K}$

$U=0,27$ – референтен $\text{W/m}^2\text{K}$

Тип 2 Скатен покрив с въздушна междина над 0,3 м. – над физкултурен салон

Таблица 1.11. Структура на покрива

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
Покрив			
1	Керемиди	0,01	0,99
2	Битумна хидроизолация	0,005	0,17
3	Дъсчена обшивка	0,01	0,21
Таванска плоча			
1	Циментова замазка	0,05	0,93
2	Стоманобетонена плоча	0,12	1,63
3	Вътрешна мазилка	0,02	0,7

Таблица 1.12. Характеристика на покрива

Средна обемна температура на сградата	Температурата с най-голяма продължителност	Приведена височина на въздушния слой	Характеристика на таванската плоча		Характеристика на покривната плоча		Характеристика на вертикалните ограждащи елементи	
q_i	q_e	$\delta_{\text{вс}}$	A_1	U_1	A_2	U_2	A_3	U_3
°C	°C	m	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K
21	0	1,25	291,85	1,900	339	2,516	0	1,412

Температура на въздуха в подпокривното пространство	Повърхностна температура на таванската плоча	Повърхностна температура на покривната плоча	Периметър на сградата	Критерий на Грасхоф	Корекционен коэффициент	$\lambda_{\text{екв}}$	Характеристика на на покривната конструкция	
							U	A
q_u	q_{se1}	q_{si2}	P	Gr	e_k	W/mK	W/m ² K	m ²
°C	°C	°C	m	-	-	-	-	-
2,9	14,3	2,9	79	4,31E+09	93,9496	2,312	1,16	291,85

Изчисленият коефициент на топлопреминаване през покрива е $U = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, твърде висок за подобен вид покриви.

Нормативният коефициент топлопреминаване за конкретната покривна конструкция за 2020 г. съгласно Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради е $U_{ст} = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$U=1,16$ – действителен $\text{W/m}^2\text{K}$

$U=0,27$ – референтен $\text{W/m}^2\text{K}$

Тип 3 – Плосък покрив, граничещ с външен въздух.

Таблица 1.13. Структура на покрив от тип 3

№	Материал	δ	λ	U
-	-	m	W/mK	W/m ² K
1	Ламарина	0,003	53,5	3,43
2	Стоманобетонна плоча	0,20	1,63	
3	Вътрешна мазилка	0,02	0,7	

Изчисляване на U - коефициент на топлопреминаване през покрив тип 2:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{se}}, \text{ W/m}^2\text{K}$$

където:

$R_{si}=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ - съпротивление на топлопреминаване от вътрешната страна на ограждащия елемент от Наредба 7

$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ - съпротивление на топлопреминаване от външната страна на ограждащия елемент от Наредба 7

δ_i - дебелина на отделните слоеве от един и същ материал, m

λ_i - коефициент на топлопроводност на материала от който е изграден съответния слой, W/mK.

$U=3,43$ – действителен $\text{W/m}^2\text{K}$

$U=0,25$ – референтен $\text{W/m}^2\text{K}$

Обобщен коефициент за покрива:

$$U = \frac{A_1 \cdot U_1 + A_2 \cdot U_2 + A_3 \cdot U_3}{A_1 + A_2 + A_3} = 1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Обобщения коефициент на топлопреминаване през покрива към момента на обследване на сградата е $U_{екв.} = 1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$U=0,27$ – референтен обобщен

1.4.4. Под

Пода на сградата е два типа.

тип 1 - Под към неотопляем сутерен:

Таблица 1.14. Структура на подовата плоча към неотопляем сутерен

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
1	Паркет	0,022	0,15
2	Циментова замазка	0,03	0,93
3	Стоманобетонна плоча	0,2	1,63
4	Варо- пясъчна мазилка (вътр)	0,02	0,7

Таблица 1.15. Структура на пода на неотопляем сутерен

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
1	Циментова замазка	0,05	0,93
2	Стоманобетонна плоча	0,14	1,63
3	Уплътнена почва	0,2	1,16

Таблица 1.16. Структура на стена към земя на неотопляем сутерен

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
1	Хидроизолация	0,002	0,17
2	Зидария от плътни тухли	0,25	0,79
3	Варо- пясъчна мазилка (вътр)	0,02	0,7

Таблица 1.17. Структура на стена към външен въздух на неотопляем сутерен

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
1	Варо-цименто пясъчна мазилка (външна)	0,025	0,87
2	Зидария от решетъчни тухли	0,38	0,79
3	Варо- пясъчна мазилка (вътрешна)	0,02	0,7

Таблица 1.18. Характеристиките на пода неотопляем подземен етаж

Площ на подовата плоча върху земя	Ag	497	m ²
Периметър на подовата плоча върху земя	P	134,1	m
Съпротивление на топлопроводност на подовата плоча	Rf	0,33020	m ² K/W
височина на вертикалната стена над нивото на терена	h	0,95	m
Приведена дебелина на подовата плоча	dt	1,4169	m
Пространствена характеристика на пода	B'	7,41238	m
Дебелина на надземната част на вертикалната стена над нивото на терена	w	0,425	m
Височина на стените на подземния етаж до повърхността на терена	z	1,50	m
Коефициент на топлопроводност на земята, W/mK	λ	1,9	W/mK
Съпротивление от топлопредаване на вътрешната повърхност	Rsi	0,17	m ² K/W
Съпротивление от топлопредаване на външната повърхност	Rse	0,17	m ² K/W

Коефициент на топлопреминаване през пода на отопляваното помещение	Uf	1,4921	W/m ² K
Термичното съпротивление на подовата плоча в контакт с земята	Rbf	0,31207	m ² K/ W
Коефициент на топлопреминаване на подовата плоча в контакт със земята	Ubf	0,3678	W/m ² K
Съпротивление на топлопроводност на стените на подземния етаж	Rbw	0,35679	m ² K/ W
Приведена дебелина на стените на подземния етаж	dbw	1,0009	m
Коефициент на топлопреминаване през стените на подземен етаж	Ubw	0,8862	W/m ² K
Коефициента на топлопреминаване на стената над земята, граниеща със външен въздух на неотопляем етаж	Ukw	1,4118	W/m ² K
Нетен обем на въздуха на неотопляемия подземния етаж	V	1217,65	m ³
Кратност на въздухообмена в подз. неотопляем етаж	n	0,2	h ⁻¹
Коефициент	1/U	1,32252	m ² K/ W

Заместване изчислените коефициенти на топлопреминаване във:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A_G}{A_G U_{bf} + zPU_{bw} + hPU_{kw} + 0,33nV} = 1,32252 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

U=0,76 W/m²K – действителен

U=0,34 W/m²K – референтен .

Тип 2 – Под, директно граничещ със земя. Конструкцията му е от стоманобетонна плоча покрита с паркет, винилова настилка или мозайка, в зависимост от предназначението на помещението. В коридорите подовото покритие е мозайка, в класните стаи - паркет, във физкултурният салон – винилова настилка.

Таблица 1.19. Структура на подово покритие мозайка

№	Материал	δ	λ	R
-	-	m	W/mK	m ² K/W
1	Мозайка	0,02	2,47	0,00810
2	Циментова замазка	0,05	0,930	0,05376
3	Армирана бетонова настилка	0,150	1,630	0,09202
4	Чакъл	0,250	1,100	0,22727
5	Уплътнена почва	0,25	1,160	0,21552
R _f				0,59668

Таблица 1.20. Структура на подово покритие ламиниран паркет

№	Материал	δ	λ	R
-	-	m	W/mK	m ² K/W
1	Ламиниран паркет	0,007	0,23	0,03043
2	Циментова замазка	0,05	0,930	0,05376
3	Армирана бетонова настилка	0,150	1,630	0,09202
4	Чакъл	0,250	1,100	0,22727
5	Уплътнена почва	0,25	1,160	0,21552
R _f				0,61901

Таблица 1.21. Структура на подово покритие гранитогрес

№	Материал	δ	λ	R
-	-	m	W/mK	m ² K/W
1	Винилова подова настилка	0,006	0,19	0,03158
2	Циментова замазка	0,05	0,930	0,05376
3	Армирана бетонова настилка	0,150	1,630	0,09202
4	Чакъл	0,250	1,100	0,22727
5	Уплътнена почва	0,25	1,160	0,21552
R _f				0,62016

Таблица 1.22. Подове R екв.

№	Материал на подовите покрития	R	площ
-	-	m ² K/W	m ²
1	Мозайка	0,59668	287
2	Ламиниран паркет	0,61901	228
3	Винилова подова настилка	0,62016	176
R _{февив}		0,61003	691

Характеристики на пода			Тип 2
			Под върху земя
Площ на подовата плоча върху земя	A	m ²	691
Периметър на подовата плоча върху земя	P	m	196
Термично съпротивление на подовата плоча	R _{фев}	m ² K/W	1,199
Еквивалентна дебелина на подовата плоча	d _t	m	3,147
Пространствена характеристика на пода	B'	m	7,051
Дебелина на надземната част на вертикалната стена над нивото на терена	w	m	0,33
Коефициент на топлопреминаване на подовата плоча	U ₀	W/m ² K	0,330

Коефициентът на топлопреминаване през пода към момента на обследване на сградата е $U_{\text{екв.}} = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$U=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ – действителен

$U=0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ – референтен



Фиг. 1.11. Подови настилки в сградата

Обобщен коефициент за пода:

$$U = \frac{A_1 \cdot U_1 + A_2 \cdot U_2}{A_1 + A_2} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Обобщения коефициент на топлопреминаване през пода към момента на обследване на сградата е $U_{\text{екв.}} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$U=0,37$ – референтен обобщен

2. Топлоснабдяване**2.1. Отопление**

За отоплението на сградата като източник на топлина се използва котелна инсталация с 6 броя стенни газови кондензни котли BOSCH тип ZBR 42-3 A 23, работещи в паралел всеки с мощност до 42 kW. С изключително топлопроводимия си топлообменник от алуминий-силициева сплав котлите постигат изключително висок коефициент на ефективност 109%. Всеки котел е оборудван с предпазен клапан, манометър, разширителен съд температурен датчик на входа и изхода.



