

Анализ на топлотехническите характеристики на шест от учебните корпуси на Русенския университет

Веселка Камбурова, Илия Илиев, Ангел Терзиев

Analyses of the Heat Characteristics of Six of the Campuses of Ruse University: The article presents results from the energy audit of the six campuses of the Ruse University. An analysis of the building envelope condition and heat consumption for their heating. Energy saving measures are proposed for each of the buildings and an analysis of the expected results of their implementation.

Key words: Building envelope, Energy saving measures, Heat consumption, Heating area, Heating volume, U-value.

ВЪВЕДЕНИЕ

Според направените анализи сградите са едни от най-големите консуматори на енергия. По данни за Европейския съюз 40% от общата консумация на енергия идва от 160-те милиона съществуващи сгради в Европа, а 3/4 от консумираната енергия се използва за отопление и охлаждане.

В България домакинствата и бизнесът консумират значително повече енергия за отопление и охлаждане, отколкото в Европа. По информация от Агенцията за Устойчиво енергийно Развитие (АУЕР) потреблението на енергия в сградния сектор е повече от 1/3 от общото потребление на енергия в страната.

Разходите на Русенския университет за отопление също са значителни. През последните три години Университетът е изразходвал за отопление средно 7000 MWh годишно.

Единствената възможност за намаляване на енергията за отопление на сградния фонд, без това да води до влошаване на топлинния комфорт в помещенията, е въвеждане на редица мерки за енергийна ефективност в сградите, като основните са санирането на стените и подмяна на дограмите, както и обновяване на сградната отоплителна инсталация.

В началото на 2012 година "Енкон сървисис" ООД извърши енергийно обследване и подготви енергийни одити на шест от корпусите на Русенския университет с цел кандидатстване за финансиране санирането на сградите от фонд "Козлодуй".

В тази статия са представени част от резултатите, получени при енергийната обследване, както и сравнителен анализ на топлотехническите характеристики и консумираната енергия от сградите, предмет на обследването.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕНЕРГИЙНОТО ОБСЛЕДВАНЕ НА РЕКТОРАТА И УЧЕБНИТЕ КОРПУСИ 3, 6, 7, 8 И 10 НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ

Обект на енергийното обследване бяха сградите на Ректората и на учебните корпуси 3, 6, 7, 8 и 10. В Таблица 1 са представени основните строителни характеристики на обследваните сгради, както и годината на въвеждането им в експлоатация [2, 3, 4, 5, 6].

Таблица 1 Основни строителни характеристики на обследваните сгради

Корпус	Година на въвеждане в експлоатация	Застроена площ, m ²	Разгърната застроена площ, m ²	Отопляема площ, m ²	Обем бруто, m ³	Отопляем обем, m ³
Ректорат	1959	4,278	16,103	16,103	70,088	65,405
Корпус 3	1971	2,141	3,038	3,038	16,958	14,493
Корпуси 6 и 7	1959 и 1972	1,365	5,460	5,460	21,418	18,753
Корпус 8	1959 и 1972	1,630	3,672	3,672	14,429	11,724
Корпус 10	1972 и 1985	1,670	3,379	3,379	10,561	9,505

На Фигури 1, 2, 3, 4 и 5 е даден общият вид на обследваните сгради.



Фиг.1. Общ вид на сградата на Ректората



Фиг.2. Общ вид на сградата на корпус 3



Фиг.3. Общ вид на сградите на корпуси 6 и 7



Фиг.4. Общ вид на сградата на корпус 8



Фиг.5. Общ вид на сградата на корпус 10

При проведеното обследване е направен обстоен анализ на външните ограждащи елементи на сградите - външни стени, прозорци, под и покрив. Стойностите на коефициента на топлопреминаване U на различните видове ограждащи елементи са изчислени, като са отчетени коефициентите на топлопроводност на строителните материали и коефициентите на топлопредаване от вътрешната и външната страна на строителния елемент. Направени са контролни измервания на U за отделните видове стени. Получените резултати от измерванията са близки до изчисленияте. В Таблица 2 са дадени осреднените стойности на

коэффициентите на топлопреминаване за различните сгради и площите на ограждащите елементи [2, 3, 4, 5, 6]. В Таблица 3 са дадени референтни стойности на коефициента на топлопреминаване за плътни ограждащи конструкции и елементи при проектиране на нови сгради и след реконструкция, основно обновяване, основен ремонт или преустройство на съществуващи сгради съгласно наредбата по чл. 169, ал. 4 във връзка с чл. 169, ал. 1, т. 6 ЗУТ (Наредба РД 16-1058 от 10.12.2009 за показателите на разход на енергия и енергийните характеристики на сградите) валидни към настоящия момент [1].

