

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

Атестаційна випускна робота магістра

Савчука Андрія Васильовича

На тему: Модернізація системи забезпечення мікроклімату в готелі в м.Івано-Франківськ

Керівник: к.т.н., доц. Москвітіна А.С.

Київ 2025

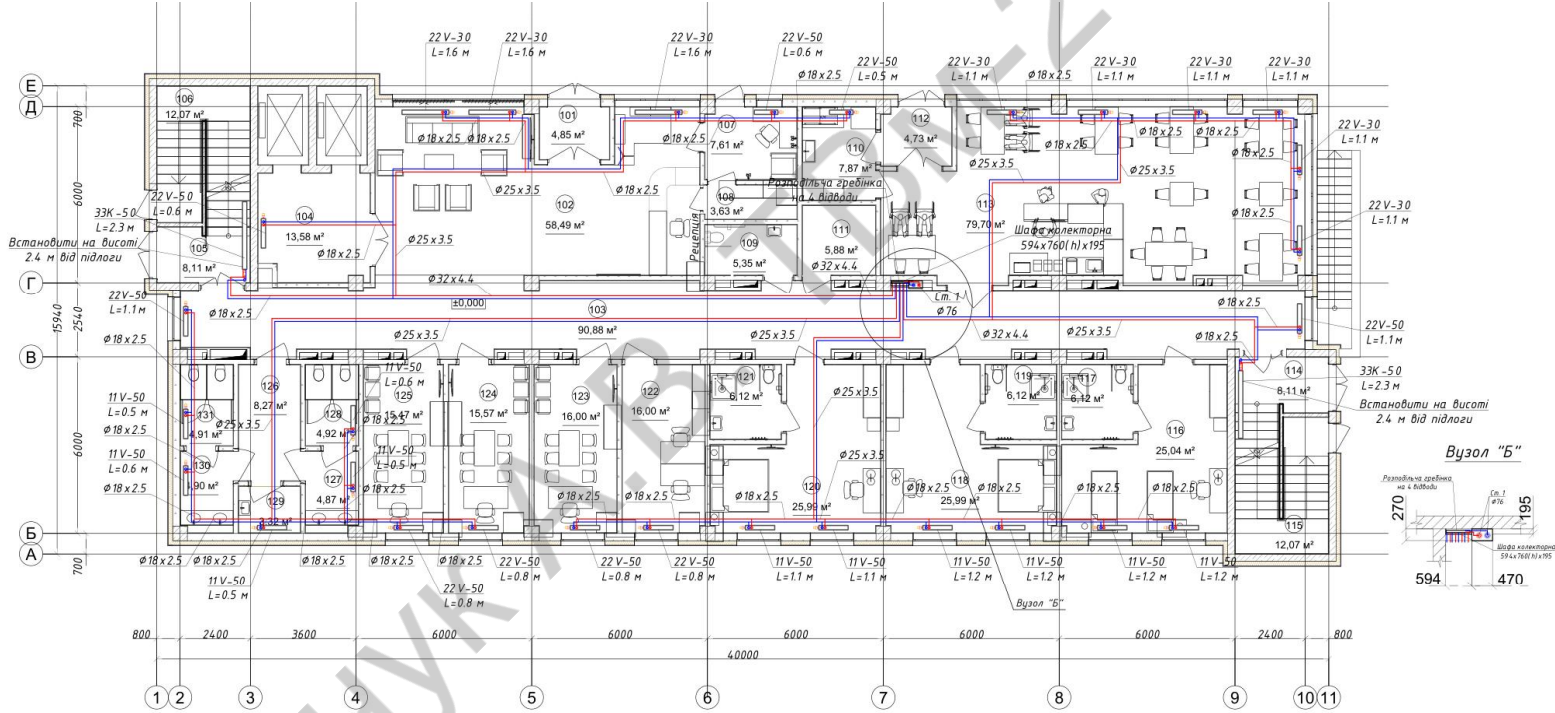
Мета та завдання:

Розробка та обґрунтування комплексу енергоефективних інженерних рішень для формування оптимального мікроклімату 5-поверхового готелю в м. Івано-Франківськ, що дозволять мінімізувати споживання енергії при забезпеченні високого рівня теплового та повітряного комфорту.

Основні завдання дослідження:

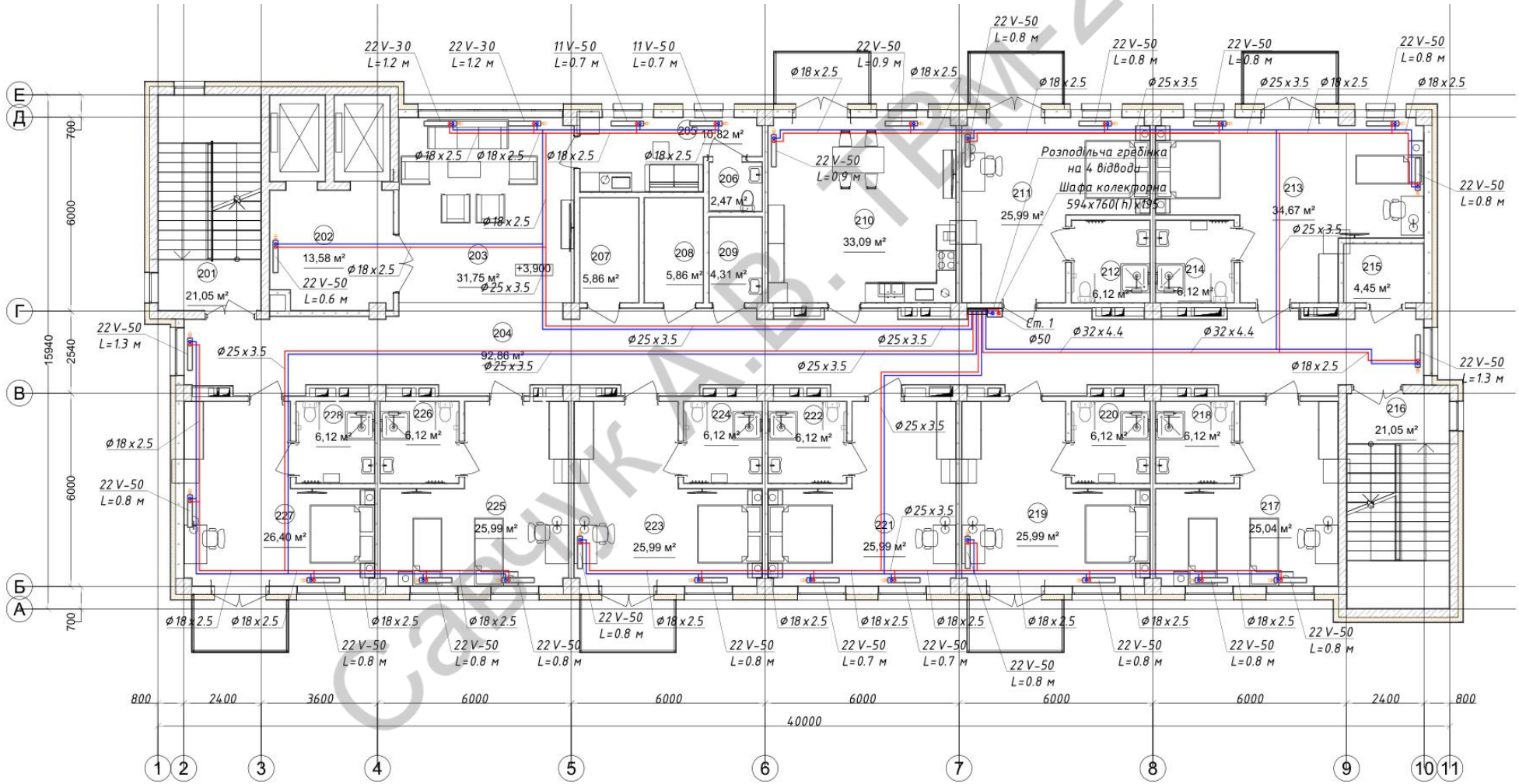
1. Проаналізувати поточний стан енергоспоживання будівлі готелю та виявити основні джерела втрат енергії на основі енергетичного сертифікату.
2. Розрахувати оптимальні параметри теплової ізоляції огорожувальних конструкцій відповідно до чинних норм ДБН В.2.6-31:2021.
3. Розробити проектні рішення щодо модернізації системи опалення з використанням сучасних матеріалів та автоматичного регулювання.
4. Обґрунтувати заміну природної вентиляції на примусову.
5. Запроектувати мультizonальну VRF-систему для кондиціонування повітря та оцінити її вплив на річний енергетичний баланс.
6. Провести техніко-економічне порівняння показників будівлі «до» та «після» модернізації, визначити термін окупності інвестицій.