Фиг. 2.1 Газов котел

2.2. Отоплитена инсталация

Отоплението е водно помпено с двутръбна разпределителна мрежа, частично монтирана в сутеренната част и под тавана на първи етаж. Отоплителните тела са двупанелни радиатори с двойно оребряване в учебната сграда и санитарните помещения на физкултурния салон, и топовъздушни апарати с водна риза във физкултурния салон. Част от тръбната разводка в неотопляемите помещения е топлоизолирана с тръбна изолация от микропореста гума, тръбната разводка в котелното помещение не е топлоизолирана. Отоплителните тела не са окомплектовани с регулираща арматура. Циркулацията на топлоносителя се осъществява с циркулационни помпи Грундфос. Компенсирането на топлинните разширения е с мембранны разширителни съдове. Отоплителната инсталация е в добро състояние, монтирана е сравнително скоро, но няма налична проектна документация.



Фиг. 2.2 Отоплителни тела, използвани в сградата

2.3. Вентилационна инсталация

Няма изградена вентилационна инсталация. Вентилацията на помещенията в сградата, в т.ч. и санитарните, е естествена-чрез отваряеми прозорци. Вентилацията на физкултурния салон е естествена – чрез отваряеми прозорци, и принудителна – чрез стенни вентилатори, включвани при необходимост ръчно.

2.4. БГВ

За сградата битовата гореща вода се осигурява от ел. бойери, монтирани в сградата.

Годишният разход на смесена вода за битови нужди (37,⁰ C) е определен по уравнението на топлинния баланс:

$$Q=Q.t=V.\rho.c_p.\Delta\theta \text{ (J)}$$

където:

Q – потребена електроенергия за БГВ, J;

Q– обща електрическа мощност на инсталираните бойлери, W;

t – време, s;

V – обем на подгрята вода, m³;

ρ – плътност на водата , kg/m³;

c_p – специфичен топлинен капацитет на водата, J/kgK;

$\Delta\Theta$ – температурна разлика, K.

След преобразуване на горното уравнение за годишното потребление на гореща вода за битови нужди се получава:

$$V_{\text{с.п.}} = \frac{Q_1 \cdot D \cdot h \cdot 3600 \cdot 1000}{\rho \cdot c_p \cdot (t_{\text{см.в.}} - t_{\text{ст.в.}})} = 161819 \text{ l/y}$$

където:

$V_{\text{с.п.}}$ – годишен разход на смесена вода, l/y;

Q_1 – 9000 W обща електрическа мощност на инсталираните бойлери в санитарните помещения

D – 260 бр, работни дни на БГВ за година,

h – 2,4 h, работни часове на БГВ за ден

ρ – 998 kg/m³; плътност на водата при $t_w = 22,5^\circ\text{C}$

c_p – 4173 J/kgK; специфичен топлинен капацитет на водата при $t_w = 22,5^\circ\text{C}$

$t_{\text{см.в.}}$ – 37.7°C; температура на смесената вода;

$t_{\text{ст.в.}}$ – 7 °C температура на студената вода;

Специфичният разход на смесена вода за битови нужди, отнесена към един квадратен метър отопляема площ се изчислява по формулата:

$$V = \frac{V}{A_{\text{от}}} = 54 \text{ l/m}^2.\text{y}$$

$A_{\text{от}}$ – отопляема площ, m².



Фиг. 2.2. Бойлер, използван в сградата

3. Електрозахранване и електропотребление

Електрозахранването в сградата се осъществява от мрежата ниско напрежение на гр. Генерал Тошево. От трансформатора се захранват главното разпределително табло (ГРТ) на сградата. Главното електрическо табло е в добро състояние, метално фалтово. В главното табло е монтирани електромер, отчитащи потребената електроенергия в сградата, обособени няколко захранващи секции. Ел.таблата на сградата са метални с витлови предпазители за отделните токови кръгове.

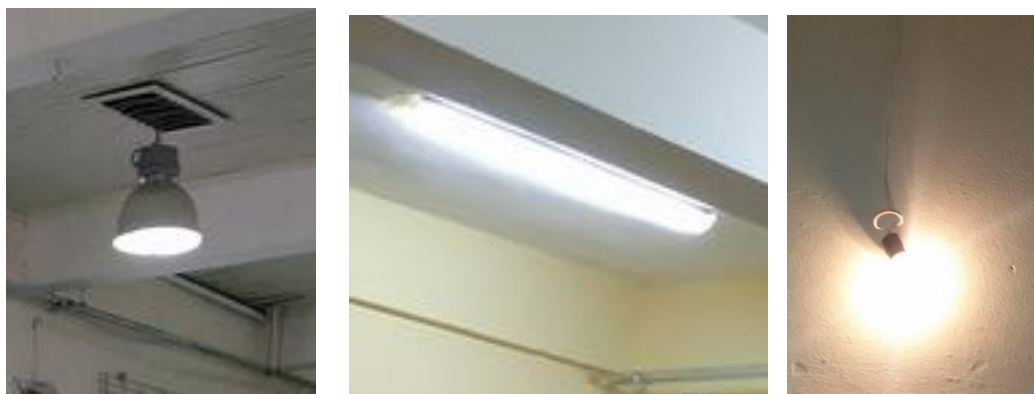
Електропотреблението на този обект е предвидено в зависимост от неговото предназначение и инсталираните електро консуматори, които са предимно осветление, технически електрически уреди и офис оборудване.



Фиг. 3.1. Ел. табло

3.1 Електропотребление за осветление

Осветителната инсталация е скрита. Осветителната инсталация е изпълнена с различни видове осветителни тела. Санитарните възли са с противовлажни плафониери оборудване с лампи с нажежаема спирава (ЛНС).



Фиг. 3.2. Осветителни тела, използвани в сградата

Осветителната уредба на обекта, според местонахождението си, се състои от две основни части – вътрешно осветление, влияещо на топлинния комфорт в сградата, и външно осветление, попадащо в групата на външните, невяляещи консуматори на ел.енергия. Използваната система е от типа „общо, директно осветление”, с осветителни тела, монтирани предимно на тавана. Осветителните тела са разнообразни – ЛОТ, лампи с нажежаема жичка.

Таблица 3.1 Използвани осветителни тела в сградата

№	Тип консуматор	Брой	Режим	Режим	P _{ном.}	P _{инст.}	K _{едн}	R _{инст.*Кедн}
-	-	-	h/ден	д/седм	W	W	к	
1	ЛОТ 2x18	182	6	5	36	6552	1	6552
2	ЛОТ 4x18	96	6	5	72	6912	0,95	6566,4
3	ЛНЖ	98	5	5	18	1764	0,9	1587,6
4	ЛНЖ	58	5	5	12	696	0,9	626,4
	Общо					15924		15332,4

$$P_{едн} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{p\text{ инст.}} * k_{едн}}{A_u} = 5.1 \text{ W/m}^2$$

където:

Редн. – едновременна мощност, W/m²

W_{p_инст} – мощност на работещите уреди, W

A_u – отопляема площ, m²

кедн. – коефициент на едновременност на група уреди

Общата мощност на работещите осветителни тела е P=15,9 kW. Периода на едновременност в зависимост от режима на работа за седмица е t_{едн}=28 ч/седмица с едновременна мощност P=5,1 W/m².

3.2. Силови консуматори на ел. енергия, влияещи на топлинния баланс

Консуматорите в сградата се разделят на две части влияещи и не влияещи на топлинния баланс. Тяхното влияние се обуславя от собствените им топлоизлъчвания и от местоположението им в сградата. В тази сграда има уреди, които се намират в отопляемия обем на сградата и оказват влияние на отоплението чрез собственото си топлоотдаване



Фиг. 3.2. Електроуреди, влияещи на топлинния баланс

Разпределението по мощност на отделните консуматори на ел.енергия е както следва:

Таблица 3.2 Влияещи консуматори в сградата

№	Тип консуматор	Брой	Режим	Режим	Р _{ном.}	Р _{инст.}	К _{едн}	Р _{инст.*Кедн}
-	-	-	h/ден	д/седм	kW	kW	к	
1	Компютър	22	6	5	0,5	0,35	0,6	0,21
2	Лаптоп	15	6	5	0,18	2,7	0,6	1,62
3	Принтер	6	2	5	0,15	0,9	0,2	0,18
4	МФУ	2	2	5	0,5	1	0,25	0,25
5	Копирна машина	2	1	5	0,8	1,6	0,2	0,32
6	Проектор	8	6	5	0,5	4	0,9	3,6
	Общо					10,55		6,78

$$P_{едн} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{п\text{ инст.}} * k_{едн}}{A_u} = 2,2 \text{ W/m}^2$$

където:

Редн. – едновременна мощност, W/m²

W_{р_инст} – мощност на работещите уреди, W

A_u – отопляема площ, m²

кедн. – коефициент на едновременност на група уреди

Общата мощност на работещите уреди влиящи на баланса е P=10,55 kW. Периода на едновременност в зависимост от режима на работа на електроуредите за седмица е t_{едн}= 19 ч/седмица с едновременна мощност P=2,2 W/m².

3.3. Силови консуматори на ел. енергия, невяляещи на топлинния баланс

Не влияещите на топлинния баланс в случая са външното осветление, тъй като самите осветителни тела са извън сградата, както и осветлението в неотопляемите помещения. Специфичната мощност за невяляещи на топлинния баланс е включена в общия баланс на енергопотребление на сградата като компонента невяляеща на топлинния баланс.