Таблица 2. Средна стойност на коефициента на топлопреминаване на ограждащите елементи и площите им

	Ректорат		Корпус 3		Корпуси 6 и 7		Корпус 8		Корпус 10	
	U, W/m ² K	A, m ²	U, W/m ² K	A, m ²	U, W/m ² K	A, m ²	U, W/m ² K	A, m ²	U, W/m ² K	A, m ²
Стени	1.40	5066	1.38	2130	1.20	2514	1.32	1186	1.61	1035
Подове	0.42	5494	0.42	2142	0.28	1347	0.40	1647	0.64	1170
Покриви	0.80	4211	1.41	2025	0.80	1347	0.72	1633	1.58	1168
Прозорци	2.37	1934	3.70	890	2.49	667	3.33	694	3.03	704

Таблица 3. Референтни стойности на коефициента на топлопреминаване за плътни ограждащи конструкции и елементи [1]

Видове сградни ограждащи конструкции и елементи	U (W/m ² K)
Външна стена, при която:	
а) топлоизолацията е отвътре или по средата на стената	0.45
б) топлоизолацията е отвън	0.35
Външни прозорци, балконски врати и покривни прозорци	2
Остъкление (стъклопакет)	1.8
Окачени фасади	1.9
Външни прозорци, балконски врати и покривни прозорци с повишени изисквания	2.2
Окачени фасади с повишени изисквания	2.3
Наклонени покриви и вентилирани плоски покриви	0.3
Плоски покриви без вентилируем слой	0.25
Подове и стени, граничещи с неотопляеми пространства или със земята, при които:	
а) топлоизолацията е отвън	0.4
б) топлоизолацията е отвътре	0.5

Сравнителният анализ на осреднените коефициентите на топлопреминаване на стените показва, че за разглежданите 5 сгради те варират от 1.2 до 1.6 W/(m²K). Тази малка разлика се дължи на факта, че външните стени на всички сгради са тухлени с вътрешна и външна варо-пясъчна мазилка и само част от тях са стоманобетонни конструкции. Изключение прави сградата на Ректората, част от фасадата на която е облицована с каменни плочи. Сравнението на средните стойности на коефициентите на топлопреминаване на стените с референтните, дадени в Таблица 3, показва, че действителните стойности са 3.4 до 4.6 пъти по-големи от референтните. Следователно при извършване на основен ремонт на

сградите обезателно трябва да се изолират външните стени на всички разглеждани учебни корпуси.

Коефициентите на топлопреминаване на подовете на всички корпуси с изключение на 10 са по-малки от референтните, поради което не е необходимо да се предвиждат енергоспестяващи мерки по подовете.

Покривите на сградите са основно два типа - скатни с голяма въздушна междина и плоски. Основно скатни са покривите на Ректората, на двуетажното тяло на корпус 3 и на корпуси 6 и 7. На високото тяло на корпус 8 и корпус 10 покривите са плоски. Най-големи са стойностите на коефициента на топлопреминаване на покривите на корпус 3 ($1.41 \text{ W/m}^2\text{K}$) и корпус 10 ($1.58 \text{ W/m}^2\text{K}$). Покривът на тяло 2 на корпус 3 е плосък с много голям коефициент на топлопреминаване ($U = 3.43 \text{ W/m}^2\text{K}$), което води до увеличава не средната стойност на U за целия корпус. Около 50 % от покрива на корпус 10 е плосък "студен тип" ($U = 2.54 \text{ W/m}^2\text{K}$), а останалата част е стоманобетонна плоча и перлитобетон с хидроизолация ($U = 0.706 \text{ W/m}^2\text{K}$). Коефициентите на топлопреминаване на всички покриви значително надвишават, двукатни, референтните стойности, дадени в Таблица 3, поради което за всички обследвани корпуси е предвидена енергоспестяваща мярка "Изолиране на покрив".

