

Расчеты поступления теплоты солнечной радиации в помещения. Сравнение методов.

Инженер Андониев И.Ю.

Нижний Новгород
2019

Содержание

	Лист
1. Введение	2
2. Условие задачи	3
3. Солнечная радиация на помещение	3
4. Конвективный нагрев внутреннего воздуха	9
5. Расчет	15
6. Список литературы	26

1. Введение.

Определением поступления теплоты солнечной радиации в помещения занимались ученые: Шкловер А.М., Фокин К.Ф., Богословский В.Н., Баркалов Б.В., они написали книги [1], [2], [3], [4], 1930...1991. **Современную методику создал Шкловер А.М. в 1956, при этом использовался сложный математический аппарат.** Окончательно методику отработал Богословский В.Н. Прошло 60 лет ни одной новой публикации по теме не появилось. Тема сложная, методика у Баркалова в СНиПе, см. [4], представлена по Богословскому, см. [3] стр. 330 пример VII.I. В обоих источниках решается **одна и та же задача**. В обоих источниках условие задачи составлено **не четко, расплывчато**.

2. Примеры расчетов поступлений теплоты от солнечной радиации.

Пример 1. Определить поступление теплоты солнечной радиации в производственное помещение в одноэтажном здании в Москве (56 град. СШ)., имеющем окна в ЮЗ стене без солнцезащитных устройств.

Влияние солнцезащиты - см. пример 2. В помещении поддерживается постоянная температура воздуха 22 град. С. Характеристика ограждающих конструкций помещения приведена в табл. 10. В помещении установлено технологическое оборудование общей массой 3000 кг, при общей поверхности 200 кв.м.

Каковы размеры помещения???

Все остальные исходные данные (у Богословского около 50) представлены в **десяти** таблицах на стр.10...27!!!

У проектировщика нет времени на поиски в десятках таблиц, использовать диаграмму Рамзина, собирать десятки исходных данных. Для проектировщика важно выполнить расчет с возможной точностью, быстро, надежно, без сомнений. Тем более, что солнечная радиация это часть общей тепловой нагрузки на помещение.

Я несколько раз пытался выполнить расчет по этой методике и обратил внимание: выполнишь один вариант расчета, через несколько дней хочешь повторить, проверить этот вариант - ничего не выходит, числа получаются другие... То есть я не могу проверить собственные вычисления! Хорошо, может быть это не для меня, будем считать результаты решения этой задачи идеалом. **"Расчет достаточно сложен и трудоемок, но безусловно точен..."** Фокин о методе Шкловера см. [1] стр. 143. Проведем сравнительный анализ **результатов** расчета для этой задачи.

Местоположение: город Москва. **Время:** середина июня, самый длинный световой день. **Здание:** длина, ширина, высота - 42х18х15 м; **суммарная площадь остекления** в наружных ограждениях здания: от площади наружных стен 18...25%; **здание ориентировано** узким фасадом на северо-восток (другой фасад на юго-запад). **Помещение** (из двух источников, с трудом вычислил): длина, ширина, высота - 22х9,82х4,9 м. **Количество людей** (для расчета влажности) 20 человек. В помещении поддерживается **постоянная температура** воздуха $t_{\text{пом}} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Рабочий день:** с 8 часов до 17 часов дня. **Система СКВ:** рециркуляционный (канальный) кондиционер и вытяжка. **НЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНЫ.**

Определить: почасовой поток солнечной радиации приходящийся на здание; почасовое поступление теплоты от солнечной радиации в помещение, которая приходится на нагрев воздуха; мощность кондиционера, расход воздуха: рециркуляционного, свежего; температуру воздуха в помещении; почасовую влажность в помещении. Это **все необходимые величины для проектирования.**

Для проектирования не нужны показатели теплопоглощения, теплоусвоения, параметры запаздывания, амплитуды колебаний, интенсивность конвективного потока...

3. Солнечная радиация на помещение.

Для определения поступления тепла от солнечной радиации на здание используется алгоритм см. [5], область определения - **северное полушарие Земли от тропика Рака до полярного круга**. Учитываются географические координаты места. Потоки радиации определяются очень точно, суммируются потоки за 240 секунд (поворот Земли на 1°): для любой ориентации здания, за световой период дня. Определяется почасовой **объемный удельный поток** радиации на 1 м^3 (от объема здания). Исходя из этого параметра определяется почасовая нагрузка радиации на помещение за световой день, **при различной прозрачности неба (низкая, нормальная, высокая), т.е. получается три варианта**. Узкий фасад здания направлен на северо-восток, угол $\alpha = 45^{\circ}$, см. рисунок 1. Потоки солнечной радиации на здание см. рисунок 3.

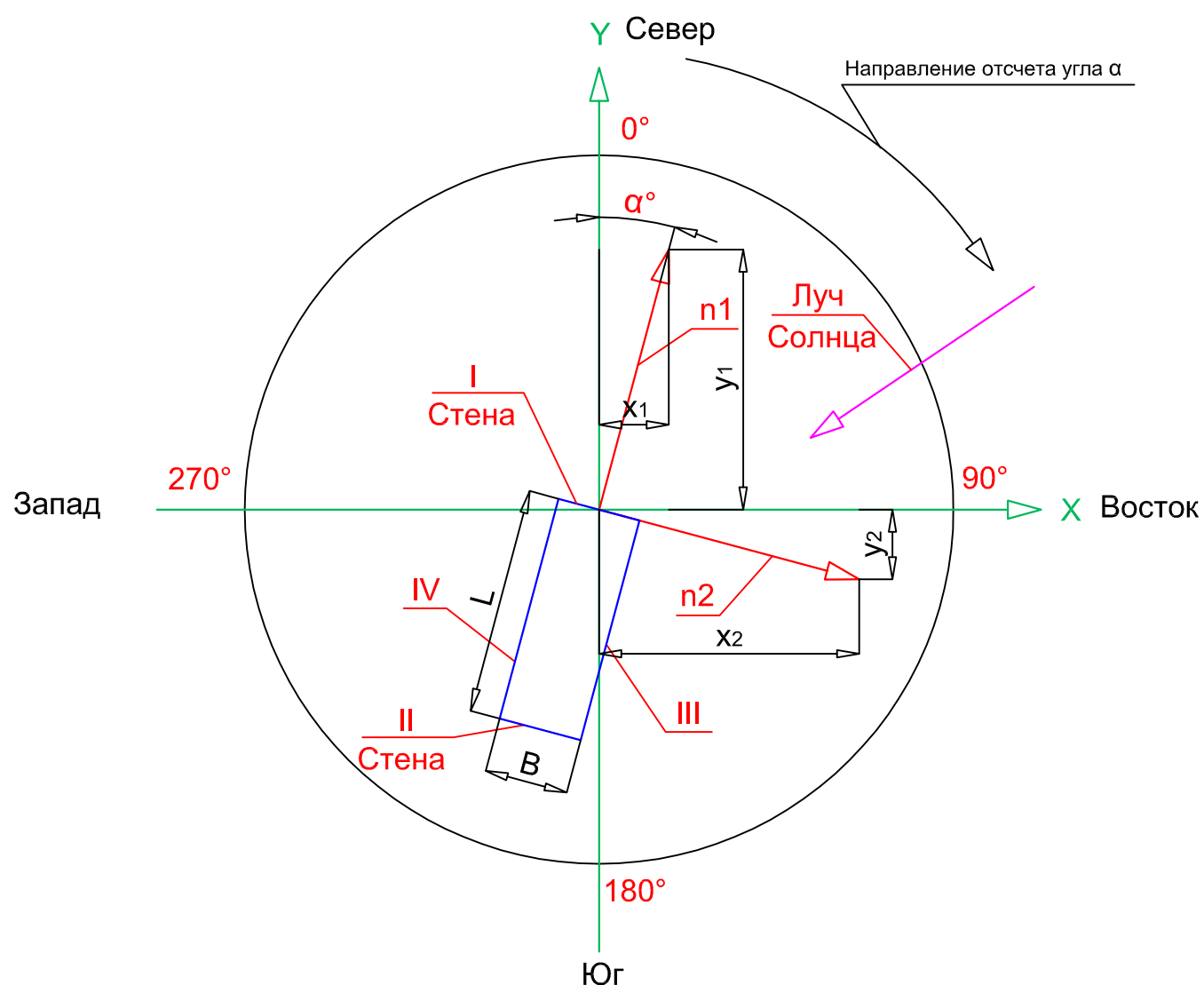


Рисунок 1

Высота Солнца h_i над горизонтом от восхода до заката. Москва 15 июня.