Фиг. 3.3 Консуматори, невяляещи на топлинния баланс – осветление неотопляеми помещения

Таблица 3.3 Невлияещи консуматори в сградата

№	Тип консуматор	Брой	Режим	Режим	P _{ном.}	P _{инст.}	K _{едн}	Ринст.*Кедн
-	-	-	h/ден	д/седм	W	W	к	
1	Външно осветление- - прожектор	8	8	7	150	1200	1	1200
2	Осветление сутерен	12	0,2	3	50	600	1	600
	Общо					1800		1800

$$P_{едн} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{p\text{ инст.}} * k_{едн}}{A_u} = 0,6$$

където:

Редн. – едновременна мощност, W/m²

Wp_инст – мощност на работещите уреди, W

Au – отопляема площ, m²

кедн. – коефициент на едновременност на група уреди

Общата мощност на работещите уреди невлиящи на баланса е P=1,8 kW. Периода на едновременност в зависимост от режима на работа на електроуредите за седмица е t_{едн}= 20 ч/седмица с едновременна мощност P=0,6 W/m².

3.4 Енергопотребление

Предоставени са данни от собствениците за консумацията на енергоносители- природен газ и ел.енергия за последните три години.

Таблица 3.4 Годишен профил на изразходвана енергия за 2017

Отоплителен период 16.10 до 23.04			Ел.енергия		Топлина от природен газ			Денградуси Кл.зона	
Месец	θе	Денгра- дуси							
-	°C	DD	kWh	лв.	xHm ³	kWh	лв.	°C	DD
Януари	-1	713	4219	838,94	31,09	293581	20132,79	0,5	667
Февруари	4,5	490						0,9	591
Март	8,4	422	8154	1 622,20				4	558
Април	9,9	303	2664	661,55				9,7	308
Май			2132	427,60					
Юни			1090	218,59					
Юли			654	157,28					
Август			468	93,44					
Септември			455	90,85					
Октомври	13,8	90	2057	423,24				11,6	114
Ноември	9,7	369	1291	257,76				6,3	471
Декември	2,3	611	4789	955,97				0,7	660
ОБЩО:		2997	27 973	5 747,4	31,09	293581	20132,79		3369

Таблица 3.4 Годишен профил на изразходвана енергия за 2018

Отоплителен период 16.10 до 23.04			Ел.енергия		Топлина от природен газ			Денградуси Кл.зона	
Месец	θе	Денгра- дуси							
-	°C	DD	kWh	лв.	xHm ³	kWh	лв.	°C	DD
Януари	4,4	546	3 559	744,55	34,525	326039	28118,22	0,5	667
Февруари	5,2	470	4 855	1 051,56				0,9	591
Март	7,1	462	7 642	1 653,35				4	558
Април	11,9	253	1 880	406,65				9,7	308
Май			1 145	250,60					
Юни			901	196,39					
Юли			564	129,34					
Август			491	108,98					
Септември			925	205,31					
Октомври	13,8	90	2 310	512,65				11,6	114
Ноември	9,8	366	3 534	786,60				6,3	471
Декември	7,4	453	3 737	829,29				0,7	660
ОБЩО:		2639	31 543	6 875,3	34,525	326039	28118,22		3369

Таблица 3.4 Годишен профил на изразходвана енергия за 2019

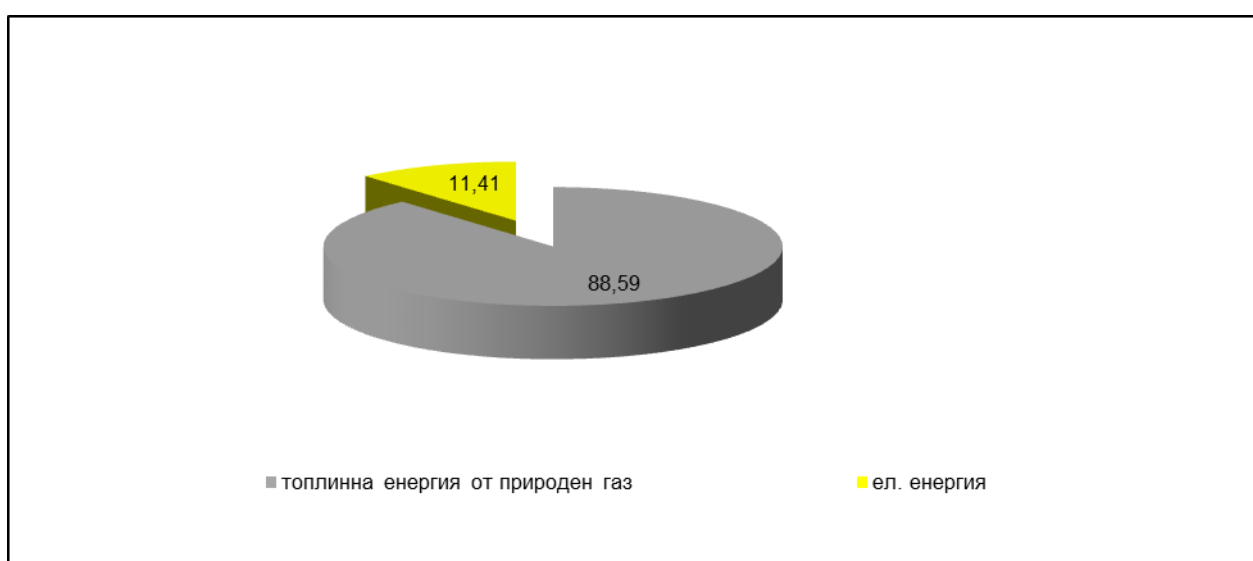
Отоплителен период			Ел.енергия		Топлина от природен газ			Денградуси Кл.зона	
Месец	θе	Денгра- дуси							
-	°C	DD	kWh	лв.	xHm ³	kWh	лв.	°C	DD
Януари	3,8	564	4 615	1 024,08	24,36	230045	20372,44	0,5	667
Февруари	4,7	484	4 385	973,07				0,9	591
Март	7,3	456	3 441	763,62				4	558
Април	10,5	288	2 901	643,71				9,7	308
Май			1 492	391,58					
Юни			735	192,89					
Юли			500	132,01					
Август			525	128,76					
Септември			1 136	278,58					
Октомври	14,9	78	2 192	537,55				11,6	114
Ноември	9,6	372	2 920	716,04				6,3	471
Декември	3,9	561	4 789	955,97				0,7	660
ОБЩО:		2803	29 631	6 737,9	24,36	230045	20372,44		3369

Анализът на енергопотреблението е извършен на база направени енергийни разходи за енергия за периода 2019 г., през който има среден разход на ел. енергия. При изграждане на модела на сградата са анализирани общите разходи за година на сградата.

Обектът на обследване се намира в Климатична зона 2. Външната изчислителна температура за разглеждания район е -15°C . Влиянието на външния климат е отчетено като са използвани реално регистрираните средномесечни температури на въздуха в населеното място, по данни от Националния институт по метеорология и хидрология към БАН. На тяхна основа са пресметнати реалните денградуси.

Нормативната температура на въздуха в сградата е 21°C , съгласно изискванията на Наредба № 15 технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия.

Разпределението на видовете енергоносители в проценти е представен в следната графика.



Фиг. 3.4. Разпределение на енергоносителите в проценти

4.МОДЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СГРАДАТА

4.1. Създаване на модел на сградата

Моделното изследване на енергопотреблението в сградата е извършено на основата на БДС ISO 13789 и БДС ISO 13790.

Цялата сграда се разглежда като интегрирана система с една температурна зона.

С модела се цели:

- да се получи действително необходимата енергия за поддържане на микроклимата в сградата;
- да се очертаят възможностите за енергоспестяващи мерки, които да осигурят намаление на енергийните разходи до ниво, даващо право за получаване на сертификат за енергийна ефективност;
- да се извърши икономическа оценка на възможните енергоспестяващи мерки.

Сградата попада в Климатична зона 4. На Фиг. 4.1, и Фиг. 4.2 и Фиг. 4.3 са дадени изходните данни и еталонните стойности на използваните параметри.

Име на проекта	Ген Тошево СУ Вапцаров
Страна	България
Климатични данни	Клим. зона 2 - Добрич. Шумен
Тип сграда	Потребителски-Потребителски-У
Референтни стойности	2020г.
Празници	Училище

Фиг. 4.1. Входящи данни

Настройки - климатични данни			Настройки - еталонни данни			Настройки - празници		
Описание на сградата			Отопление			БГВ		
Страна	България		U - стени	W/m²K	0,28	БГВ - консумация	I/m²a	54,0
Тип сграда	Потребителски-Потребителски		U - прозорци	W/m²K	1,40	Темп. разлика	°C	30,0
Състояние	2020г.		U - покрив	W/m²K	0,27	Ефект.разпредмрежа	%	100,0
отопл. h/ден през раб. дни	12,0		U - под	W/m²K	0,37	Автом. управление	%	97,0
отопл. h/ден през съботите	0,0		Коеф. на енергопрем.		0,50	Е_П / ЕМ	%	96,0
отопл. h/ден през неделите	0,0		Инфилтрация	l/h	0,50	КПД на топлоснабд.	%	100,0
хора h/ден през раб. дни	12,0		Проектна темп.	°C	21,0	Осветление		
хора h/ден през съботите	0,0		Темп. с понижение	°C	16,0	Работен режим	ч/седм.	28,0
хора h/ден през неделите	0,0		Ефективност на отдаване	%	100,0	Едновр.мощност	W/m²	5,1
Външни стени	m²	2 232	Ефект.разпредмрежа	%	95,0	Вентилатори. помпи		
Стени север	m²	371	Автом. управление	%	97,0	Вент..мощност	W/m²	0,00
Стени изток	m²	706	Е_П / ЕМ	%	96,0	Помпи вентилация	W/m²	0,00
Стени юг	m²	357	КПД на топлоснабд.	%	92,0	Помпи отопление	W/m²	0,05
Стени запад	m²	798	Относ. площ прозорци	%	23,9	Е_П / ЕМ	%	0,00
Прозорци	m²	522	Вентилация (отопл.)			Други използвани		
Площ прозорци север	m²	70	Работен режим	h/week	0,0	Работен режим	ч/седм.	19,00
Площ прозорци изток	m²	270	Дебит	m³/m²h	0,00	Едновр.мощност	W/m²	2,2
Площ прозорци юг	m²	84	Темп. на подаване	°C	0,0	Други неизползвани		
Площ прозорци запад	m²	160	Рекуперация	%	0,0	Работен режим	ч/седм.	20,0
Покрив	m²	1 188	Ефективност на отдаване	%	0,0	Едновр.мощност	W/m²	0,60
Под	m²	1 188,00	Ефект.разпредмрежа	%	0,0	Топл. от обитатели		
Отопляема площ	m²	2 987,00	Автом. управление	%	50,0	Топл. от обитатели	W/m²	0,00
Отопляем обем	m³	11 577,00	Овлажняване		0,0			
Еф.топл.капацитет	W/m²K	45,88	Е_П / ЕМ	%	0,0			
Фактор на формата		0,40	КПД на топлоснабд.	%	0,0			

Фиг. 4.2. Еталонни данни за сградата към 2020г.