Основната част от прозорците са с дървена дограма, двукатни, а на места има метални витрини и врати с единично остъкляване. В някои от корпусите е започнала подмяната на старите прозорци с нови с PVC дограма.

Сградите на Русенския университет се отопляват с централно отопление, като топлинната енергия се закупува от ТЕЦ "Русе Изток". През последните две учебни години (2010.2011 и 2011/2012) е въведен график на обучение, целящ икономия на топлинна енергия. През януари Университетът е във ваканция и консумацията на енергия за отопление е минимална. Поради това при изчисленията за базова година е приета 2009 година, когато Университетът е работил при нормален експлоатационен режим и консумацията на топлинна енергия е близка до реално необходимата.

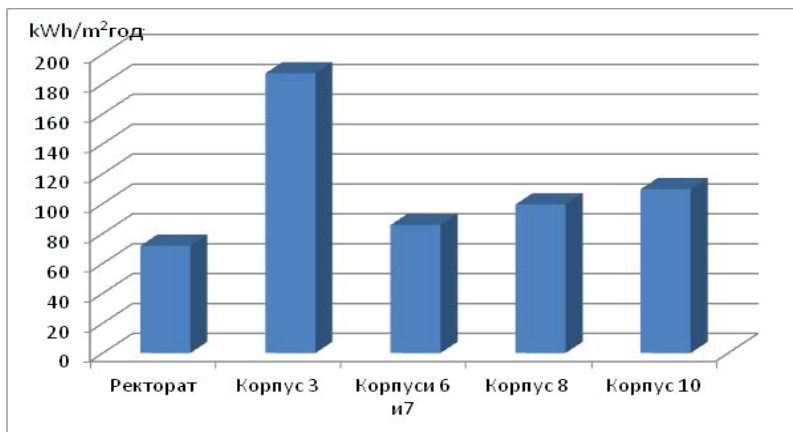
Извършено е моделното изследване на енергопотреблението във всички сгради, обект на обследването, въз основа на метода от БДС EN 832 чрез софтуерния продукт ENSI.

За тази цел всяка от сградите се разглежда като интегрирана система, в която на микроклимата влияят различни фактори и системи (обитатели, външни ограждения, климатичен фактор, енергийни източници и др.). При създаване на модела е прието всяка сграда да се разглежда като една топлинна зона. Моделите са калибрирани и нормализирани.

Получените резултати за разхода на топлинна енергия за отопление за всички сгради са обобщени в Таблица 4 и са представени графично на Фигура 6. Най-голям разход на енергия на единица отоплявана площ за година има корпус 3, което по всяка вероятност е комплексно, тъй като както беше отбелязано по-горе коефициентът на топлопреминаване на един от покривите е много голям ($U = 3.43 \text{ W/m}^2\text{K}$), а и прозорците му са с голям коефициент на топлопреминаване ($U = 3.70 \text{ W/m}^2\text{K}$) и голяма инфилтрация.

Таблица 4. Консумирана топлинна енергия

Корпуси	$\text{kWh/m}^2 \text{ год.}$	MWh/год.
Ректорат	71.8	1156
Корпус 3	187.2	569
Корпуси 6 и 7	85.7	468
Корпус 8	99.5	365
Корпус 10	109.7	317



Фиг. 6. Консумирана топлинна енергия от отделните корпуси

Като резултат от проведеното енергийно обследване на сградите на шест от корпусите на Русенския университет могат да се направят следните изводи:

- Поддържането на топлинния комфорт при съществуващото състояние на сградата води до преразход на енергия;
- Необходимо е да се подобрят топлотехническите параметри на ограждащите конструкции и елементи;
- Необходимо е да се поднови остарялата отоплителна инсталация и елементите ѝ.