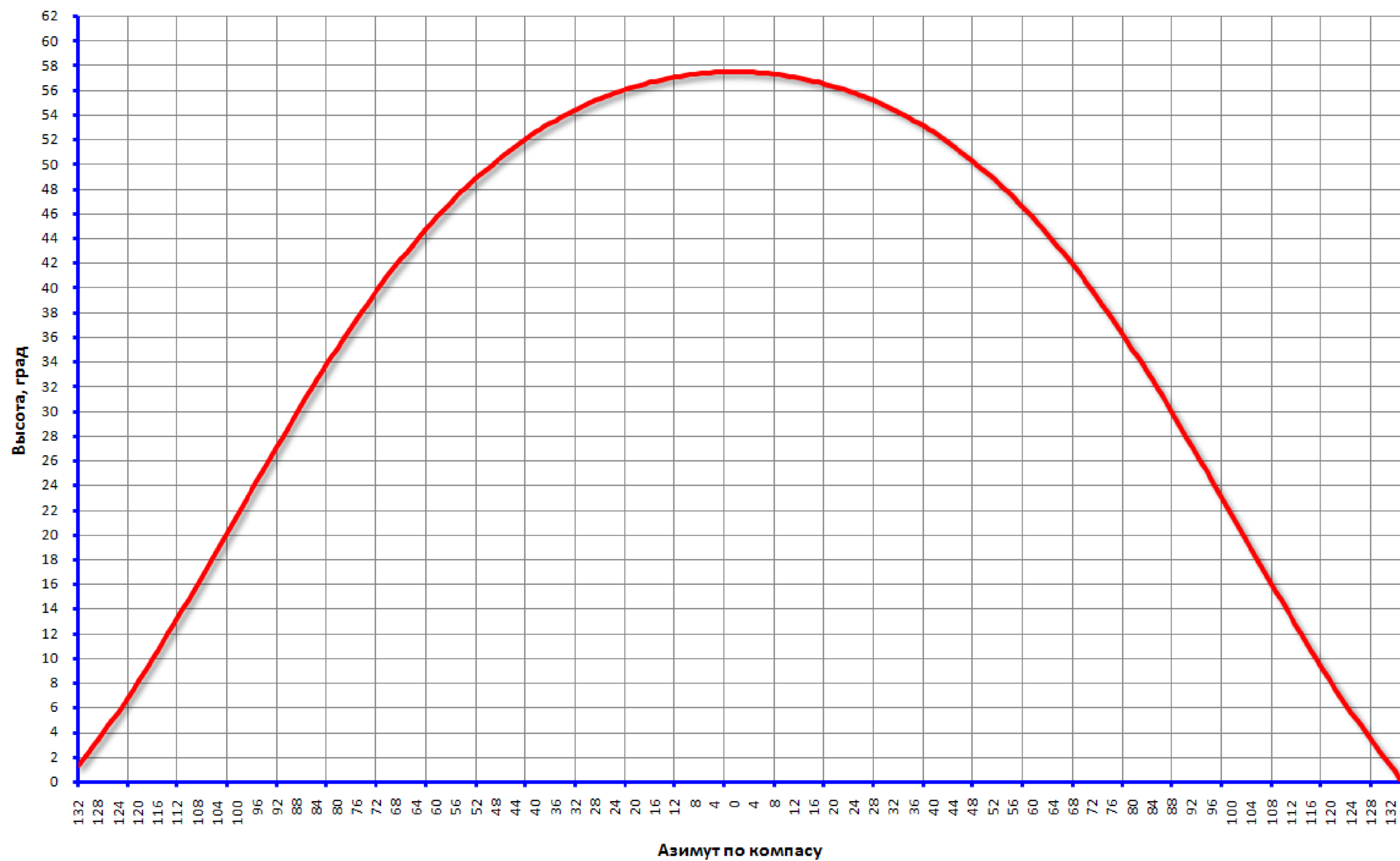


Рисунок 2

Солнечные потоки радиации на здание . Москва.

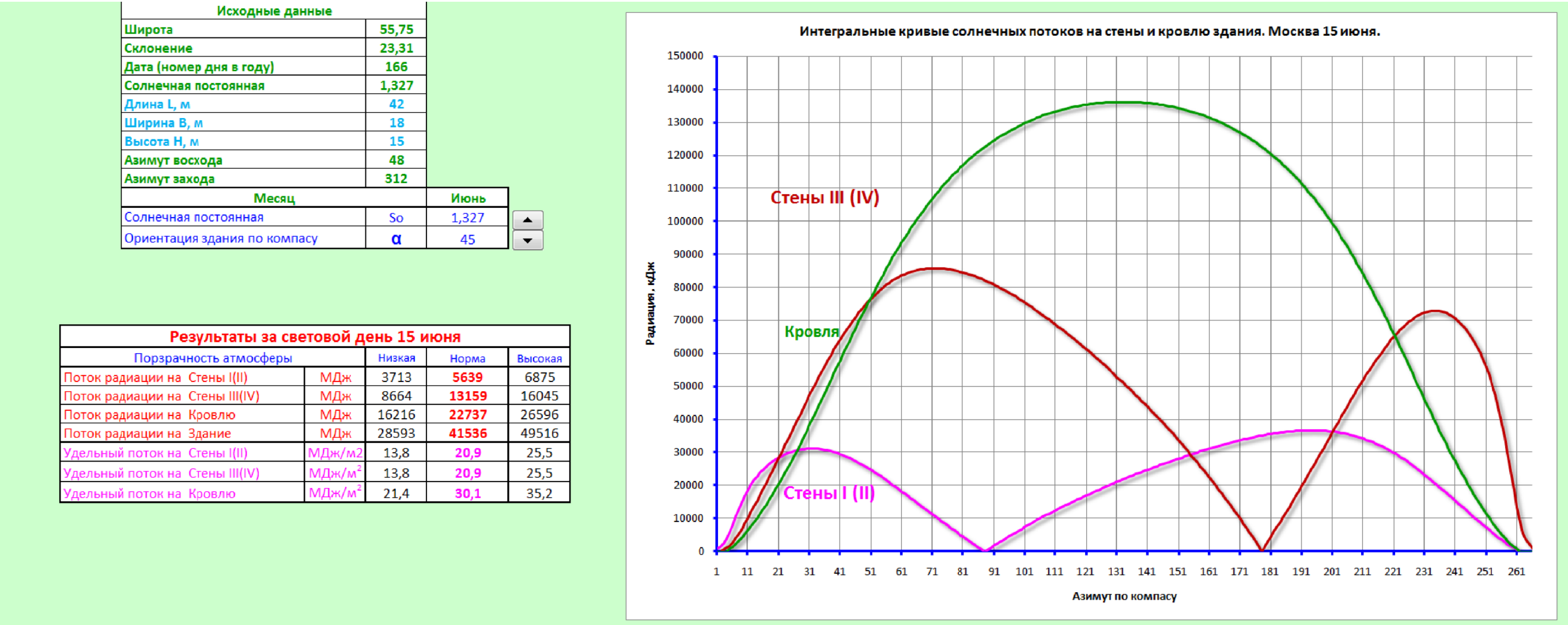


Рисунок 3

Тепловая нагрузка на помещение в зависимости от прозрачности неба .