От Фиг.4.3. до Фиг.4.9. са показани нанесените в програмата данни за строителните и топлофизични характеристики на различните видове външни ограждащи конструкции според небесната им ориентация.

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под
-------	-------------	-------	----------	----	----------	-------	-------------	--------	-----

Външни стени		Прозорци			
A	U	A	U	g	n
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	-
370,76	1,41	64,67	1,40	0,52	1
		5,80	2,00	0,32	1
Обща площ на фасадата					
441,23	[m ²]				
Външни стени		Прозорци			
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)	
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	
370,76	1,41	70,47	1,45	0,50	
ЕС мерки					

Фиг. 4.3. Външни ограждащи елементи – посока Североизток

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под
-------	-------------	-------	----------	----	----------	-------	-------------	--------	-----

Външни стени		Прозорци			
A	U	A	U	g	n
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	-
706,00	1,41	201,34	1,40	0,52	1
		5,70	2,00	0,32	1
Обща площ на фасадата					
913,04	[m ²]				
Външни стени		Прозорци			
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)	
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	
706,00	1,41	207,04	1,42	0,51	

Фиг. 4.4. Външни ограждащи елементи – посока Югоизток

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под
-------	-------------	-------	----------	----	----------	-------	-------------	--------	-----

Външни стени		Прозорци			
A	U	A	U	g	n
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	-
357,04	1,41	76,02	1,40	0,52	1
		8,17	2,00	0,32	1
Обща площ на фасадата					
441,23	[m ²]				
Външни стени		Прозорци			
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)	
[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/m ² K]	-	
357,04	1,41	84,19	1,46	0,50	

Фиг. 4.5. Външни ограждащи елементи – посока Югозапад

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Външни стени</th> <th colspan="4">Прозорци</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>U</th> <th>A</th> <th>U</th> <th>g</th> <th>n</th> </tr> <tr> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>-</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>798,32</td> <td>1,41</td> <td>156,56</td> <td>1,40</td> <td>0,52</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>3,68</td> <td>2,00</td> <td>0,32</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Външни стени		Прозорци				A	U	A	U	g	n	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-	-	798,32	1,41	156,56	1,40	0,52	1			3,68	2,00	0,32	1																								
Външни стени		Прозорци																																																													
A	U	A	U	g	n																																																										
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-	-																																																										
798,32	1,41	156,56	1,40	0,52	1																																																										
		3,68	2,00	0,32	1																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Обща площ на фасадата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>958,56</td> <td>[m²]</td> </tr> </tbody> </table>										Обща площ на фасадата		958,56	[m²]																																																		
Обща площ на фасадата																																																															
958,56	[m²]																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Външни стени</th> <th colspan="3">Прозорци</th> </tr> <tr> <th>A (нето)</th> <th>U (екв)</th> <th>A (нето)</th> <th>U (екв)</th> <th>g (екв)</th> </tr> <tr> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>798,32</td> <td>1,41</td> <td>160,24</td> <td>1,41</td> <td>0,52</td> </tr> </tbody> </table>										Външни стени		Прозорци			A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-	798,32	1,41	160,24	1,41	0,52																																		
Външни стени		Прозорци																																																													
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)																																																											
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-																																																											
798,32	1,41	160,24	1,41	0,52																																																											

Фиг. 4.6. Външни ограждащи елементи – посока Северозапад

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Покрив</th> <th colspan="4">Прозорци</th> <th rowspan="2">Наклон deg</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>U</th> <th>A</th> <th>U</th> <th>g</th> <th></th> </tr> <tr> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>-</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>831,85</td> <td>1,07</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Север</td> </tr> <tr> <td>291,85</td> <td>1,16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Изток</td> </tr> <tr> <td>64,30</td> <td>3,43</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Юг</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Запад</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>СИ/СЗ</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ЮИ/ЮЗ</td> </tr> </tbody> </table>										Покрив		Прозорци				Наклон deg	A	U	A	U	g		[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-		831,85	1,07					Север	291,85	1,16					Изток	64,30	3,43					Юг							Запад							СИ/СЗ							ЮИ/ЮЗ
Покрив		Прозорци				Наклон deg																																																																
A	U	A	U	g																																																																		
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-																																																																		
831,85	1,07					Север																																																																
291,85	1,16					Изток																																																																
64,30	3,43					Юг																																																																
						Запад																																																																
						СИ/СЗ																																																																
						ЮИ/ЮЗ																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Обща площ на покрива</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 188,00</td> <td>[m²]</td> </tr> </tbody> </table>										Обща площ на покрива		1 188,00	[m²]																																																									
Обща площ на покрива																																																																						
1 188,00	[m²]																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Покрив</th> <th colspan="3">Прозорци</th> </tr> <tr> <th>A (нето)</th> <th>U (екв)</th> <th>A (нето)</th> <th>U (екв)</th> <th>g (екв)</th> </tr> <tr> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 188,00</td> <td>1,22</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Покрив		Прозорци			A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-	1 188,00	1,22																																												
Покрив		Прозорци																																																																				
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)																																																																		
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-																																																																		
1 188,00	1,22																																																																					

Фиг. 4.7. Покрив

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Данни за пода</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Състояние</th> <th colspan="2">ЕС мерки</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>U</th> <th>A</th> <th>U</th> </tr> <tr> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> <th>[m²]</th> <th>[W/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>497,00</td> <td>0,76</td> <td>497,00</td> <td>0,76</td> </tr> <tr> <td>691,00</td> <td>0,33</td> <td>691,00</td> <td>0,33</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A (нето)</td> <td>U (екв)</td> <td>A (нето)</td> <td>U (екв)</td> </tr> <tr> <td>1 188,00</td> <td>0,51</td> <td>1 188,00</td> <td>0,51</td> </tr> </tbody> </table>										Данни за пода				Състояние		ЕС мерки		A	U	A	U	[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	497,00	0,76	497,00	0,76	691,00	0,33	691,00	0,33													A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	1 188,00	0,51	1 188,00	0,51
Данни за пода																																																					
Състояние		ЕС мерки																																																			
A	U	A	U																																																		
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]																																																		
497,00	0,76	497,00	0,76																																																		
691,00	0,33	691,00	0,33																																																		
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)																																																		
1 188,00	0,51	1 188,00	0,51																																																		

Фиг. 4.8. Под

Отопляема площ	m ²	2 987	Външни стени	m ²	2 232
Отопляем обем	m ³	11577	Прозорци	m ²	522
Ефективен топлинен капацитет	Wh/m ² K	46	Покрив	m ²	1 188
			Под	m ²	1 188

Топлина от обитатели	W/m ²	0,0
----------------------	------------------	-----

График обитатели ч/ден		График отопление ч/ден	
Работни дни. ч/ден	12	Работни дни. ч/ден	12
Събота. ч/ден	0	Събота. ч/ден	0
Неделя. ч/ден	0	Неделя. ч/ден	0

Фиг. 4.9. Общи характеристики на сградата

4.2. Калибриране на модела

В колона **“Състояние”** са въведени параметри на съществуващото състояние на сградата, които са установени при извършването на огледа и заснемането на сградата (Фиг. 4.14). Предварително се попълват данни за системите участващи във оформянето на топлинния баланс на сградата – Фиг. 4.11 до Фиг. 4.13.