План першого поверху. Опалення



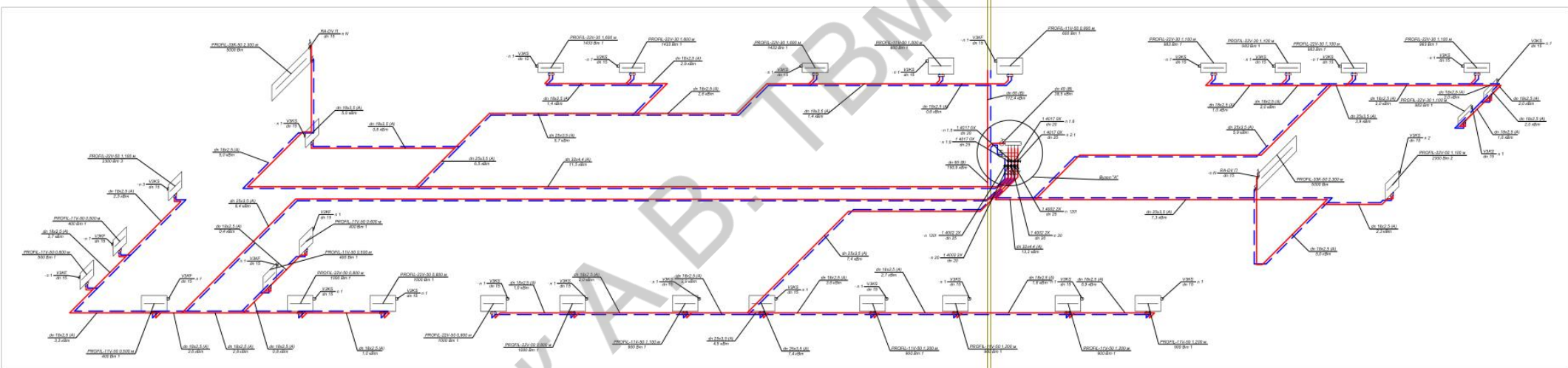
Експлікація приміщень				Експлікація приміщень				Експлікація приміщень			
№	Назва приміщення	Площа, м2	Кат. Приміщення	№	Назва приміщення	Площа, м2	Кат. Приміщення	№	Назва приміщення	Площа, м2	Кат. Приміщення
101	Тамбур	4,85	-/-	114	Сходова клітина	8,11	-/-	127	Вмивальня жіноча	4,87	-/-
102	Вестибюль	60,40	-/-	115	Сходова клітина	12,07	-/-	128	Санвузол жіночий	4,92	-/-
103	Коридор	93,74	-/-	116	Двохмісний номер	25,04	-/-	129	Комора прибирального інвентаря	3,32	-/-
104	Ліфтовий хол	13,58	-/-	117	Санвузол з душовою	6,12	-/-	130	Вмивальня чоловіча	4,90	-/-
105	Сходова клітина	8,11	-/-	118	Двохмісний номер	25,99	-/-	131	Санвузол чоловічий	4,91	-/-
106	Сходи в підвал	12,07	-/-	119	Санвузол з душовою	6,12	-/-			515,50	м2
107	Приміщення охорони	7,29	-/-	120	Двохмісний номер	25,99	-/-				
108	Комора	3,44	-/-	121	Санвузол з душовою	6,12	-/-				
109	Санвузол для МГН	5,07	-/-	122	Бухгалтерія	16,00	-/-				
110	Підсобне приміщення	7,32	-/-	123	Кімната завгоспа	16,00	-/-				
111	Комунаційна	5,40	-/-	124	Кабінет зам. директора	16,00	-/-				
112	Тамбур	4,73	-/-	125	Кабінет директора	15,05	-/-				
113	Кафе	79,70	-/-	126	Тамбур-вмивальня	8,27	-/-				

План другого поверху. Опалення

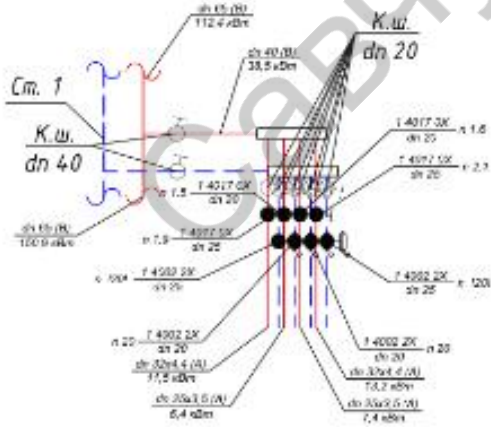


Аксонетрична схема системи опалення

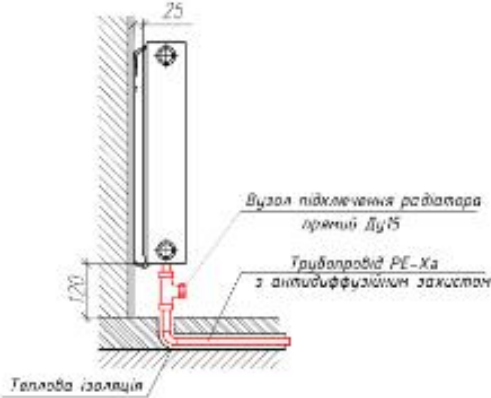
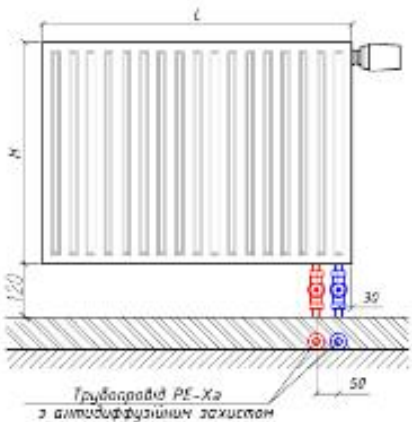
Перший поверх на відм. +0.000