Москва

Кровля			Кровля			Кровля			
13,8	13,8	21,4	20,9	20,9	30,1	25,5	25,5	35,2	МДж/м ²
3713	8664	16216	5639	13159	22737	6875	16045	26596	МДж

Здание	м3	11340	_vs
Помещение	м3	1059	vvp

Низкая прозрачность			Нормальная прозрачность			Высокая прозрачность				Время, ч
Q ₁₍₂₎ , КДЖ	Q ₃₍₄₎ , КДЖ	Q _K , КДЖ	Q ₁₍₂₎ , КДЖ	Q ₃₍₄₎ , КДЖ	Q _K , КДЖ	Q ₁₍₂₎ , КДЖ	Q ₃₍₄₎ , КДЖ	Q _K , КДЖ		
26	3	2	912	112	59	3979	487	259	1	4,00
54	9	5	1461	238	132	5483	895	497	2	
113	23	13	2339	477	273	7523	1536	877	3	
246	60	35	3743	918	536	10333	2534	1479	4	
500	143	85	5666	1623	965	13676	3918	2330	5	
911	299	181	7943	2605	1575	17184	5635	3408	6	
1483	548	337	10354	3826	2349	20550	7594	4663	7	
2192	902	562	12715	5231	3258	23591	9706	6045	8	
2999	1360	859	14912	6764	4270	26242	11902	7514	9	
3865	1917	1226	16897	8380	5360	28508	14139	9044	10	
4759	2564	1661	18662	10053	6512	30431	16393	10619	11	
5657	3291	2158	20224	11765	7716	32061	18652	12232	12	
6545	4092	2716	21604	13507	8966	33447	20912	13880	13	
7412	4959	3331	22828	15273	10259	34632	23171	15564	14	
8253	5888	4002	23918	17062	11596	35650	25431	17284	15	5,00
9066	6873	4726	24893	18873	12976	36527	27693	19040	16	
9847	7912	5503	25768	20703	14399	37285	29956	20834	17	
10597	9000	6331	26555	22553	15865	37939	32221	22666	18	
11314	10134	7210	27264	24420	17374	38502	34486	24535	19	
11999	11312	8139	27901	26303	18925	38983	36751	26442	20	
12650	12529	9116	28472	28200	20518	39389	39012	28385	21	
13268	13784	10141	28982	30108	22152	39725	41269	30363	22	
13852	15072	11213	29433	32025	23825	39996	43517	32375	23	
14402	16390	12329	29829	33946	25535	40205	45755	34418	24	
14916	17734	13488	30171	35870	27281	40356	47979	36491	25	
15396	19101	14689	30461	37791	29061	40450	50185	38591	26	
15841	20488	15929	30701	39708	30872	40490	52370	40716	27	
16250	21891	17207	30892	41616	32712	40478	54531	42864	28	
16623	23305	18521	31035	43512	34579	40416	56664	45031	29	
16960	24728	19867	31133	45392	36469	40305	58766	47215	30	6,00
17261	26156	21245	31184	47253	38381	40147	60835	49413	31	
17527	27585	22651	31192	49092	40312	39944	62866	51623	32	

[illegible]

Рисунок 4

В таблице представлены результаты почасовой тепловой нагрузки из источников [3] стр. 346, [4] таблица 11 стр. 28 и результаты собственных вычислений. В источниках [3] и [4] присутствуют величины: **теплопоступления от людей и теплоусвоения оборудования**, оборудование усваивает тепло и затем отдает его воздуху, т.е. данные должны быть несколько меньшими. В моем расчете вычисляются сугубо **теплопоступления от солнечной радиации**.

Сравнение методов определения поступления					
тепла от солнечной радиации.					
Часы	Богословский [3], стр 346	Баркалов [4] стр. 28	Андониев	Андониев	Андониев
1					
2					
3					
4					
5		4,4	0,4	1,6	2,7
6		4,2	2,8	5,8	7,9
7		4,0	5,8	9,6	12,0
8	5,3	4,3	8,3	12,4	14,8
9		4,4	9,8	13,7	16,0
10	9,8	4,9	10,3	14,0	16,2
11		5,7	10,7	14,4	16,5
12	13,3	7,1	11,0	14,6	16,7
13		9,1	10,8	14,4	16,4
14	15,7	10,7	10,4	13,8	15,7
15		12,2	9,6	12,8	14,6
16	17,1	13,4	8,5	11,4	13,1
17		13,8	8,2	11,3	13,1
18	17,3	13,4	8,2	11,7	13,7
19		12,6	7,3	11,1	13,5
20		11,0	5,3	9,3	11,8
21		9,5	2,4	5,9	8,4
22					
23					
24					

Сравнение методов определения теплопоступлений солнечной радиации:
Богословский, Баркалов, Андониев.

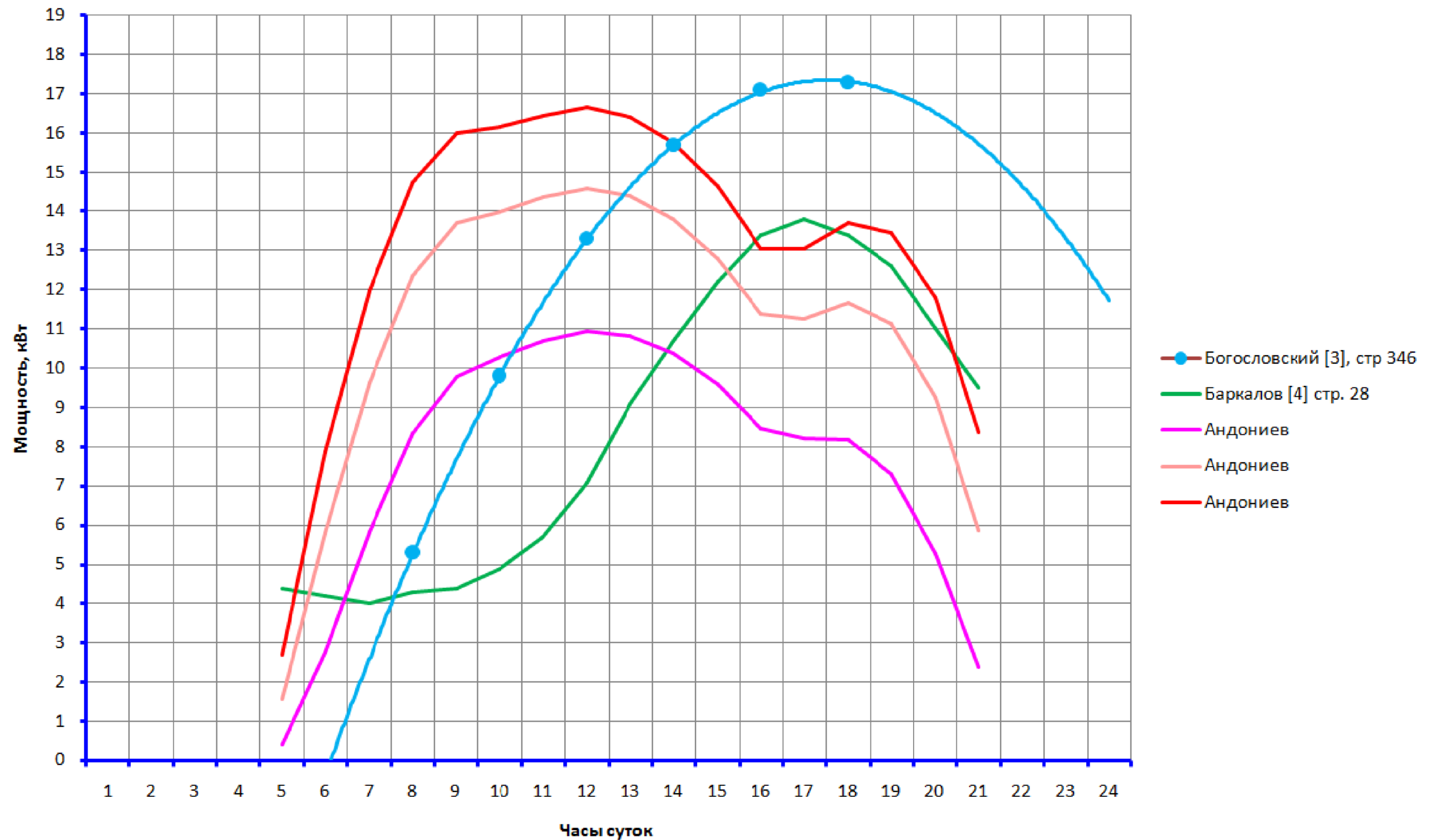


Рисунок 5

Очевидно два из трех вариантов расчета близки по величине с "классическим" решением. Не учитывается величина затухания температурных колебаний и сдвиг фаз в отдельных слоях ограждения, а для проектирования СКВ это ненужно, нас интересуют абсолютные величины. **Достоинство метода: ограниченные исходные данные - размеры здания и размеры помещения. Методом можно воспользоваться при наличии алгоритма [5].**