Параметър	Еталон	Състояние	Базова линия	Чувствителност kWh/m ² a	ЕС мерки	Спестяване
3. БГВ 2,0 kWh/m ² a						
БГВ - консумация	54 l/m ² a	54	54	+ 10 l/m ² = 0,37	54	
Темп. разлика	30,0 °C	30,0	30,0		30,0	
Годишно след смесване	m ³	161	161		161	
Сума 1	kWh/m ² a	1,9	1,9		1,9	
Ефект.разпред.мрежа	100,0 %	100,0	100,0		100,0	
Автом. управление	97,0 %	97,0	97,0		97,0	
Е.П./ЕМ	96,0 %	96,0	96,0		96,0	
Сума 2	kWh/m ² a	2,0	2,0		2,0	
КПД на топлоснабд.	100,0 %	100,0	100,0		100,0	
Сума 3	kWh/m ² a	2,0	2,0		2,0	

Фиг. 4.11. БГВ

Параметър	Еталон	Състояние	Базова линия	Чувствителност kWh/m ² a	ЕС мерки	Спестяване
4. Вентилатори и помпи 0,2 kWh/m ² a						
Вентилатори	0,00 W/m ²	0,00	0,00	+1 W/m ² = 0,00	0,00	
Помпи вентилация	0,00 W/m ²	0,00	0,00	+1 W/m ² = 0,00	0,00	
Помпи отопление	0,05 W/m ²	0,05	0,05	+1 W/m ² = 4,49	0,05	
Е.П./ЕМ	0 %	0,00	0,00		0,00	
Сума 3	kWh/m ² a	0,2	0,2		0,2	
5. Осветление 5,6 kWh/m ² a						
Работен режим	28 ч/седм.	28	28	+1 ч/седм. = 0,20	28	
Едновр.мощност	5,10 W/m ²	5,10	5,10	+1 W/m ² = 1,10	5,10	
Сума 3	kWh/m ² a	5,6	5,6		5,6	

Фиг. 4.12. Помпи и осветление

Параметър	Еталон	Състояние	Базова линия	Чувствителност kWh/m²a	ЕС мерки	Спестяване
6. Разни						
6.1 Разни влияещи на баланса 1,6 kWh/m²a						
Работен режим	19 ч/седм.	19	19	+5 ч/седм. = 0,43	19	
Едновр.мощност	2,20 W/m²	2,20	2,20	+1 W/m² = 0,75	2,20	
Сума 3	kWh/m²a	1,6	1,6		1,6	
6.2 Разни невяляещи на баланса 0,5 kWh/m²a						
Работен режим	20 ч/седм.	20	20	+5 ч/седм. = 0,02	20	
Едновр.мощност	0,60 W/m²	0,60	0,60	+1 W/m² = 0,79	0,60	
Сума 3	kWh/m²a	0,5	0,5		0,5	

Фиг. 4.13. Разни консуматори на ел. енергия в сградата

За калибриране на модела е необходимо да се изчисли референтния разход за отопление за избраната за представителна 2020 г. по следната формула:

$$q_{\text{ref}} = \frac{Q_{\text{от}}}{A_{\text{от}}} \cdot \frac{DD_{\text{кл.3.}}}{DD_{2014}} = 93,7$$

където:

$Q_{\text{от}}$ – годишен разход на енергия за отопление (природен газ) през отоплителния сезон = 230045 kWh

$A_{\text{от}}$ – отопляема площ на сградата, m²

$DD_{\text{кл.3.}}$ = 3182 – отоплителни денградуси за климатична зона ;

DD_{2019} = 2616 – отоплителни денградуси за 2019

Калибрирания модел на сградата се получава при инфилтрация на външен въздух 0,52 h⁻¹ и поддържана температура 15,8°C.

1. Отопление		79,6 kWh/m²a
U - стени	0,28 W/m²K	1,41
U - прозорци	1,40 W/m²K	1,43
U - покрив	0,27 W/m²K	1,22
U - под	0,37 W/m²K	0,51
Фактор на формата	0,33 -	0,33
Относ. площ прозорци	17,5 %	17,5
Коеф. на енергопрем.	0,50 -	0,51
Инфилтрация	0,50 1/h	0,52
Проектна темп.	21,0 °C	15,8
Темп. с понижение	16,0 °C	10,0
Приноси от		
Вентилация (отопл.)	kWh/m²a	0,00
Осветление	kWh/m²a	3,15
Други	kWh/m²a	0,92
Сума 1	kWh/m²a	76,3
Ефективност на отдаване	100,0 %	100,0
Ефект.разпред.мрежа	95,0 %	95,0
Автом. управление	97,0 %	97,0
Е П / ЕМ	96,0 %	96,0
Сума 2	kWh/m²a	86,2
КПД на топлоснабд.	92,0 %	92,0
Сума 3	kWh/m²a	93,7

Фиг. 4.14. Калибриран модел на системата за отопление на сградата

От Фиг. 4.14 се вижда, че годишното потребление на енергия за отопление на сградата е по-голямо от нормативната стойност.

4.3. Нормализиране на модела

Нормализирането на модела има за цел установяване на необходимото количество енергия за сградата, при поддържане на необходимите параметри за топлинен комфорт. За целта нормализираме режима на отопление на сградата.

Параметър	Еталон	Състояние	Базова линия
1. Отопление 79,6 kWh/m ² a			
U - стени	0,28 W/m ² K	1,41 >	1,41
U - прозорци	1,40 W/m ² K	1,43 >	1,43
U - покрив	0,27 W/m ² K	1,22 >	1,22
U - под	0,37 W/m ² K	0,51 >	0,51
Фактор на формата	0,33 -	0,33	0,33
Относ. площ прозорци	17,5 %	17,5	17,5
Коеф. на енергопрем.	0,50 -	0,51 >	0,51
Инфилтрация	0,50 1/h	0,52 >	0,52
Проектна темп.	21,0 °C	15,8 >	21,0
Темп. с понижение	16,0 °C	10,0 >	16,0
Приноси от			
Вентилация (отопл.)	kWh/m ² a	0,00 ...	0,00 ...
Осветление	kWh/m ² a	3,15 ...	3,70 ...
Други	kWh/m ² a	0,92 ...	1,08 ...
Сума 1	kWh/m²a	76,3	144,1
Ефективност на отдаване	100,0 %	100,0 >	100,0
Ефект.разпред.мрежа	95,0 %	95,0 >	95,0
Автом. управление	97,0 %	97,0 >	97,0
Е П / ЕМ	96,0 %	96,0 >	96,0
Сума 2	kWh/m²a	86,2	162,9
КПД на топлоснабд.	92,0 %	92,0 >	92,0
Сума 3	kWh/m²a	93,7	177,1

Фиг. 4.15. Нормализиран модел на системата за отопление на сградата

Фиг. 4.16. показва разходът на енергия за отопление на сградата при поддържане на нормативните стойности на температурата на въздуха в помещенията. За да се осигурят необходимите стойности на температурата на въздуха в сградата при съществуващото състояние на ограждащите конструкции и режимите на обитаване и експлоатация, годишният разход на енергия за отопление е 171,1kWh/m².

Бюджет "Разход на енергия"		ЕС мерки	Мощностен бюджет	ЕТ крива	Годишно разпред
Тип сграда		Потребителски-Училище		Клим. зона	Клим. зона 2
Референтни стойности		2020г.			
Параметър	Еталон kWh/m²	Състояние kWh/m² kWh/a		Базова линия kWh/m² kWh/a	
1. Отопление	79,6	93,7	280 019	177,1	528 904
2. Вентилация (отопл.)	0,0	0,0	0	0,0	0
3. БГВ	2,0	2,0	5 982	2,0	5 982
4. Помпи. вент.(отопл.)	0,2	0,2	670	0,2	670
5. Осветление	5,6	5,6	16 757	5,6	16 757
6. Разни	2,1	2,1	6 313	2,1	6 313
Общо (отопление)	89,6	103,7	309 741	187,0	558 627
Обща отопляема площ		2 987			

Фиг. 4.16. Нормализиране на системата за отопление

Разходът на енергия за отопление на сградата при спазени референтни стойности на енергийните характеристики на ограждащите конструкции е 79,6 kWh/m². Общият годишен референтен разход на енергия по норми от 2020 година е 89,6 kWh/m².

За да се намали годишното потребление на енергия е необходимо подобряване на енергийните характеристики на ограждащите конструкции.

След детайлното обследване и анализа на сградата е определена енергийната характеристика на сградата съгласно Приложение № 10 към чл. 6 ал. 3 от Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради - първична енергия при актуално състояние (базова линия) на сградата EP = 221 kWh/m².

Забележка: Първичната енергия е отчитена при:

- коефициент, отчитащ загубите за добив/производство и пренос: ел.енергия /ep =3/, природен газ /ep=1,1/ .
- Реално потребена енергия за отопление е изразходвана 100% топлинна енергия от природен газ за отопление.

<i>E_{pmin}</i> kWh/m ²	<i>E_{pmax}</i> kWh/m ²	Скала на енергопотреблението по първична енергия за училища	Актуално състояние
<	25	A+	
25	50	A	
51	100	B	
101	130	C	
131	160	D	
161	200	E	
201	240	F	
>	240	G	221

В текущо състояние сградата попада в клас F от скалата на енергопотреблението, съгласно чл. 6, ал. 2 (Приложение №10) на Наредба №7 за енергийна ефективност на сгради (ДВ, бр. 27 от 2015 г., в сила от 14.04.2015 г.)

5. ЕНЕРГОСПЕСТЯВАЩИ МЕРКИ

Големият разход на енергия за сградата се дължи на лошите топлофизични характеристики на част от ограждащите елементи. Потенциал за намаляване на разхода на енергия е открит в:

5.1 Топлинно изолиране на външните стени

Външните стени на сградата не са топлоизолирани. Обобщеният им коефициент на топлопреминаване $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ - надминава референтния за 2020 г. $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Външните стени ще се топлоизолират от вътрешната страна със топлоизолационна система от EPS с коефициент на топлопроводност $\lambda \leq 0,032 \text{ W/mK}$ с дебелина 10 см на стените от отопляемия обем /2232 m^2 / и стените, ограждащи подпокривното пространство /надзид/ - 153 m^2 (вкл. лепило, арм. мрежа, шпакловка, ъглови профили, крепежни елементи, боядисване).
Общо - 2385 m^2

Структурните елементи на външните ограждащи конструкции на сградата са представени в табличен вид, както следва:

Таблица 5.1 Структура на външните стени от тип 1 след ЕСМ

№	Материал	δ	λ	U
-	-	m	W/mK	W/m ² K
1	Варо-цименто пясъчна мазилка (външна)	0,025	0,87	0,26
2	Зидария от плътни тухли	0,38	0,79	
3	Варо- пясъчна мазилка (вътрешна)	0,02	0,7	
4	Циментово лепило	0,02	0,93	
5	Топлоизолация експандиран пенополистирен	0,10	0,032	
9	Вътрешна мазилка	0,02	0,7	