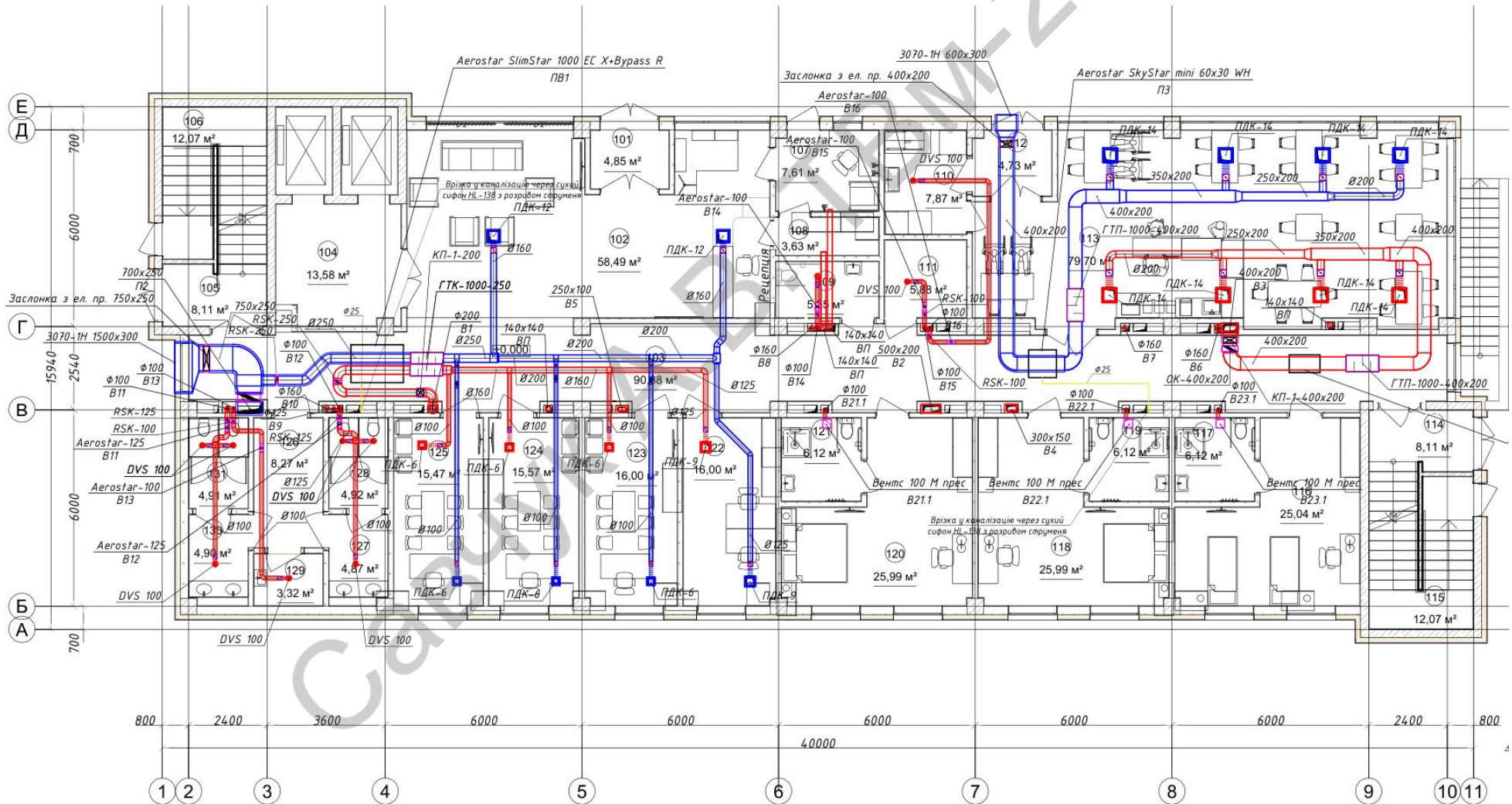
Вузол "А"



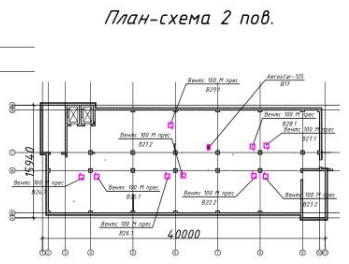
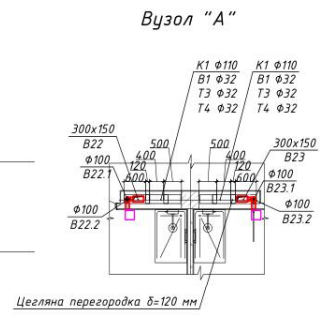
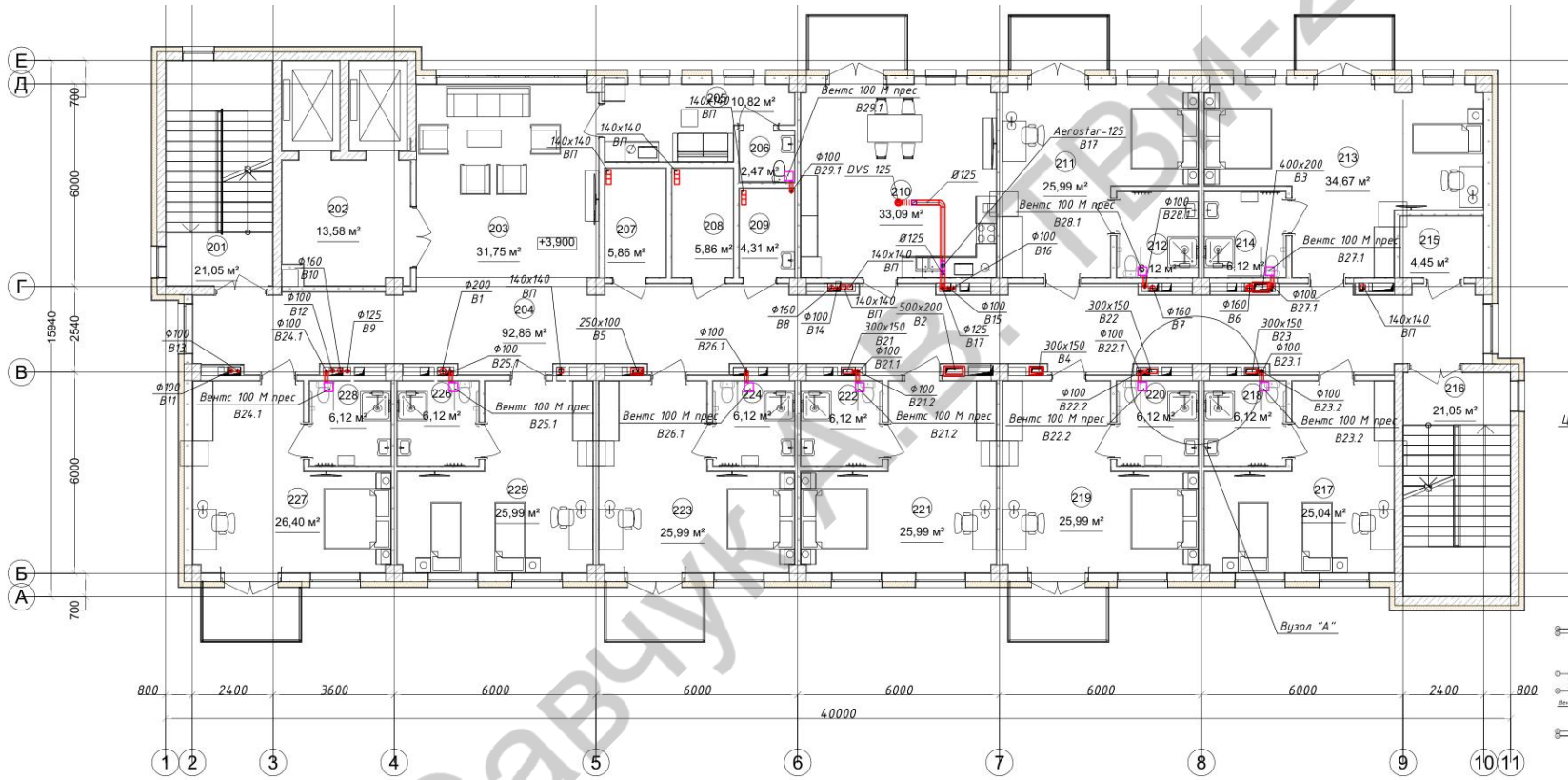
Вузол підключення панельного сталевого радіатора