Основная формула

Нагрев внутреннего воздуха

$$N_{ном} = N_{рад} \cdot k_p \cdot k_{ост} + \sum N$$

$N_{рад}$ - солнечная радиация

k_p - коэф поглощения

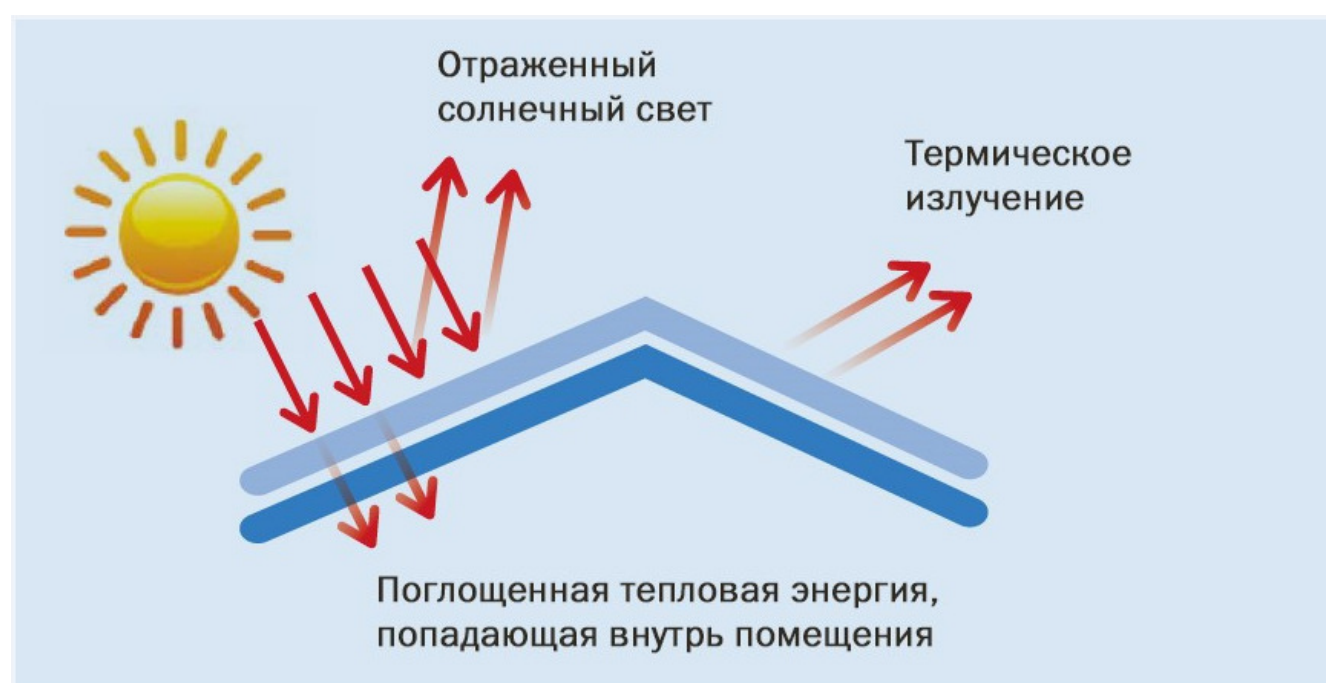
$k_{ост}$ - коэф остекления стен

$$k_{ост} = 0,18...0,25$$

$\sum N$ - другие тепловыделения

4. Конвективный нагрев внутреннего воздуха.

Поток радиации приходит на здание. Часть потока отражается в атмосферу, часть уходит термическим излучением в окружающую среду, часть **поглощается ограждением** и часть проходит через **оконные проемы** в помещение. Поглощенная часть потока расходуется на нагрев материала стены. Когда стена прогревается насквозь, начинается конвективный нагрев внутреннего воздуха. **Радиация проходящая в помещение через оконные проемы действует немедленно**, в отличии от запаздывания температурных колебаний в ограждениях. **Стена толщиной более 300 мм стабилизирует температуру внутреннего воздуха в период после заката солнца.** В это время и сказывается запаздывание температурных колебаний в ограждениях. **"Колебания суммарной температуры наружного воздуха затухают в ограждении и незначительно отражаются на его внутренней поверхности."** см. [1] стр. 136. Для подтверждения этих соображений выполнены расчеты нестационарной теплопередачи однородных стен различной толщины, рисунки 6...10. В России большинство административных и жилых зданий имеют стены толщиной в два кирпича 500 мм и более. Толстым стенам соответствуют малые колебания температуры внутренней поверхности стены от 0,1°C и следовательно **малая конвективная теплопередача. Поэтому в моей методике не учитывается конвективное тепло. Поэтому НЕТ ТОЛЩИНЫ СТЕНЫ.** Проектировщик вентиляции и кондиционирования не специалист теплотехник, у него должен быть свой лаконичный инженерный расчет, его задача определить мощность кондиционера.



Тонкая (250мм) стена из кирпича. Нестационарная теплопередача [1] стр. 96-105.
Естественный нагрев стены, [3] стр. 205. За двое суток температура внутренней поверхности
стены повысилась на 6°С.

Стены кирпичные и бетонные слоев 5_6: 250, 300 мм			
Однородная стена. Задача 2а. Слоев 5...6			
Интервал времени, час	1	Число Фурье	
Толщина стены, м	0,250	Fo	0,509
Красный кирпич плотность, кг/м3	1800	Δx, м	0,050
Теплопроводность, λo, Вт/(м.°C)	0,56	<div>▲</div> <div>▼</div>	
Теплоемкость, со, Дж/(кг.°C)	880		
Коэф теплоот , αв, Вт/(м²C°)	8,7	<div>▲</div> <div>▼</div>	
Коэф теплоот , αк, Вт/(м²C°)	23,3		
Внутренняя температура tw	18	<div>▲</div> <div>▼</div>	
Число слоев	5		
Вычисления			
Наружная температура tn	27,80		
Сопротив теплоотдачи внутр поверх Rв	0,115		
Сопротив теплоотдачи наруж поверх Rн	0,043		
Кирпич коэф температуропроводности	0,00127		
Температурный перепад Δt	-9,8		
Термическое сопротивление слоев		Δti	Слой
Rв	0,115	-1,9	0,000
Слой 1-2 R1	0,089	-1,4	0,050
Слой 2-3 R2	0,089	-1,4	0,100
Слой 3-4 R3	0,089	-1,4	0,150
Слой 4-5 R4	0,089	-1,4	0,200
Слой 5-6 R5	0,089	-1,4	0,250
Слой 6-7 R6	0,000	0,0	0,000
Rн	0,0429	-0,7	
Сопротивление теплопередачи стены R0	0,604	-9,8	
Темп внутр пов стены (1)	19,9		
Темп на границе 2 слоя	21,3		
Темп на границе 3 слоя	22,8		
Темп на границе 4 слоя	24,2		
Темп на границе 5 слоя	25,7		
Темп на границе 6 слоя	27,1		