Прогнозна цена

Таблица 5.2 Прогнозна цена

№	Описание дейности	Ед. мярка	Количество	Ед. Цена с ДДС	Обща цена с ДДС
1	Доставка и монтаж на топлоизолационна система тип EPS, $\delta = 10\text{cm}$, с коеф. на топлопроводност $\lambda \leq 0,032 \text{ W/mK}$ (вкл. лепило, арм. мрежа, ъглови профили и крепежни елементи) в/у външни стени	m^2	2385	46	109710
2	Шпакловка и боядисване на стените	m^2	2232	12	26784
3	Натоварване ръчно, разтоварване отпадъци и превоз с камион	m^3	20	30	600
Общо за топлинно изолиране на стени					137094

Реализирането на мярката ще доведе до намаляване на коефициента на топлопреминаване през външните стени от $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ до $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$

Фиг. 5.2. ЕСМ стени

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
Покривна плоча			
1	Керемиди	0,01	0,99
2	Битумна хидроизолация	0,005	0,17
3	Дъсчена обшивка	0,01	0,21
4	Каменна вата	0,15	0,037
Таванска плоча			
5	Циментова замазка	0,05	0,93

6	Стоманобетонова плоча	0,20	1,63
7	Вътрешна мазилка	0,02	0,7

Таблица 5.4 Характеристики на покрив тип1 след ЕСМ

Средна обемна температура на сградата	Температурата с най-голяма продължителност	Приведена височина на възд. Слой	Характеристика на таванската плоча		Характеристика на покривната плоча		Характеристика на вертикалните ограждащи елементи	
θ_i	θ_e	$\delta_{вс}$	A_1	U_1	A_2	U_2	A_3	U_3
°C	°C	m	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K
21	0	1,85	831,85	1,374	965	0,217	152,8	0,261

Температура на въздуха в подпокривното пространство	Повърхностна температура на таванската плоча	Повърхностна температура на покривната плоча	Периметър на сградата	Критерий на Грасхоф	Корекционен коэффициент		Характеристика на покривната конструкция	
θ_u	θ_{se1}	θ_{si2}	P	Gr	ϵ_k	$\lambda_{екв}$	U	A
°C	°C	°C	m	-	-	W/mK	W/m ² K	m ²
16,1	19,1	16,1	191	2,97E+09	85,5577	2,189	0,29	831,85

Тип 2 Скатен покрив с въздушна междина над 0,3 м. – над физкултурен салон

Предвижда се топлинна изолация на таванската плоча с каменна вата с дебелина 10 см и коефициент на топлопроводност $\lambda \leq 0,037$ W/mK.

Таблица 5.5. Структура на покрива след ЕСМ

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
Покривна плоча			
1	Керемиди	0,01	0,99
2	Битумна хидроизолация	0,005	0,17
3	Дъсчена обшивка	0,01	0,21
Таванска плоча			
4	Каменна вата	0,15	0,037
5	Циментова замазка	0,05	0,93
6	Стоманобетонова плоча	0,12	1,63
7	Вътрешна мазилка	0,02	0,7

Таблица 5.6 Характеристики на покрив тип1 след ЕСМ

Средна обемна температура на сградата	Температурата с най-голяма продължителност	Приведена височина на възд. Слой	Характеристика на таванската плоча		Характеристика на покривната плоча		Характеристика на вертикалните ограждащи елементи	
θ_i	θ_e	$\delta_{вс}$	A_1	U_1	A_2	U_2	A_3	U_3
°C	°C	m	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K	m ²	W/m ² K
21	0	1,25	291,85	0,251	339	1,872	0	0,261

Температура на въздуха в подпокривното пространство	Повърхностна температура на таванската плоча	Повърхностна температура на покривната плоча	Периметър на сградата	Критерий на Грасхоф	Корекционен коефициент		Характеристика на покривната конструкция	
θ_u	θ_{se1}	θ_{si2}	P	Gr	ϵ_k	$\lambda_{екв}$	U	A
°C	°C	°C	m	-	-	W/mK	W/m²K	m²
0,6	2,7	0,6	79	8,56E+08	62,7304	1,535	0,23	291,85

Тип 3 – Плосък покрив, граничещ с външен въздух.

Предвижда се топлинна изолация на покрив тип 3 с екструдирани пенополистирол (XPS) с $\delta=0,12$ m, $\lambda=0,03$ W/mK.

Таблица 5.7 Структура на покрив от тип 2

№	Материал	δ	λ	U
-	-	m	W/mK	W/m²K
1	Ламарина	0,003	53,5	0,25
2	Стоманобетонна плоча	0,2	1,63	
2	Вътрешна мазилка	0,02	0,7	
3	X3S	0,12	0,032	
4	Вътрешна мазилка	0,02	0,7	
5	Ламарина	0,003	53,5	

Север | Североизток | Изток | Югоизток | Юг | Югозапад | Запад | Северозапад | Покрив | Под

Покрив		Прозорци				
A	U	A	U	g	Наклон	
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-	deg	
831,85	1,07					Север
291,85	1,16					Изток
64,30	3,43					Юг
						Запад
						СИ/СЗ
						ЮИ/ЮЗ
Обща площ на покрива						
1 188,00	[m²]					
Покрив		Прозорци				
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)		
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]	-		
1 188,00	1,22					
ЕС мерки						
831,85	0,29					Север
291,85	0,23					Изток
64,30	0,25					Юг
						Запад
						СИ/СЗ
						ЮИ/ЮЗ
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)	g (екв)		

Фиг. 5.3. ECM покрив

5.2.1.Прогнозна цена

Таблица 5.8 Прогназна цена

№	Описание дейности	Ед. мярка	Количество	Ед. Цена с ДДС	Обща цена с ДДС
1	Полагане на каменна вата на таванската плоча на скатният покрив с $\delta=0,15$ m, $\lambda=0,037$ W/mK	м ²	832	25	20800
2	Полагане на каменна вата на таванската плоча на скатният покрив с $\delta=0,10$ m, $\lambda=0,037$ W/mK	м ²	292	20	5840
3	Доставка и полагане на топлинна изолация от гладък екструдирен пенополистирол (XPS) $\delta=0,12$ m, $\lambda=0,032$ W/mK върху покривната плоча на покрив тип 3	м ²	65	28	1820
4	Шпакловка и боядисване на стените	м ²	65	12	780
Общо за топлинно изолиране на покрив					29240

Реализирането на мярката ще доведе до намаляване на коефициента на топлопреминаване през покрив от $U = 1,22$ W/m²K до $U = 0,27$ W/m²K

5.3 Топлинно изолиране на пода

Коефициентът на топлопреминаване през пода е $U = 0,51$ W/m²K, надвишаващ нормативният $U = 0,37$ W/m²K

При под **тип 1** - предвижда се полагане на топлоизолация от каменна вата с дебелина 6 см на подовата конструкция над неотопляем сутерен от страна на сутерена . Топлоизолацията ще е с коефициент на топлопроводност $\lambda \leq 0,038$ W/m²K.

Таблица 5.9. Структура на подовата плоча към неотопляем сутерен тип 1 след ЕСМ4

№	Материал	δ	λ
-	-	m	W/mK
1	Подово покритие	0,022	0,15
2	Циментова замазка	0,03	0,93
3	Стоманобетонна плоча	0,2	1,63
4	Варо- пясъчна мазилка (вътр)	0,02	0,7
5	Циментово лепило	0,02	0,93
6	Каменна вата	0,06	0,038
7	Вътрешна мазилка	0,015	0,7

$U=0,34$ – действителен

Симулирането на енергоспестяваща мярка 4 в EAB Software HC 1.0. е показано на фиг.5.4.

Север	Североизток	Изток	Югоизток	Юг	Югозапад	Запад	Северозапад	Покрив	Под
-------	-------------	-------	----------	----	----------	-------	-------------	--------	-----

Данни за пода

Състояние		ЕС мерки	
A	U	A	U
[m²]	[W/m²K]	[m²]	[W/m²K]
497,00	0,76	497,00	0,34
691,00	0,33	691,00	0,33
A (нето)	U (екв)	A (нето)	U (екв)
1 188,00	0,51	1 188,00	0,33

Фиг. 5.4. Под след ЕСМ

Таблица 5.10 Прогназна цена

№	Описание дейности	Ед. мярка	Количество	Ед. Цена с ДДС	Обща цена с ДДС
1	Доставка и монтаж на каменна вата, $\delta=6$ см, с коеф. на топлопроводност $\lambda \leq 0,038$ W/mK на подовата конструкция над неотопляем сутерен /	м2	497	26	12922
Общо за топлинно изолиране на пода					12922

Реализирането на мярката ще доведе до намаляване на коефициента на топлопреминаване през пода от $U = 0,51$ W/m²K до $U = 0,33$ W/m²K.