План першого поверху. Вентиляція



План першого поверху. Вентиляція



Аксонетрична схема системи вентиляції

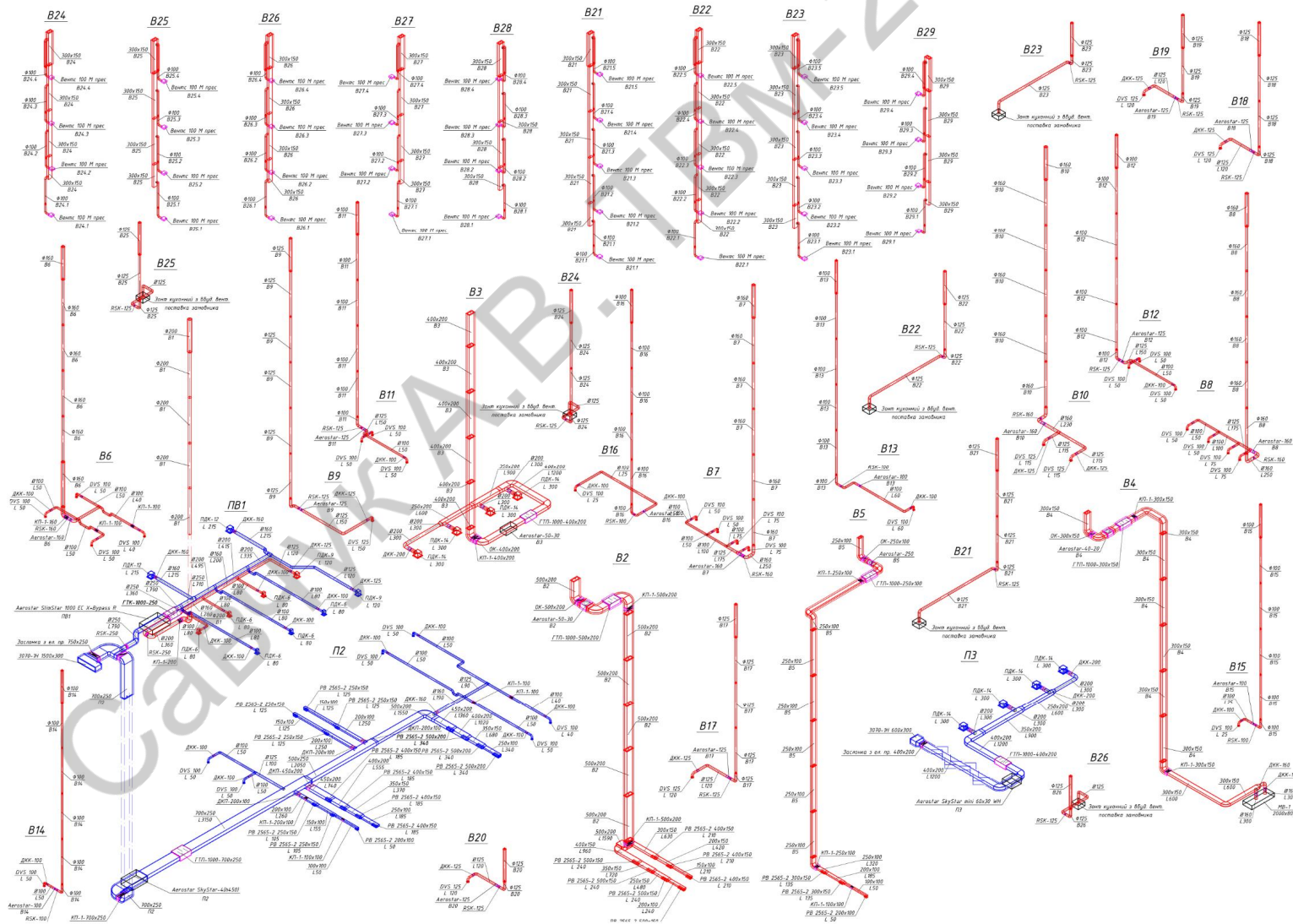
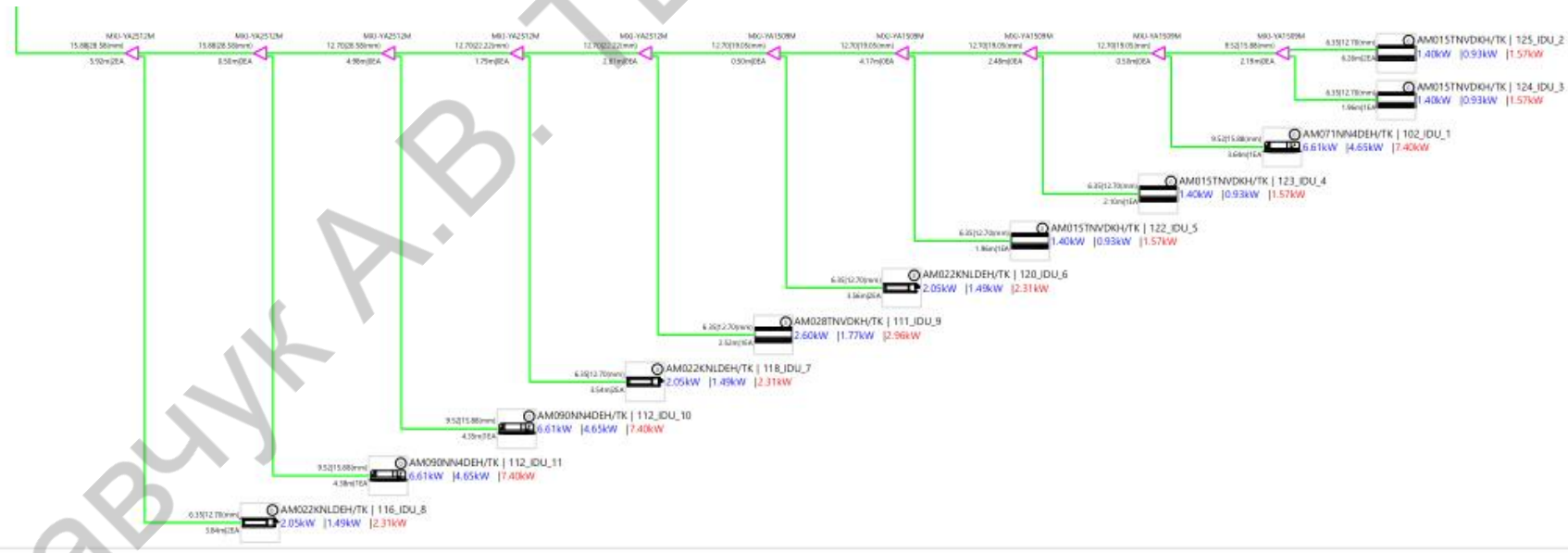