За намаляване на консумираната топлинна енергия и приближаване на специфичните разходи за отопление до еталонните са предвидени следните енергоспестяващи мерки:

- Изолиране на външни стени;
- Изолиране на покриви;
- Подмяна на старата дограма с нова алуминиева дограма със стъклопакет
- Подмяна на абонатната станция с нова, оборудвана с модерна автоматика и пластинчати топлообменници.

Само за Ректората е предвидена подмяна на цялата отоплителна инсталация, както и на външната и вътрешната топлопреносни мрежи.

Очакваните стойности на коефициентите на топлопреминаване на ограждащите елементи за отделните сгради след внедряване на енергоспестяващите мерки са представени в Таблица 5 [2, 3, 4, 5, 6].

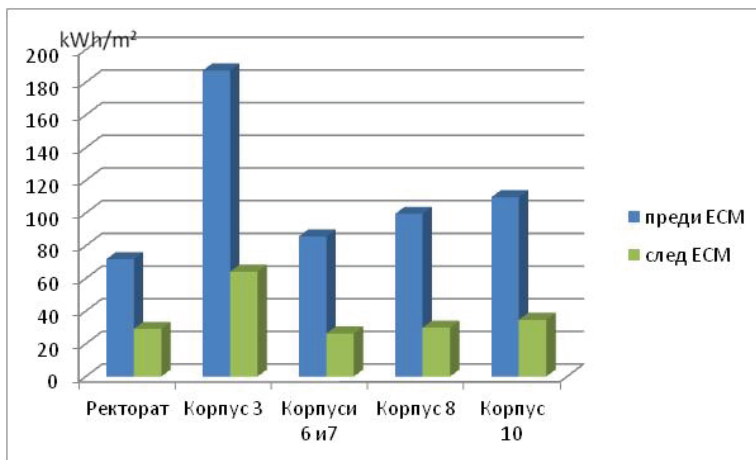
Таблица 5. Средни стойности на коефициентите на топлопреминаване след внедряване на енергоспестяващите мерки

	Коефициент на топлопреминаване $U \text{ W/m}^2 \text{ K}$				
	Ректорат	Корпус 3	Корпуси 6 и 7	Корпус 8	Корпус 10
Стени	0.99	0.31	0.54	0.31	0.32
Подове	0.42	0.42	0.28	0.40	0.64
Покриви	0.34	0.34	0.23	0.27	0.30
Прозорци	2.00	2.00	2.23	2.00	2.26

Анализът на получените стойности показва, че коефициентите на топлопреминаване на стените на 3 от сградите (корпуси 3, 8 и 10) са по-малки от референтните стойности за 2009 година [1]. Единствено стените на Ректората са със стойност на коефициента на топлопреминаване значително по-голяма от референтната. Това се дължи на факта, че външните стени, покрити с облицовка от варовикови плочи, няма да бъдат изолирани. Програмата, свързана с финансирането на проекта, изключва полагането на вътрешна топлоизолация, която за момента се счита за единствен вариант за изолирането на тези стени. Полагането на външна изолация при съществуващото положение би било много трудоемко, като в същото време има опасност от непоправимо нарушаване на архитектурния вид на сградата.

Коефициентите на топлопреминаване на покривите са по-малки от референтните стойности за 2009 година [1].

В Таблица 6 и на Фигура 7 са дадени сравнение на консумацията на топлинна енергия на сградите преди и след внедряване на енергоспестяващите мерки. Сравнителният анализ показва, че очакваното намаление на консумираната топлинна енергия в следствие внедряване на енергоспестяващите мерки е около 3 пъти. Намалението е най-малко за сградата на Ректората (247 %), поради описаните по-горе обстоятелства.



Фиг.7. Консумирана топлинна енергия от отделните корпуси преди и след внедряване на енергоспестяващите мерки

Таблица 6. Сравнение на консумираната топлинна енергия преди и след внедряване на енергоспестяващите мерки

Корпуси	преди ЕСМ		след ЕСМ		Намаление на консумираната енергия, %
	kWh/m ² год.	MWh/год.	kWh/m ² год.	MWh/год.	
Ректорат	71.8	1156	29.1	469	247%
Корпус 3	187.2	569	64.1	195	292%
Корпуси 6 и 7	85.7	468	26.3	144	326%
Корпус 8	99.5	365	29.9	110	333%
Корпус 10	109.7	317	34.7	100	316%

Направен е финансов анализ и са изчислени очакваните икономии от внедряване на енергоспестяващите мерки. Като пример в Таблица 7 са дадени финансовите показатели на енергоспестяващите мерки за сградата на Ректората [2].