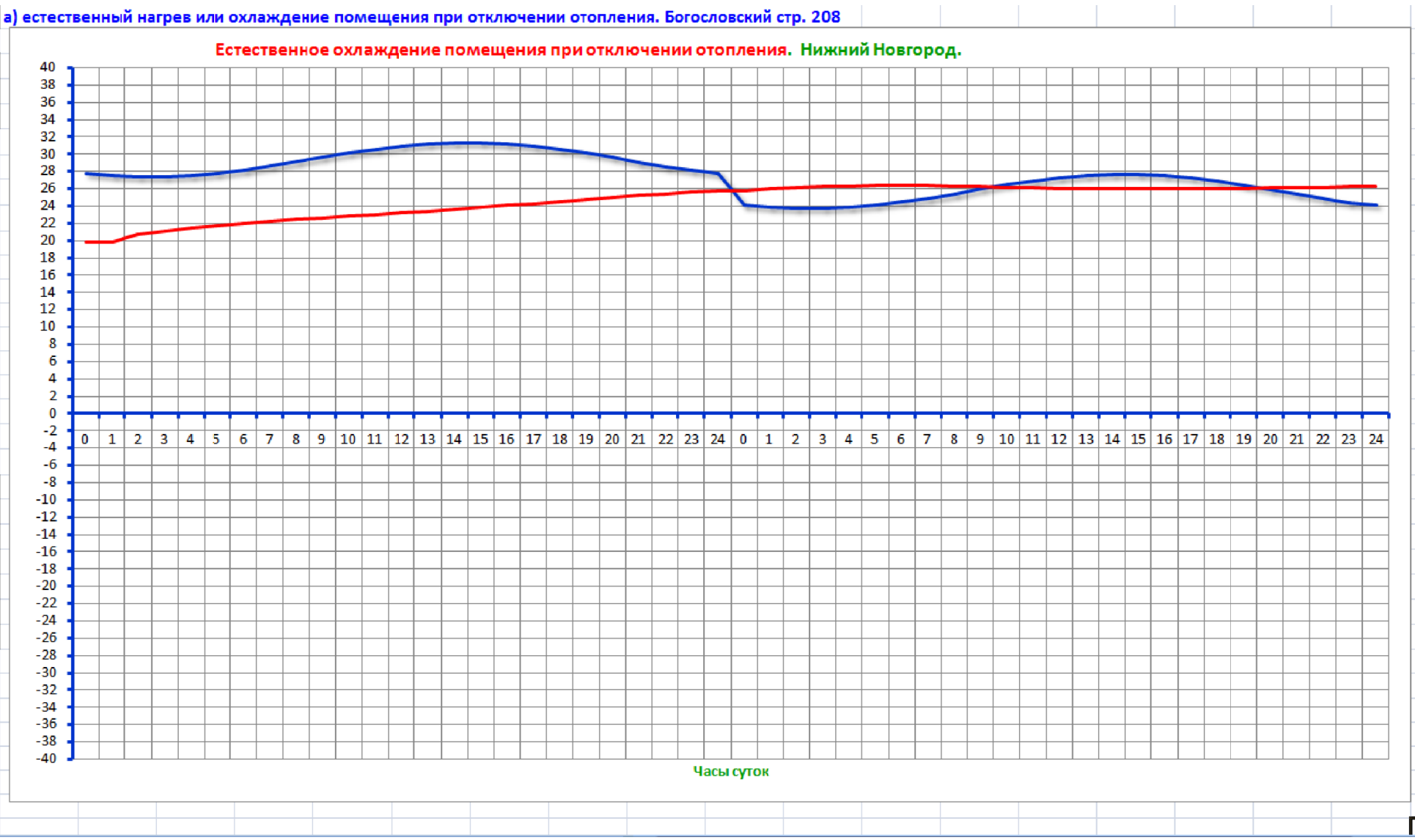


Рисунок 6

Тонкая (150мм) стена из газобетона. Поддержание внутренней температуры, нестационарная теплопередача [1] стр. 96-105. Большие колебания температуры внутренней поверхности стены до $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$. **Большая конвективная теплопередача.**

Конвективный тепловой поток, кВт

$$Q_k = \alpha_k \cdot F \cdot \Delta t$$

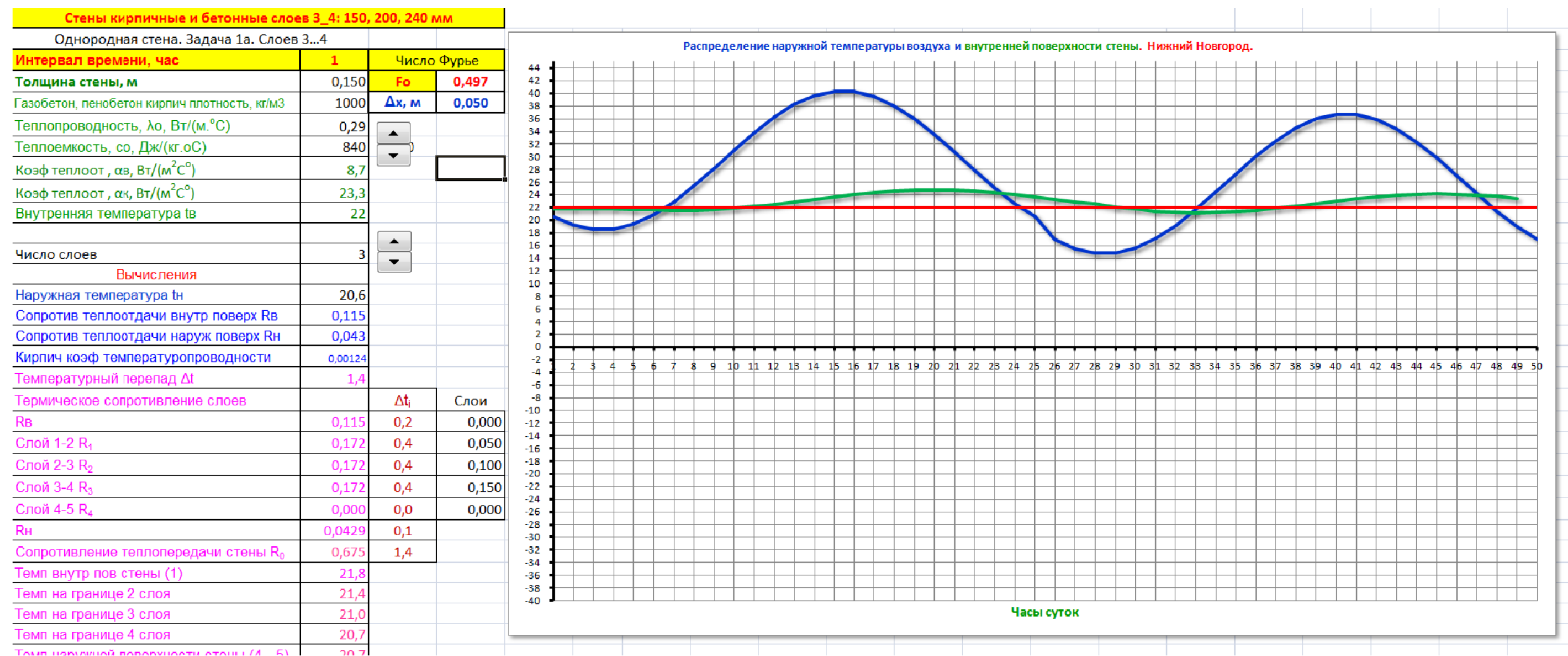


Рисунок 7

Тонкая (150мм) стена из газобетона. Стена охлаждает воздух помещения до 12 часов дня, после 12 часов дня нагревает его. **Большая конвективная теплопередача.**