Схема системи кондиціонування



Порівняльна таблиця огороджувальних конструкцій до та після термомодернізації

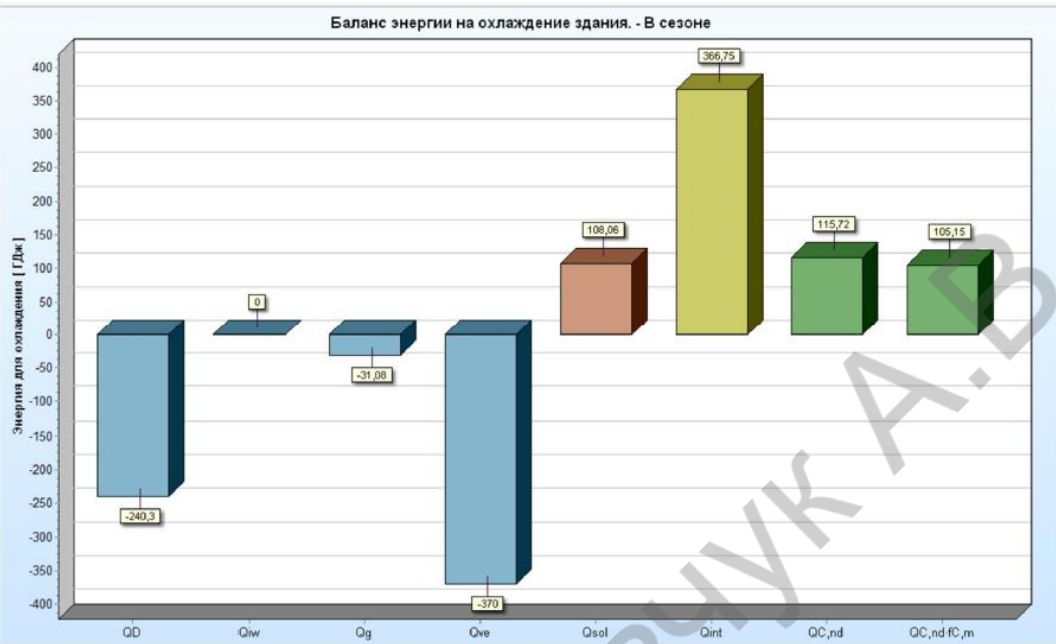
11

Вид конструкції	Стан	d, м	R, м ² ·К/Вт	U, Вт/м ² ·К	Qsol, ГДж/рік	Qпрос, ГДж/рік	Qпрос, %
Зовнішня стіна	До	0,37	1,236	0,809	313,83	12	55,1
	Після	0,52	4,808	0,208	80,94	8,4	39,6
Зовнішні двері	До	-	2,5	-	13,89	16,04	0,5
	Після	-	1,02	-	5,67	15,36	0,6
Покрівля	До	0,95	2,517	0,397	185,88	-	7,1
	Після	1,25	9,66	0,104	49,43	-	5,1
Вікно зовнішнє	До	-	1,67	-	765,88	1789,17	29,2
	Після	-	1,02	-	440,02	1654,04	45,8
Підлога по ґрунту	До	0,308	3,162	0,316	101,66	-	3,9
	Після	0,334	7,202	0,139	26,62	-	2,8
Підлога в підвалі	До	0,308	4,08	0,245	58,85	-	2,2
	Після	0,334	8,079	0,124	30,79	-	3,2
Зовнішня стіна, примикаюча до ґрунту	До	0,445	1,838	0,544	53,21	2,2	2,2
	Після	0,545	4,28	0,234	27,16	2,8	2,8

Баланс енергії на охолодження до та після термомодернізації

До

Після



Бал	Месяц	T _{вн,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	η _{с,ис}	Q _{sol} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{c,nd} ГДж/год	Q _{c,nd fC,m} ГДж/год	ε _с	η _{тф,ад3} кДж/К	η _{ве,ад3} Вт/К	η _с ч	α _с	η _{с,м} (1/η _с) _{lim}	ε _{с,м}	L _{с,м} ч	
<input type="checkbox"/>	січень	-4,3	-356,71	-0,00	-12,58	-549,24	0,142	8,88	123,58	2,29	0,00	665894,7	4872,0	7246,0	15	2,02	0,144	1,496	0,000	0
<input type="checkbox"/>	лютий	-2,6	-302,84	-0,00	-11,52	-466,29	0,159	15,02	111,62	2,72	0,00	665894,7	4885,1	7246,0	15	2,02	0,162	1,496	0,000	0
<input type="checkbox"/>	березень	1,7	-281,08	-0,00	-12,58	-432,79	0,196	23,37	123,58	4,73	0,00	665894,7	4916,7	7246,0	15	2,01	0,202	1,497	0,000	0
<input type="checkbox"/>	квітень	8,1	-193,95	-0,00	-11,73	-298,63	0,277	29,16	119,59	9,27	0,00	665894,7	4990,6	7246,0	15	2,01	0,295	1,498	0,000	0
<input type="checkbox"/>	травень	13,6	-131,09	-0,00	-11,48	-201,84	0,408	38,23	123,58	21,17	0,00	665894,7	5118,2	7246,0	15	2,00	0,470	1,501	0,000	0
<input checked="" type="checkbox"/>	червень	16,7	-89,05	-0,00	-10,49	-137,11	0,528	39,41	119,59	34,08	29,51	665894,7	5260,7	7246,0	15	1,99	0,672	1,504	0,866	623
<input checked="" type="checkbox"/>	липень	18,3	-71,85	-0,00	-10,38	-110,62	0,603	37,81	123,58	45,01	45,01	665894,7	5385,8	7246,0	15	1,98	0,837	1,506	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	серпень	17,7	-79,41	-0,00	-10,21	-122,27	0,556	30,84	123,58	36,63	30,64	665894,7	5311,0	7246,0	15	1,98	0,729	1,505	0,836	622
<input type="checkbox"/>	вересень	13,4	-129,30	-0,00	-10,04	-199,09	0,372	21,90	119,59	15,51	0,00	665894,7	5071,6	7246,0	15	2,00	0,418	1,500	0,000	0
<input type="checkbox"/>	жовтень	8,0	-201,67	-0,00	-10,84	-310,52	0,250	14,44	123,58	7,11	0,00	665894,7	4959,1	7246,0	15	2,01	0,264	1,497	0,000	0
<input type="checkbox"/>	листопад	2,5	-262,26	-0,00	-11,11	-403,81	0,182	6,90	119,59	3,52	0,00	665894,7	4905,4	7246,0	15	2,01	0,187	1,496	0,000	0
<input type="checkbox"/>	грудень	-2,4	-332,76	-0,00	-12,12	-512,36	0,149	6,17	123,58	2,45	0,00	665894,7	4877,4	7246,0	15	2,02	0,151	1,496	0,000	0
	в сезоні	7,6	-240,30	-0,00	-31,08	-370,00	0,560	108,06	366,75	115,72	105,15	665894,7	4967,4	7246,0	15	2,01		1,498	0,909	1990