6.Пакети мерки за намаляване разходите на енергия:

6.1 Пакет 1

- Топлинно изолиране на външните стени
- Топлинно изолиране на покрив
- Топлинно изолиране на пода

6.1.1 ГОДИШЕН РАЗХОД НА ЕНЕРГИЯ СЛЕД ЕСМ ПАКЕТ1

Параметър	Еталон	Състояние	Базова линия	Чувствителност kWh/m²a	ЕС мерки	Спестяване
1. Отопление 79,6 kWh/m²a						
U - стени	0,28 W/m²K	1,41 >	1,41	+ 0,1 W/m²K = 5,59	0,26 >	64,01
U - прозорци	1,40 W/m²K	1,43 >	1,43	+ 0,1 W/m²K = 1,31	1,43 >	
U - покрив	0,27 W/m²K	1,22 >	1,22	+ 0,1 W/m²K = 2,98	0,27 >	28,18
U - под	0,37 W/m²K	0,51 >	0,51	+ 0,1 W/m²K = 2,98	0,33 >	5,34
Фактор на формата	0,37 -	0,37	0,37		0,37	
Относ. площ прозорци	17,5 %	17,5	17,5		17,5	
Коеф. на енергопрем.	0,50 -	0,51 >	0,51		0,51 >	
Инфилтрация	0,50 1/h	0,52	0,52	+ 0,1 1/h = 11,74	0,52	
Проектна темп.	21,0 °C	15,8	21,0	+ 1 °C = 4,84	21,0	
Темп. с понижение	16,0 °C	10,0	16,0	+ 1 °C = 10,37	16,0	
Приноси от						
Вентилация (отопл.)	kWh/m²a	0,00	0,00		0,00	
Осветление	kWh/m²a	3,15	3,70		3,61	
Други	kWh/m²a	0,92	1,08		1,06	
Сума 1	kWh/m²a	76,3	144,1		64,7	
Ефективност на отдаване	100,0 %	100,0	100,0		100,0	
Ефект.разпред.мрежа	95,0 %	95,0	95,0		95,0	
Автом. управление	97,0 %	97,0	97,0		97,0	
Е П / ЕМ	96,0 %	96,0	96,0		96,0	
Сума 2	kWh/m²a	86,2	162,9		73,2	
КПД на топлоснабд.	92,0 %	92,0	92,0		92,0	
Сума 3	kWh/m²a	93,7	177,1		79,5	

Фиг. 6.1. Модел на системата за отопление след ЕСМ

На Фиг. 6.2 са показани отделните компоненти, формиращи енергийния баланс на сградата.

Бюджет "Разход на енергия"		ЕС мерки	Мощностен бюджет	ЕТ крива	Годишно разпределение	Топлинни загуби	
Тип сграда		Потребителски-Училище		Клим. зона		Клим. зона 2 - Добрич. Шумен	
Референтни стойности		2020г,					
Параметър	Еталон kWh/m²	Състояние kWh/m² kWh/a		Базова линия kWh/m² kWh/a		След ЕСМ kWh/m² kWh/a	
1. Отопление	79,6	93,7	280 019	177,1	528 904	79,5	237 609
2. Вентилация (отопл.)	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
3. БГВ	2,0	2,0	5 982	2,0	5 982	2,0	5 982
4. Помпи. вент.(отопл.)	0,2	0,2	670	0,2	670	0,2	670
5. Осветление	5,6	5,6	16 757	5,6	16 757	5,6	16 757
6. Разни	2,1	2,1	6 313	2,1	6 313	2,1	6 313
Общо (отопление)	89,6	103,7	309 741	187,0	558 627	89,5	267 331
Обща отопляема площ		2 987					

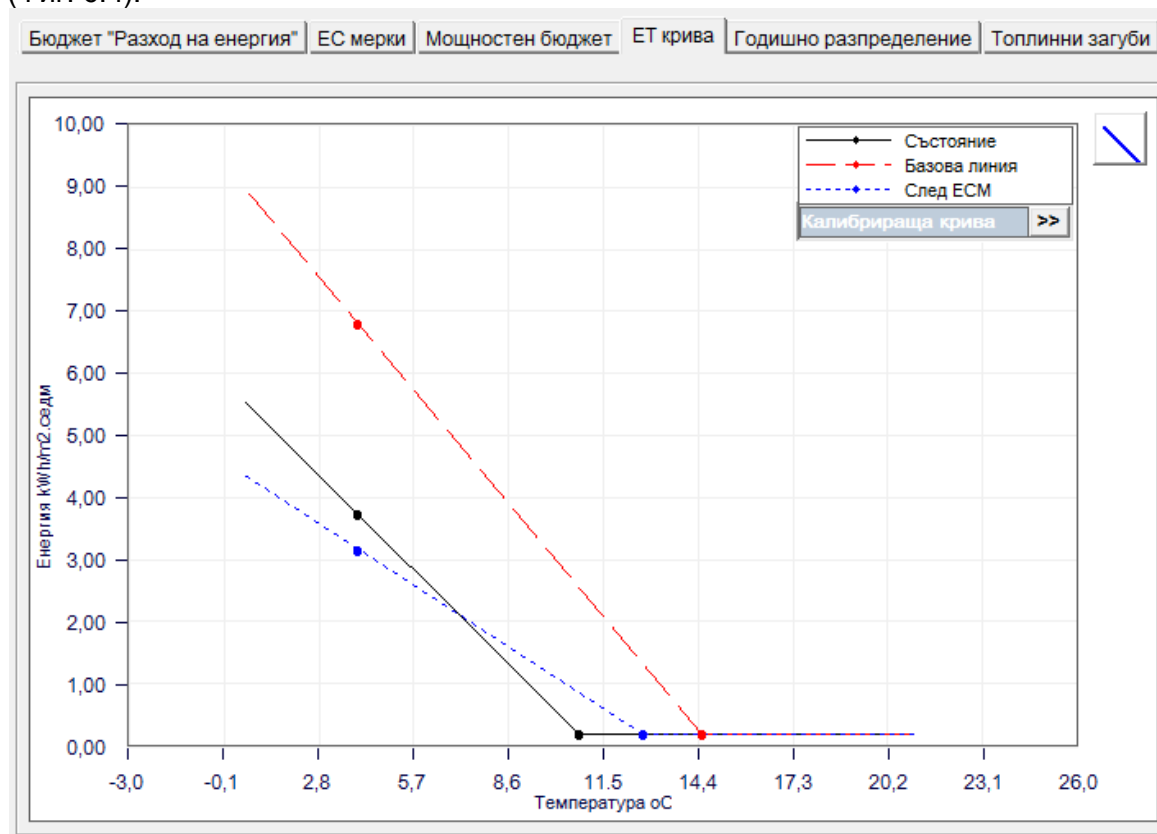
Фиг. 6.2. Годишен разход на енергия по еталон към 2020 г.

Общият годишен разход на енергия след въвеждането на енергоспестяващите мерки ще е 89,5 kWh/m², а годишният разход на енергия за отопление ще е 79,5 kWh/m².

Бюджет "Разход на енергия"		ЕС мерки	Мощностен бюджет	ЕТ крива	Годишно разпределение	Топлинни загуби
Тип сграда	Потребителски-Училище		Клим. зона	Клим. зона 2 - Добрич, Шумен		
Референтни стойности	2020г,		Изчислителна температура	-15,0		
Параметър	Състояние		Базова линия		След ЕСМ	
	W/m ²	kW	W/m ²	kW	W/m ²	kW
1. Отопление	86,5	258	101,1	302	53,9	161
2. Вентилация (отопл.)	0,0	0	0,0	0	0,0	0
3. БГВ	0,0	0	0,0	0	0,0	0
4. Вентилатори и помпи	0,1	0	0,1	0	0,1	0
5. Осветление	0,0	0	0,0	0	0,0	0
6. Разни	0,0	0	0,0	0	0,0	0

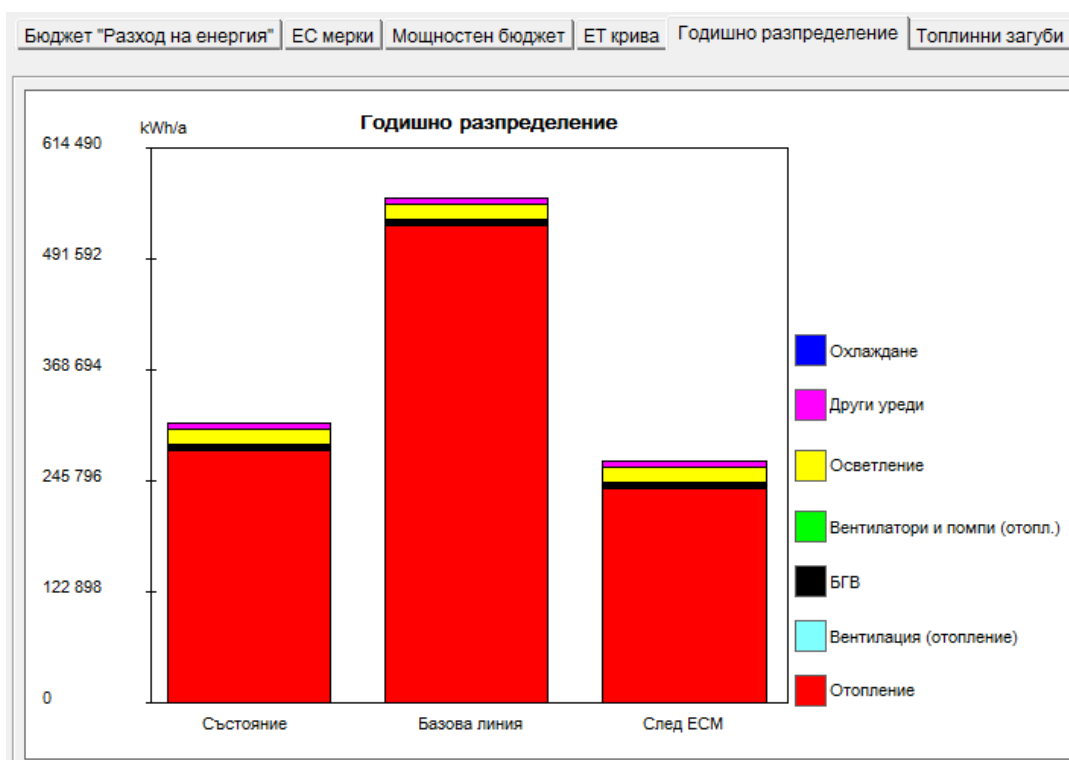
Фиг. 6.3. Бюджет на мощностите

Връзката между разхода на енергия и външната температура е показан в прозорец "ЕТ крива" (Фиг. 6.4).



Фиг. 6.4. ЕТ крива

От прозореца "Годишно разпределение" може да се получи представа за размера на състоянието на разхода на енергия и базовата линия.