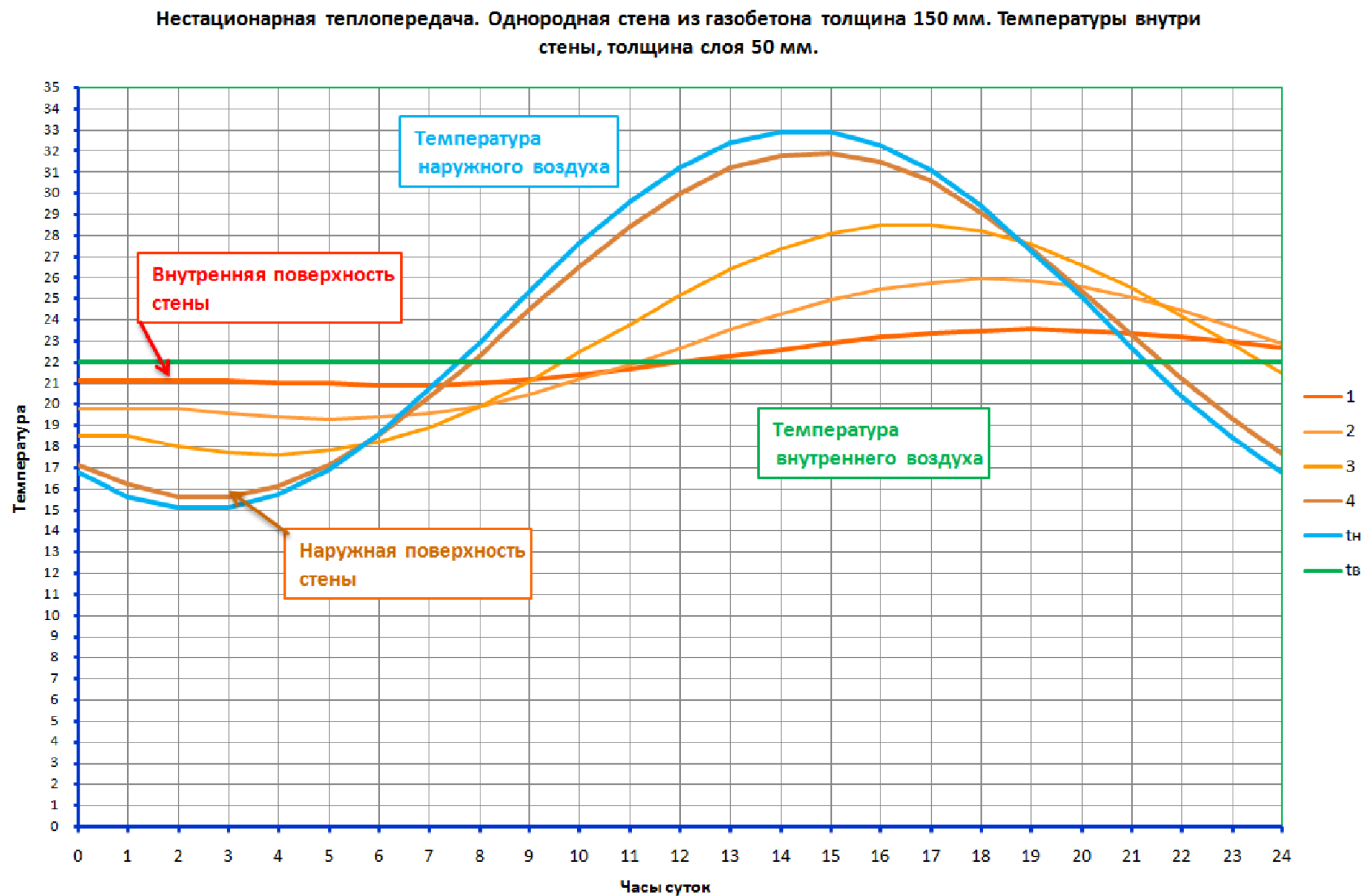


Рисунок 8

Толстая (550мм) стена из газобетона. Поддержание внутренней температуры, нестационарная теплопередача [1] стр. 96-105. Малые колебания температуры внутренней поверхности стены до $\Delta t = 0,1^{\circ}\text{C}$. **Малая конвективная теплопередача.**

Конвективный тепловой поток, кВт

$$Q_k = \alpha_k \cdot F \cdot \Delta t$$

Стены кирпичные и бетонные слоев 11_12: 550, 750 мм			
Однородная стена. Задача 1а. Слоев 11...12			
Интервал времени, час	1,0	Число Фурье	
Толщина стены, м	0,550	Fo	0,497
Красный кирпич плотность, кг/м3	1000	Δx, м	0,050
Теплопроводность, λo, Вт/(м.°C)	0,29	<div><div>▲</div><div>▼</div>0</div>	
Теплоемкость, со, Дж/(кг.оC)	840		
Коэф теплоот , αв, Вт/(м²C°)	8,0		
Коэф теплоот , αк, Вт/(м²C°)	24,0	<div><div>▲</div><div>▼</div></div>	
Внутренняя температура tw	18		
Число слоев	11		
Вычисления			
Наружная температура tn	15,89		
Сопротив теплоотдачи внутр поверх Rв	0,125		
Сопротив теплоотдачи наруж поверх Rн	0,042		
Кирпич коэф температуропроводности	0,00124		
Температурный перепад Δt	2,1		
Термическое сопротивление слоев		Δti	Слои
Rв	0,125	0,1	0,000
Слой 1-2 R₁	0,172	0,2	0,050
Слой 2-3 R₂	0,172	0,2	0,100
Слой 3-4 R₃	0,172	0,2	0,150
Слой 4-5 R₄	0,172	0,2	0,200
Слой 5-6 R₅	0,172	0,2	0,250
Слой 6-7 R₆	0,172	0,2	0,300
Слой 7-8 R₇	0,172	0,2	0,350
Слой 8-9 R₈	0,172	0,2	0,400
Слой 9-10 R₉	0,172	0,2	0,450
Слой 10-11 R₁₀	0,172	0,2	0,500

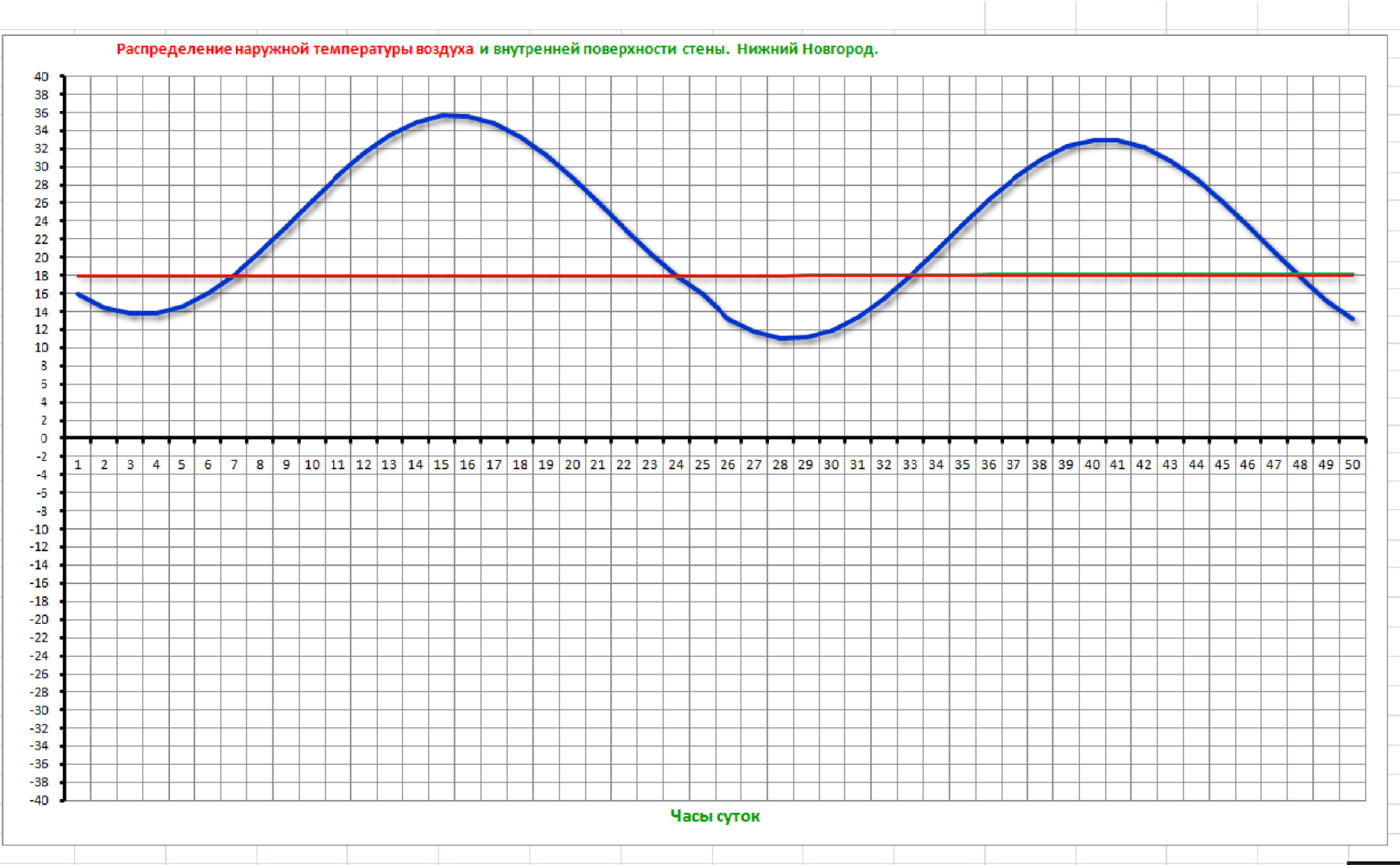


Рисунок 9

Толстая (600мм) стена из газобетона. Средние слои (толщина одного слоя 50 мм) стены практически не изменяют температуру. Работают наружные слои, днем нагреваются, ночью и утром отдают тепло [наружу](#). **Малая конвективная теплопередача.** 1 - внутренняя поверхность стены, 13 - наружная поверхность стены.