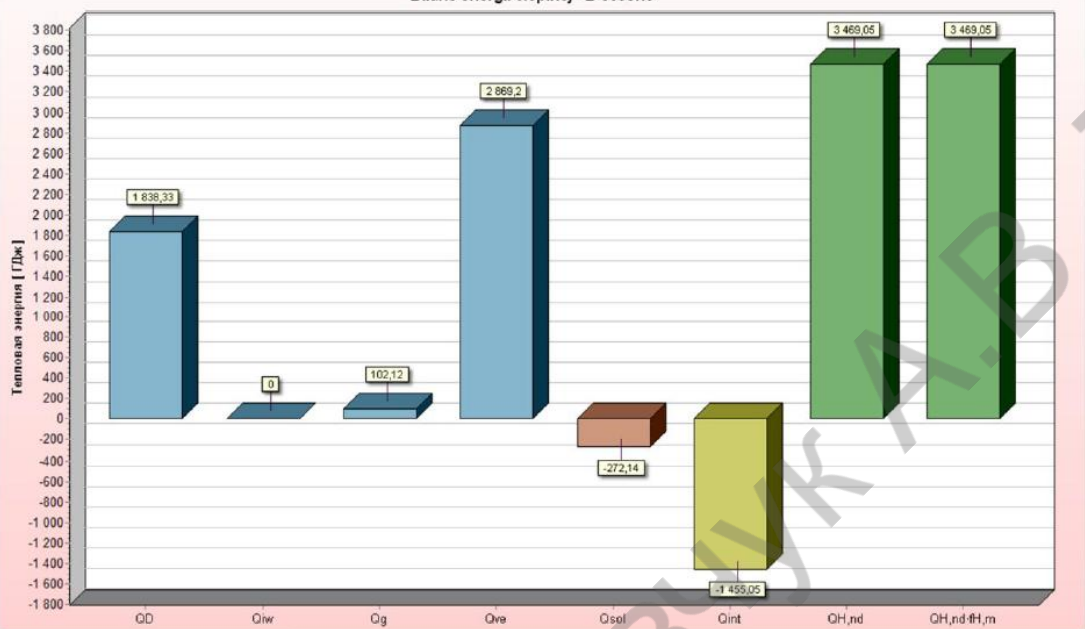
Бал	Месяц	T _{вн,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	η _{с,ис}	Q _{sol} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{c,nd} ГДж/год	Q _{c,nd fC,m} ГДж/год	ε _с	η _{тф,ад3} кДж/К	η _{ве,ад3} Вт/К	η _с ч	α _с	η _{с,м} (1/η _с) _{lim}	ε _{с,м}	L _{с,м} ч	
<input type="checkbox"/>	січень	-4,3	-135,89	-0,00	-6,55	-273,01	0,312	8,88	123,58	2,83	0,00	602815,9	1879,3	3601,8	31	3,04	0,319	1,329	0,000	0
<input type="checkbox"/>	лютий	-2,6	-115,37	-0,00	-5,99	-231,78	0,348	15,02	111,62	3,68	0,00	602815,9	1885,9	3601,8	31	3,03	0,359	1,330	0,000	0
<input type="checkbox"/>	березень	1,7	-107,08	-0,00	-6,55	-215,13	0,425	23,37	123,58	7,38	0,00	602815,9	1902,5	3601,8	30	3,03	0,447	1,330	0,000	0
<input checked="" type="checkbox"/>	квітень	8,1	-73,89	-0,00	-6,13	-148,44	0,575	29,16	119,59	17,34	13,45	602815,9	1941,6	3601,8	30	3,01	0,651	1,332	0,775	558
<input checked="" type="checkbox"/>	травень	13,6	-49,94	-0,00	-6,04	-100,33	0,762	38,23	123,58	42,68	42,68	602815,9	2009,8	3601,8	30	2,99	1,035	1,335	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	червень	16,7	-33,92	-0,00	-5,56	-68,15	0,871	39,41	119,59	65,27	65,27	602815,9	2086,9	3601,8	29	2,96	1,477	1,338	1,000	720
<input checked="" type="checkbox"/>	липень	18,3	-27,37	-0,00	-5,54	-54,99	0,916	37,81	123,58	80,88	80,88	602815,9	2155,4	3601,8	29	2,94	1,836	1,340	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	серпень	17,7	-30,25	-0,00	-5,46	-60,78	0,889	30,84	123,58	68,63	68,63	602815,9	2116,2	3601,8	29	2,95	1,600	1,339	1,000	744
<input checked="" type="checkbox"/>	вересень	13,4	-49,26	-0,00	-5,36	-98,96	0,718	21,90	119,59	31,18	28,99	602815,9	1987,8	3601,8	30	3,00	0,921	1,334	0,930	669
<input type="checkbox"/>	жовтень	8,0	-76,83	-0,00	-5,75	-154,35	0,529	14,44	123,58	12,72	0,00	602815,9	1927,0	3601,8	30	3,02	0,583	1,331	0,000	0
<input type="checkbox"/>	листопад	2,5	-99,91	-0,00	-5,85	-200,72	0,396	6,90	119,59	5,23	0,00	602815,9	1897,8	3601,8	30	3,03	0,413	1,330	0,000	0
<input type="checkbox"/>	грудень	-2,4	-126,77	-0,00	-6,34	-254,68	0,326	6,17	123,58	3,15	0,00	602815,9	1882,4	3601,8	31	3,04	0,335	1,329	0,000	0
	в сезоні	7,6	-264,63	-0,00	-34,09	-531,65	0,748	197,35	729,52	305,98	299,90	602815,9	1930,4	3601,8	30	3,02		1,331	0,980	4180