Фиг. 6.5. Годишно разпределение на енергията

Бюджет "Разход на енергия" | ЕС мерки | Мощностен бюджет | ЕТ крива | Годишно разпределение | Топлинни загуби

Тип сграда: Потребителски-Училище Клим. зона: Клим. зона 2 - Добрич. Шумен

Референтни стойности: 2020г,

Параметър	kWh/m²	kWh/a	Действ. kWh/a
1. Отопление: U - стени	64,01	191 183	191 183
1. Отопление: U - покрив	28,18	84 159	84 159
1. Отопление: U - под	5,34	15 953	15 953
Общо - отопление	97,52	291 296	291 296

Фиг. 6.6. Годишен ефект от предлаганите енергоспестяващи мерки – Пакет 1

Бюджет "Разход на енергия"	ЕС мерки	Мощностен бюджет	ЕТ крива	Годишно разпределение	Топлинни загуби
Тип сграда	Потребителски-Училище	Клим. зона	Клим. зона 2 - Добрич. Шумен		
Референтни стойности	2020г,				
Състояние		След ЕСМ			
0	H W/K	H' W/m²K	H W/K	H' W/m²K	
Външни стени	3 147	1,05	580	0,19	
Врати и прозорци	746	0,25	746	0,25	
Покрив	1 449	0,49	321	0,11	
Под	606	0,20	392	0,13	
Инфилтрация	2 437	0,82	2 437	0,82	
Вентилация (отопл.)	0	0,00	0	0,00	
0	8 385	2,81	4 476	1,50	

Фиг. 6.7. Топлинни загуби

6.1.2 Финансов анализ на мерките от Пакет 1.

Прогнозна стойност на предвидените ЕСМ:

Таблица 6.1 Финансов анализ

	Описание на строително-монтажни работи	Обща цена (лв)
1	2	3
B1	МЯРКА № 1 : Топлинно изолиране на външните стени	137094
B2	МЯРКА № 3 : Топлинно изолиране на покрив	29240
B3	МЯРКА № 4 : Топлинно изолиране на под	12922
P1	Всичко с ДДС	179256

6.1.3.Технико-икономическа оценка на мерките от Пакет 1.

Таблица 6.2. Технико-икономическа оценка на мерките

№	Наименование на енергоспестяващите мерки	Съществуващо положение	Икономия	
-	-	kWh	kWh	%
B1	Топлинно изолиране на външните стени	558626	191 183	34,22
B2	Топлинно изолиране на покрива	558626	84 159	15,07
B3	Топлинно изолиране на под	558626	15 953	2,86
P	Общ пакет от мерки	558626	291 295	52,1

Таблица 6.3. Срок на откупуване на мерките от Пакет 1

№	Наименование на енергоспестяващите мерки	Анализ		
		Инвестиция	Печалба	Срок на откупуване
-	-	лв.	лв.	години
B1	Топлинно изолиране на външните стени	137094	19 118,30	7,2
B2	Топлинно изолиране на покрива	29240	8 415,90	3,5
B3	Топлинно изолиране на под	12922	1 595,30	8,1
П1	Общ пакет от мерки	179256	29 129,50	6,2

Извършена технико - икономическата оценка на мерките с помощта на специализирания софтуерен продукт “Финансови изчисления” на Енерги сейвинг интернешанъл ЕНСИ, Норвегия при базова стойност на реалния лихвен процент 1.9 % по следните показатели:

- Необходими инвестиции (I₀) – лева,
- Нетни годишни икономии (B) – лева,
- Срок на откупуване (PB) – год.,
- Срок на изплащане (PO) – год.,
- Вътрешна норма на възвращаемост (IRR) %,
- Нетна сегашна стойност (NPV) – лева.

На приложената фигура са показани стойностите на показателите на всяка отделна ЕСМ

Мерки
Проект: Училище Генерал Тошево

Всички мерки | Рентабилни мерки | Мерки за реконструкция | Мерки по вътрешния микроклимат | PIR | Нерентабилна мярка

Мерки	Инвестиция	Нето икономии	PB	PO	IRR	NPV	NPVQ	Макс. инвестиция	
								1)	2)
Топлинно изолиране на покри	29.240	8.416	3,5	3,6	29%	109.711	3,75	138.878	20,0
Топлинно изолиране на външ	137.094	19.118	7,2	7,8	13%	240.575	1,75	377.826	25,0
Топлинно изолиране на пода	12.922	1.595	8,1	8,9	11%	13.412	1,04	26.320	20,0

ОБЩО
Инвестиция: 179.256 лв
Икономии: 29.129 лв
Срок на откупуване: 6,2 години
Срок на изплащане: 6,6 години

Мерки:

Реален лихвен %: 1,9 %

1) Макс. инвестиция с 2) год. срок на изплащане



Модулът на софтуерния продукт „Изчисление на рентабилността” определя рентабилността чрез показателите за оценка на инвестициите:

Срок на изплащане(PO), при реален лихвен процент 1,9 % се изчислява на 6,6 години.

Вътрешна норма на възвращаемост (IRR), за всички ЕСМ е с по-висок процент от реалния лихвен процент.

Нетна сегашна стойност (NPV) - икономии, които ще се генерират след няколко години, ще имат по-малка сегашна стойност. Показва каква сума ще остане след като от сконтираните нетни спестявания (нетен паричен поток) за периода на проекта приспадне началната инвестиция, извършена в „нулевата година”. Проектът е печеливш, ако $NPV > 0$ (инвестицията е рентабилна). Всички предложени ЕСМ в настоящето енергийно обследване са рентабилни.

Изчисленията на печалбата са направени на база актуални цени на енергоносителите /с ДДС/: природен газ – 0,10 лв/kWh.

При изпълнение на Пакет 1 от енергоспестяващи мерки за възстановяване нормалната експлоатация на сградата, общата инвестиция ще е в размер на: 179256 лв, при срок на откупуване 6,2 г.

6.1.4.Екологична оценка на енергоспестяващите мерки от Пакет 1

Таблица 6.4 Екологична оценка на мерките

№	Наименование на енергоспестяващите мерки	Икономия на енергия	Икономия на първична енергия	Спестени емисии CO ₂
-	-	kWh	kWh	t/год
B1	Топлинно изолиране на външните стени	191 183	210 301	38,62
B2	Топлинно изолиране на покрива	84 159	92 575	17,00
B3	Топлинно изолиране на под	15 953	17 548	3,22
П1	Общ пакет от мерки	291 295	320 425	58,8

Установен е потенциал за намаляване на действително необходимите разходи за сградата с 291295 kWh/година с екологичен еквивалент 58,8 тона спестени емисии CO₂.

7. Определяне на интегрирания показател за енергийна ефективност на сградата - специфичният годишен разход на първична енергия в kWh/m² годишно след прилагане на ЕСМ:

Таблица 7.1

Потребление	енергия за отопление	ел енергия за БГВ, осветление и уреди	общо	Специфичен годишен разход на първична енергия
	kWh	kWh	kWh	kWh/m ²
Базова линия	528 904	23 740	552 644	
първична енергия	581794,4	89 166	670960,4	221
тонове CO ₂	106,8	24,3	131,2	
След ЕСМ – пакет 1	237 609	29 722	267331	
първична енергия	261369,9	89166,0	350535,9	113
тонове CO ₂	48,0	24,3	72,3	

След въвеждане на енергоспестяващите мерки от Пакет 1 и анализа на сградата е определена енергийната характеристика първична енергия $EP_{\text{ЕСМ}} = 113 \text{ kWh/m}^2$.

Съответствието с изискванията за енергийна ефективност на сградите се приема за изпълнено, когато стойността на интегрирания показател специфичен годишен разход на първична енергия в kWh/m², съответства най-малко на следния клас на енергопотребление:

- "В" - за нови сгради, които се въвеждат за първи път в експлоатация, и за съществуващи сгради, които са въведени в експлоатация след 1 февруари 2010 г.;
- "С" - за съществуващи сгради, които са въведени в експлоатация до 1 февруари 2010г. включително.

Скала на класовете на енергопотребление, съгласно Приложение № 10 към чл. 6 ал. 3 от Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради:

<i>E_{pmin}</i> kWh/m ²	<i>E_{pmax}</i> kWh/m ²	Скала на енергопотреблението по първична енергия за училища	Актуално състояние	След ЕСМ
<	25	A+		
25	50	A		
51	100	B		
101	130	C		113
131	160	D		
161	200	E		
201	240	F	221	
>	240	G		

Сградата попада в клас категория **F** от скала на енергопотреблението.

След прилагане на **Пакет 1** от енергоспестяващи мерки сградата ще попадне в клас категория **C** от скалата на енергопотреблението.

Използвана литература

1. *“Закон за енергийната ефективност”*
2. *Наредба № Е-РД -04-2 от 22.01.2016 г. за показателите за разход на енергия и енергийните характеристики на сгради*
3. *Е-РД -04-1 от 22.01.2016 година за обследване за енергийна ефективност, сертифициране и оценка на енергийните спестявания на сгради*
4. *Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради*
5. *Наредба за изменение на Наредба № 7 от 2004 г. Д.В. бр. 27/14.04.2015 г.*
6. *Наредба № 15 за техническите правила и нормативни актове за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия*
7. *Министератво на регионалното развитие и благоустройството “Методически указания за изчисляване на годишния разход на енергия в сгради”, БСА 11/2005 г.*
8. *Технически Университет – София, “Ръководство за обследване за енергийна ефективност и сертифициране на сгради”, “СОФТТРЕЙД”, 2006 г.*
9. *Технически университет – София, “Ръководство за изчисляване на годишния разход на енергия в сградите”, “СОФТТРЕЙД”, 2006 г.*
10. *Стамов С., “Справочник по отопление, вентилация и климатизация” – I част, “Техника” 1990 г.*
11. *Стамов С., “Справочник по отопление, вентилация и климатизация” – II част, “Техника” 2001 г.*
12. *Стамов С., “Справочник по отопление, вентилация и климатизация” – III част, “Техника” 1993 г.*