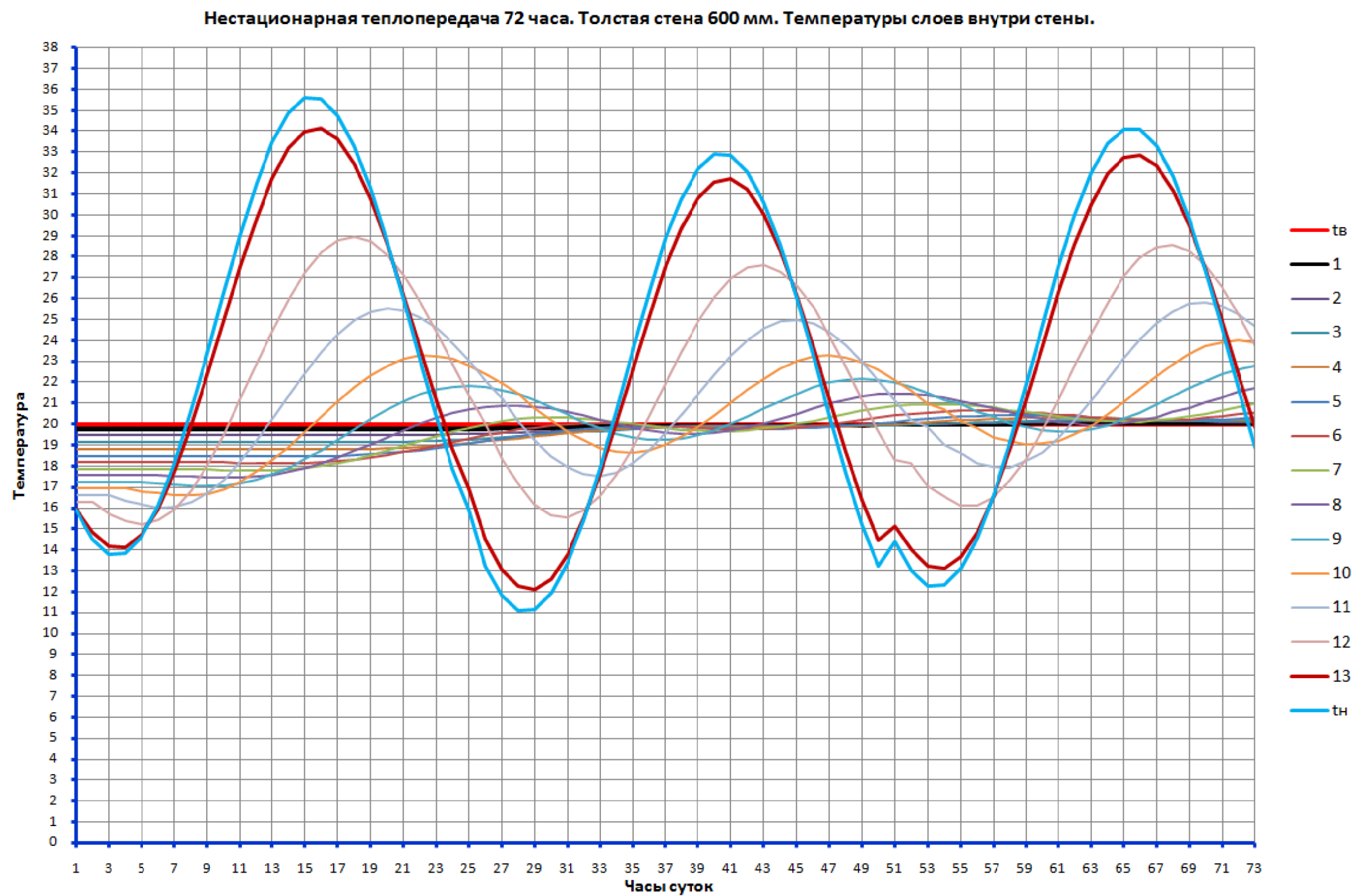


Рисунок 10

5. Расчет.

Для расчета создан файл из нескольких листов. Объем файла 680 Кб. В этом расчете определяются все необходимые величины для проектирования, по условию задачи. Все искомые величины определяются аналитически (без использования диаграммы Рамзина) с применением алгоритмов [5], [6], [7], [8]. При наличии алгоритмов не нужны справочники, диаграммы, не приходится листать книги, каталоги и т.д. Далее представлены скриншоты листов расчета и графики.

Лист: Исход.

Рециркуляционный кондиционер (канальный)
и вытяжная вентиляция

Атмосфера стандартная

ГОСТ 44081

Константы

Температура Кельвина при 0°С	273,15	_tk	
Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,9700	_M	
Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016	_Me	
Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль.К)	8314,3	_r	
Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг°С)	287,053	_rv	
Ускорение свободного падения, м/с ²	9,8067	_g	
Коэффициент Сатерлэнда, S, К	110,4	_S	
Коэффициент Сатерлэнда, кгс·с ⁻¹ ·м ⁻¹ ·К ^{-0,5}	0,000001458	_bs	
Давление на уровне моря стандартное, Па	101325	_pa	норм
Температура воздуха стандартная, °С	20	_ta	норм
Температура воздуха после нагревателя, °С	32	_tnag	
Переменные			
Высота расположения объекта hob, м	255	_hob	

Лист: Атмосфера.