Баланс теплової енергії до та після термомодернізації

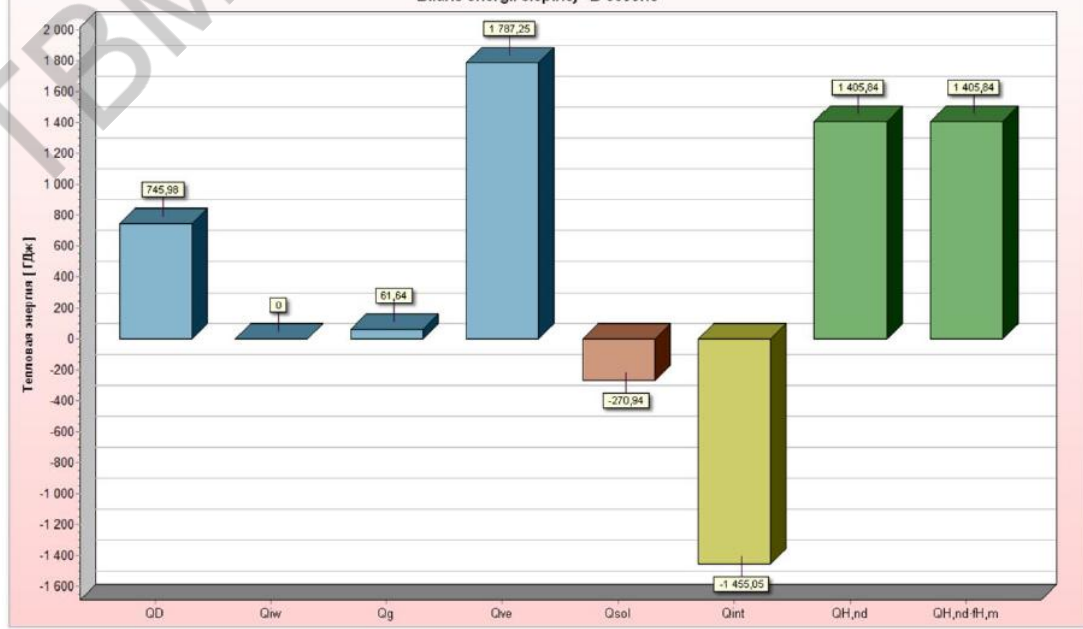
До

Після

Біланс енергії теплої - В сезоні



Біланс енергії теплої - В сезоні



Бал	Місяць	T _{ем,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	Q _{п,гн} ГДж/год	Q _{сол} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{H,nd} ГДж/год	Q _{H,nd} ·f _{H,м} ГДж/год	C _m кДж/К	H _{тг,adj} Вт/К	H _{ве,adj} Вт/К	η _ч	α _н	γ _{н,м}	γ _{н,лім}	f _{H,м}	L _{H,м} ч
☑	січень	-4,3	306,29	0,00	9,78	478,05	0,976	8,88	123,58	664,86	664,86	645919,5	4856,4	7345,0	15	1,98	0,167	1,505	1,000	744
☑	лютий	-2,6	257,30	0,00	8,99	401,58	0,970	15,02	111,62	545,08	545,08	645919,5	4870,5	7345,0	15	1,98	0,190	1,505	1,000	672
☑	березень	1,7	230,67	0,00	9,78	360,01	0,953	23,37	123,58	460,49	460,49	645919,5	4905,6	7345,0	15	1,98	0,245	1,506	1,000	744
☑	квітень	8,1	145,16	0,00	9,02	226,56	0,898	29,16	119,59	247,15	247,15	645919,5	4998,4	7345,0	15	1,97	0,391	1,508	1,000	720
☑	травень	13,6	80,67	0,00	8,68	125,91	0,750	38,23	123,58	93,86	93,86	645919,5	5212,4	7345,0	14	1,95	0,752	1,512	1,000	744
☑	червень	16,7	40,25	0,00	7,78	62,83	0,535	39,41	119,59	25,75	25,75	645919,5	5616,1	7345,0	14	1,92	1,434	1,520	1,000	720
☑	липень	18,3	21,43	0,00	7,58	33,44	0,344	37,81	123,58	6,93	6,93	645919,5	6370,4	7345,0	13	1,87	2,584	1,534	1,000	744
☑	серпень	17,7	28,99	0,00	7,41	45,25	0,441	30,84	123,58	13,58	13,58	645919,5	5908,5	7345,0	14	1,90	1,891	1,526	1,000	744
☑	вересень	13,4	80,51	0,00	7,33	125,65	0,786	21,90	119,59	102,29	102,29	645919,5	5134,7	7345,0	14	1,96	0,663	1,511	1,000	720
☑	жовтень	8,0	151,26	0,00	8,04	236,08	0,915	14,44	123,58	269,14	269,14	645919,5	4956,3	7345,0	15	1,97	0,349	1,507	1,000	744
☑	листопад	2,5	213,47	0,00	8,40	333,17	0,958	6,90	119,59	433,85	433,85	645919,5	4891,2	7345,0	15	1,98	0,228	1,506	1,000	720
☑	грудень	-2,4	282,34	0,00	9,32	440,67	0,973	6,17	123,58	606,07	606,07	645919,5	4861,3	7345,0	15	1,98	0,177	1,505	1,000	744
☑	В сезоні	7,6	1838,33	0,00	102,12	2869,20	0,776	272,14	1455,05	3469,05	3469,05	645919,5	4967,5	7345,0	15	1,97		1,507	1,000	8760

Бал	Місяць	T _{ем,м} °C	Q _D ГДж/год	Q _{iw} ГДж/год	Q _g ГДж/год	Q _{ve} ГДж/год	Q _{п,гн} ГДж/год	Q _{сол} ГДж/год	Q _{int} ГДж/год	Q _{H,nd} ГДж/год	Q _{H,nd} ·f _{H,м} ГДж/год	C _m кДж/К	H _{тг,adj} Вт/К	H _{ве,adj} Вт/К	η _ч	α _н	γ _{н,м}	γ _{н,лім}	f _{H,м}	L _{H,м} ч
☑	січень	-4,3	124,29	0,00	5,88	297,78	0,967	8,78	123,58	299,94	299,94	570949,5	2000,0	4575,3	24	2,61	0,309	1,383	1,000	744
☑	лютий	-2,6	104,41	0,00	5,40	250,15	0,956	14,93	111,62	238,92	238,92	570949,5	2008,4	4575,3	24	2,61	0,352	1,384	1,000	672
☑	березень	1,7	93,60	0,00	5,88	224,26	0,926	23,28	123,58	187,78	187,78	570949,5	2029,6	4575,3	24	2,60	0,454	1,384	1,000	744
☑	квітень	8,1	58,90	0,00	5,43	141,12	0,826	29,07	119,59	82,70	82,70	570949,5	2085,7	4575,3	24	2,59	0,724	1,386	1,000	720
☑	травень	13,6	32,74	0,00	5,24	78,43	0,594	38,14	123,58	20,41	20,41	570949,5	2215,3	4575,3	23	2,56	1,389	1,391	1,000	744
☑	червень	16,7	16,33	0,00	4,71	39,14	0,357	39,32	119,59	3,41	3,41	570949,5	2460,7	4575,3	23	2,50	2,640	1,400	1,000	720
☑	липень	18,3	8,70	0,00	4,60	20,83	0,208	37,71	123,58	0,64	0,64	570949,5	2919,9	4575,3	21	2,41	4,726	1,415	1,000	744
☑	серпень	17,7	11,76	0,00	4,50	28,19	0,278	30,73	123,58	1,49	1,49	570949,5	2640,3	4575,3	22	2,47	3,472	1,406	1,000	744
☑	вересень	13,4	32,67	0,00	4,45	78,27	0,643	21,79	119,59	24,42	24,42	570949,5	2169,9	4575,3	24	2,57	1,225	1,389	1,000	720
☑	жовтень	8,0	61,38	0,00	4,87	147,05	0,856	14,33	123,58	95,27	95,27	570949,5	2061,2	4575,3	24	2,59	0,647	1,386	1,000	744
☑	листопад	2,5	86,62	0,00	5,07	207,53	0,936	6,79	119,59	180,95	180,95	570949,5	2021,5	4575,3	24	2,60	0,422	1,384	1,000	720
☑	грудень	-2,4	114,57	0,00	5,61	274,50	0,962	6,06	123,58	269,90	269,90	570949,5	2003,2	4575,3	24	2,61	0,328	1,384	1,000	744
☑	В сезоні	7,6	745,98	0,00	61,64	1787,25	0,689	270,94	1455,05	1405,84	1405,84	570949,5	2067,5	4575,3	24	2,59		1,386	1,000	8760