Таблица 7. Финансови показатели на енергоспестяващите мерки за сградата на Ректората

	Описание на мярката	Оценка на икономията на енергия	Средногодишни икономии	Оценени инвестиции	IRR	NPV	NPVQ	Срок на откупуване	Намаляване на емисиите CO ₂
		[MWh/год]	[лева/год]	[лева]	[%]	[лева]		[години]	[Ton/год]
MEE-01	Топлоизолация на стени	107.9	8,612	76,240	11.0	80,619	1.06	8.9	47.4
MEE-02	Топлоизолация на покрив	98.7	9,880	143,860	5.0	15,720	0.11	14.6	43.3
MEE-03	Подмяна на дограма	316.2	25,238	316,635	5.0	9,621	0.03	12.6	138.8
MEE-04	Мерки по Абонатна станция	75.9	13,059	200,000	0.0	-60,444	-0.3	15.3	33.3
MEE-05	Мерки по прибори за измерване, контрол и управление	54.8	4,373	15,000	28.0	31,732	2.12	3.4	24.1
MEE-06	Мерки по сградни инсталации	87.4	13,976	184,000	2.0	-34,644	-0.19	13.2	38.4
Общо		740.9	75,138	935,735		42,604		12.5	325

Общата инвестиция за всички сгради е от порядъка на 1 920 000 лв. Очакваните спестявания по цени на топлиенергията от януари 2012 година са 174 340 лв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на енергийните обследвания на сградите на Ректората, корпуси 3, 6, 7, 8 и 10 на РУ „Ангел Кънчев“ се установи, че специфичният разход на енергия за всички сгради е значително по-голям от еталонния, изчислен по действащите нормативни актове за 2009 година.

За намаляване на консумацията на топлинна енергия и привеждане на енергийните характеристики в съответствие с Наредба РД 16-1058 от 10.12.2009 са набелязани редица енергоспестяващи мерки.

След внедряване на енергоспестяващите мерки разходите на енергия за отопление ще намалеят около 3 пъти.

Финансовият анализ показва, че предложените енергоспестяващите мерки са рентабилни.

Отчитайки факта, че обектът на обследването са университетски сгради и Университетът не разполага с необходимия финансов ресурс за собствено финансиране, се препоръчва на институцията използване на грантови схеми от Европейските фондове за цялостно финансиране на всички енергоспестяващи мерки.

Литература

- [1] Наредба № РД-16-1058 от 10 декември 2009 г. за показателите за разход на енергия и енергийните характеристики на сградите (обн. ДВбр.103 от 29.12.2009)
- [2] Обследване за енергийна ефективност на РУ "Ангел Кънчев" - Ректорат, "Енкон Сървисис" ООД, март 2012, София;
- [3] Обследване за енергийна ефективност на РУ "Ангел Кънчев" - III корпус, "Енкон Сървисис" ООД, март 2012, София;
- [4] Обследване за енергийна ефективност на РУ "Ангел Кънчев" - VI и VII корпус, "Енкон Сървисис" ООД, март 2012, София;
- [5] Обследване за енергийна ефективност на РУ "Ангел Кънчев" - VIII корпус, "Енкон Сървисис" ООД, март 2012, София;
- [6] Обследване за енергийна ефективност на РУ "Ангел Кънчев" - X корпус, "Енкон

Сървисис" ООД, март 2012, София;

За контакти:

Веселка Иванова Камбурова, доц., д-р, Русенски университет „Ан. Кънчев“, тел. 02/988 0052 veselkakamburova@dir.bg;

Илия Кръстев Илиев, доц., д-р, Русенски университет „Ан. Кънчев“, тел. 02/988 0052 iiliev@enconservices.com

Ангел Костадинов Терзиев, доц. д-р, Технически Университет – София, тел. 02/965 3443, aterziev@tu-sofia.bg;

Докладът е рецензиран.