Порівняльний аналіз тепловтрат будівлі до та після термомодернізації

Огороджувальна конструкція / Джерело втрат	До термомодернізації	Після термомодернізації	Зміна (ГДж/рік)	Зміна (%)	Зміна частки (%)
Двері зовнішні	5,86 ГДж (0,1%)	6,32 ГДж (0,3%)	0,46	8%	0,20%
Вікна зовнішні	262,52 ГДж (5,6%)	283,11 ГДж (11,6%)	20,59	8%	6,00%
Покрівля	218,03 ГДж (4,7%)	53,49 ГДж (2,2%)	-164,54	-75%	-2,50%
Підлога в підвалі	49,82 ГДж (1,1%)	32,74 ГДж (1,3%)	-17,08	-34%	0,20%
Зовнішня стіна, примикаюча до ґрунту	52,30 ГДж (1,1%)	28,90 ГДж (1,2%)	-23,4	-45%	0,10%
Зовнішня стіна	1206,88 ГДж (25,9%)	257,98 ГДж (10,5%)	-948,9	-79%	-15,40%
Енергія на вентиляцію	2869,20 ГДж (61,5%)	1787,25 ГДж (73,0%)	-1081,95	-38%	11,50%
Загальні тепловтрати	4664,61 ГДж (100%)	2449,79 ГДж (100%)	-2214,82	-47%	-

Енергетичний сертифікат будівлі

15

До

Після

Відомості про конструкцію будівлі

Опалювана площа, (м²): 3090,00
Кількість поверхів: 5

Опалюваний об'єм, (м³): 11124,0
Рік прийняття в експлуатацію: 1980

Відомості про конструкцію будівлі

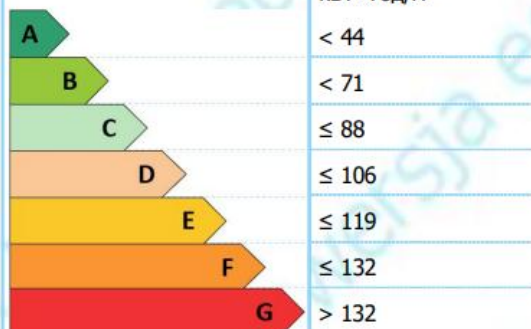
Опалювана площа, (м²): 3090,00
Кількість поверхів: 5

Опалюваний об'єм, (м³): 11124,0
Рік прийняття в експлуатацію: 1980

Шкала класів енергоефективності

Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

кВт×год/м³



111,87

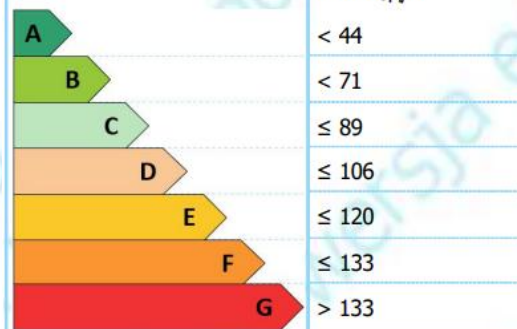
E

2021

Шкала класів енергоефективності

Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

кВт×год/м³



45,87

B

2021

Питоме споживання первинної енергії, кВт-год/м² :

688,10

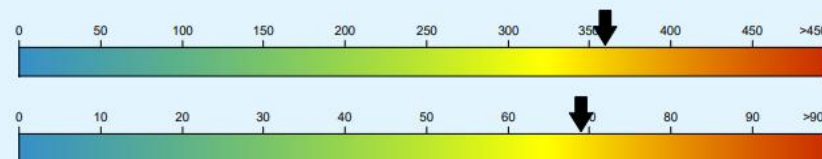


Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

133,07

Питоме споживання первинної енергії, кВт-год/м² :

360,29



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

68,61

Показники енергоефективності будівлі

16

Показник	До термомодернізації (більше споживання)	Після термомодернізації (менше споживання)	Зміна (%)
Питома енергопотреба (кВт·год/м ³)	92,03	43,96	-59%
Питома первинна енергія (кВт·год/м ²)	688,1	360,29	-48%
Питомі викиди парникових газів (кг/м ²)	133,07	68,61	-48%

Енергоспоживання за видами

Вид енергоспоживання	До (тис. кВт·год / кВт·год/м ³)	Після (тис. кВт·год / кВт·год/м ³)	Зміна (кВт·год/м ³)	Зміна (%)
При опаленні	1228 / 110,42	473,0 / 42,52	-67,9	-61%
При охолодженні	37,31 / 3,35	37,31 / 3,35	0	0%
При постачанні гарячої води	167,5 / 15,06	155,5 / 13,98	-12	-7%
При вентиляції	0,00 / 0,00	16,13 / 1,45	1,45	100%
При освітленні	171,4 / 15,41	67,56 / 6,07	-9,34	-61%
Усього	1594 / 143,35	782,4 / 70,33	-73,02	-51%

Техніко-економічне порівняння

Стаття витрат	Ресурс	Стан ДО (тис. кВт-год/ рік)	Стан ПІСЛЯ (тис. кВт-год/ рік)	Річна економія (тис. кВт-год)	Економія в грн/рік (з ПДВ)
Опалення	Тепло	1228	473	755	2 272 550
Гаряче водопостачання	Тепло	167,5	155,5	12	36 120
Вентиляція	Електро	0	37,05	-37,05	-314 925
Освітлення	Електро	171,4	67,56	103,84	882 640
Охолодження (VRF)	Електро	37,31	16,13	21,18	180 030
РАЗОМ	—	1 604,21	749,24	854,97	3 056 415

Висновки:

У роботі обґрунтовано проєкт глибокої реновації будівлі готелю, що дозволив кардинально покращити теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій. Опір теплопередачі стін та покрівлі приведено у повну відповідність до вимог ДБН В.2.6-31:2021.

Завдяки впровадженню енергоефективних заходів загальні тепловтрати будівлі зменшилися на 47%. Будівля успішно перейшла з низького класу енергоефективності «Е» до найвищого класу «В».

Проєкт забезпечує зменшення експлуатаційних витрат готелю на 3,06 млн грн щороку.

Найбільший внесок у фінансову економію дає термомодернізація стін та вікон, що скоротило витрати на опалення на 61%.

Хоча витрати на електрику (вентиляція та охолодження) зросли на ~314 тис. грн, це компенсується переходом готелю на вищий рівень сервісу, витяжні вентилятори зблоковані з вимикачем світла та мають таймери затримки, що підвищує енергоефективність.

При капітальних інвестиціях у таку модернізацію, термін окупності для готельного бізнесу в Івано-Франківську складе близько 9–8 років.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !

Савчук А.В. ТВМ-24-2