																														Максимальные значения												
																														71,49	39,16	57,49										
Универсальная таблица "Атмосфера" параметров воздуха. Москва.																																										
		Температура воздуха, 3 сценария					Атмосферное давление, 3 сценария				Влажный воздух три сценария								Плотность сухого воздуха			Теплоемкость сухого воздуха			Теплоемкость водяного пара			Теплоемкость влажного воздуха			Энтальпия влажного воздуха											
День	Сценарий			Норма	Холодный	Теплый	Амплитуда	779	751	753	754	Влажность		Парц нормальный				Парц теплый				норм	холодный	теплый	норм	холодный	теплый	норм	холодный	теплый	норм	холодный	теплый	норм	холодный	теплый	норм	холодный	теплый	И _н , кДж/кг	И _х , кДж/кг	И _т , кДж/кг
	№	Месяц	Число	Бном	Бхол	Бтелл	A, °C	P _н , Па	P _{средн} , Па	P _{холод} , Па	P _{средн} , Па	P _{тепл} , Па	φ, %	Ap, %	E(т), Па	E(н), Па	δt, t/°C	E(т), Па	E(н), Па	δt, t/°C	ρ _{норм} , кг/м³	ρ _{холодн} , кг/м³	ρ _{тепл} , кг/м³	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	CP, кДж/(кг·K)	
152	Июнь	1	4,9	13,4	21,3	11	101939	98794	98886	98967	65	15	875,0	504,5	3,12	1547,9	894,5	5,55	2522,4	1457,7	9,09	1,24	1,20	1,17	1,0029	1,0032	1,0036	1,8604	1,8619	1,8635	2,8633	2,8651	2,8671	12,74	27,42	44,50						
153	Июнь	2	10,4	14,8	20,7	11	100583	97539	97585	97645	65	15	1282,6	741,2	4,59	1695,2	979,7	6,08	2432,0	1405,5	8,76	1,20	1,18	1,16	1,0031	1,0033	1,0035	1,8613	1,8622	1,8634	2,8644	2,8654	2,8669	22,00	30,25	43,05						
154	Июнь	3	3,5	8,4	19,3	11	100401	97288	97341	97453	65	15	778,8	450,1	2,78	1122,4	648,7	4,01	2224,9	1285,8	8,01	1,23	1,20	1,16	1,0029	1,0030	1,0035	1,8601	1,8609	1,8631	2,8630	2,8640	2,8666	10,48	18,50	39,64						
155	Июнь	4	13,1	13,1	21,0	11	101743	98693	98693	98774	65	15	1522,6	879,9	5,46	1922,8	880,0	5,46	2476,2	1431,0	8,92	1,20	1,20	1,17	1,0032	1,0032	1,0036	1,8618	1,8618	1,8635	2,8650	2,8650	2,8670	26,92	26,92	43,76						
156	Июнь	5	14,0	12,4	21,6	11	100333	97334	97318	97411	65	15	1610,4	930,7	5,78	1456,5	841,7	5,22	2565,5	1482,6	9,25	1,18	1,19	1,15	1,0032	1,0032	1,0036	1,8620	1,8617	1,8636	2,8652	2,8649	2,8672	28,63	25,60	45,19						
157	Июнь	6	13,6	7,3	21,6	11	101356	98322	98256	98404	65	15	1570,9	907,8	5,63	1044,6	603,7	3,73	2569,8	1485,1	9,27	1,19	1,22	1,16	1,0032	1,0030	1,0036	1,8619	1,8608	1,8636	2,8651	2,8637	2,8672	27,87	16,74	45,26						
158	Июнь	7	11,3	9,6	19,0	11	101920	98845	98827	98925	65	15	1359,0	785,4	4,87	1213,8	702,6	4,35	2189,4	1265,3	7,88	1,21	1,22	1,18	1,0031	1,0031	1,0035	1,8615	1,8612	1,8630	2,8646	2,8642	2,8665	23,60	20,56	39,04						
159	Июнь	8	16,6	16,1	18,7	11	101190	98192	98188	98214	65	15	1890,6	1092,6	6,79	1837,1	1061,7	6,60	2154,3	1245,0	7,75	1,18	1,18	1,17	1,0034	1,0033	1,0035	1,8625	1,8624	1,8630	2,8659	2,8658	2,8664	33,84	32,88	38,45						
160	Июнь	9	14,8	14,0	18,5	11	101853	98817	98809	98855	65	15	1692,3	978,0	6,07	1609,2	950,0	5,77	2123,6	1227,2	7,84	1,20	1,20	1,18	1,0033	1,0032	1,0034	1,8621	1,8620	1,8629	2,8654	2,8652	2,8664	30,20	28,61	37,92						
161	Июнь	10	14,2	15,2	19,1	11	99867	96884	96895	96933	65	15	1630,6	942,3	5,85	1737,0	1003,8	6,23	2201,1	1272,0	7,92	1,17	1,17	1,16	1,0033	1,0033	1,0035	1,8620	1,8622	1,8630	2,8653	2,8655	2,8665	29,02	31,03	39,24						
162	Июнь	11	15,3	10,0	23,1	11	101538	98517	98461	98595	65	15	1745,4	1008,7	6,26	1252,5	723,8	4,48	2801,3	1618,9	10,12	1,19	1,21	1,16	1,0033	1,0031	1,0037	1,8622	1,8612	1,8639	2,8655	2,8643	2,8676	31,19	21,35	48,88						
163	Июнь	12	16,1	10,2	17,7	11	100455	97474	97413	97491	65	15	1833,5	1059,6	6,58	1269,5	738,7	4,54	2027,7	1171,8	7,29	1,17	1,20	1,17	1,0033	1,0031	1,0034	1,8624	1,8613	1,8628	2,8657	2,8644	2,8662	32,81	21,72	36,27						
164	Июнь	13	17,3	12,3	16,4	11	101853	98843	98791	98834	65	15	1973,5	1140,5	7,09	1447,4	836,5	5,19	1866,2	1078,5	6,07	1,19	1,21	1,19	1,0034	1,0032	1,0033	1,8627	1,8617	1,8625	2,8660	2,8648	2,8658	35,32	25,42	33,40						
165	Июнь	14	15,2	7,5	20,8	11	101956	98921	98839	98978	65	15	1734,6	1002,5	6,23	1056,8	610,7	3,78	2438,7	1409,3	8,79	1,20	1,23	1,17	1,0033	1,0030	1,0035	1,8622	1,8608	1,8634	2,8655	2,8638	2,8670	30,99	17,02	43,16						
166	Июнь	15	15,6	8,2	16,9	11	100723	97729	97651	97742	65	15	1777,9	1027,5	6,38	1108,9	640,8	3,97	1928,0	1114,2	6,93	1,18	1,21	1,17	1,0033	1,0030	1,0034	1,8623	1,8609	1,8626	2,8656	2,8639	2,8660	31,79	18,20	34,51						
167	Июнь	16	22,6	8,0	19,5	11	101758	98804	98653	98773	65	15	2723,3	1573,8	9,83	1096,5	633,7	3,92	2251,3	1301,1	8,10	1,16	1,22	1,18	1,0036	1,0030	1,0035	1,8638	1,8609	1,8631	2,8675	2,8639	2,8666	47,67	17,92	40,08						
168	Июнь	17	14,6	17,1	22,2	11	99722	96748	96773	96823	65	15	1671,5	966,0	6,00	1945,9	1124,6	6,99	2661,4	1538,1	9,60	1,17	1,16	1,14	1,0033	1,0034	1,0036	1,8621	1,8626	1,8637	2,8654	2,8660	2,8673	29,80	34,83	46,70						
169	Июнь	18	19,4	12,4	21,6	11	101580	98599	98528	98621	65	15	2243,3	1296,4	8,07	1461,6	844,7	5,24	2557,4	1478,0	9,22	1,17	1,20	1,17	1,0035	1,0032	1,0036	1,8631	1,8617	1,8636	2,8666	2,8649	2,8672	39,95	25,70	45,06						
170	Июнь	19	24,7	9,6	18,1	11	101382	98459	98306	98393	65	15	3089,7	1785,6	11,18	1219,1	704,5	4,36	2066,4	1194,2	7,43	1,15	1,21	1,18	1,0037	1,0031	1,0034	1,8643	1,8612	1,8628	2,8680	2,8642	2,8662	53,25	20,63	36,94						
171	Июнь	20	22,0	9,3	18,8	11	101034	98095	97965	98063	65	15	2626,4	1517,8	9,47	1193,0	689,5	4,27	2158,2	1247,3	7,76	1,16	1,21	1,17	1,0036	1,0031	1,0035	1,8637	1,8611	1,8630	2,8673	2,8642	2,8664	46,15	20,07	38,51						
172	Июнь	21	12,8	11,2	21,9	11	100648	97627	97610	97719	65	15	1494,2	863,5	5,36	1349,0	779,6	4,83	2615,9	1511,8	9,44	1,19	1,20	1,15	1,0032	1,0031	1,0036	1,8618	1,8614	1,8637	2,8650	2,8646	2,8673	26,36	23,40	45,99						
173	Июнь	22	16,3	7,4	24,0	11	101336	98331	98238	98407	65	15	1856,1	1072,7	6,67	1092,5	608,2	3,76	2954,0	1707,2	10,88	1,18	1,22	1,15	1,0033	1,0030	1,0037	1,8625	1,8608	1,8641	2,8658	2,8638	2,8678	33,22	16,92	51,21						
174	Июнь	23	17,0	14,0	16,9	11	100501	97528	97497	97527	65	15	1937,6	1118,7	6,96	1605,5	927,9	5,76	1924,9	1112,4	6,92	1,17	1,18	1,17	1,0034	1,0032	1,0034	1,8626	1,8608	1,8626	2,8660	2,8652	2,8659	34,68	28,54	34,46						
175	Июнь	24	12,9	13,8	20,1	11	101355	98314	98324	98388	65	15	1905,6	869,0	5,39	1990,7	919,3	5,70	2347,1	1336,4	8,45	1,20	1,19	1,17	1,0032	1,0032	1,0035	1,8618	1,8619	1,8633	2,8650	2,8652	2,8668	26,54	28,25	41,66						
176	Июнь	25	18,0	13,5	18,8	11	101075	98095	98049	98103	65	15	2059,8	1190,4	7,41	1562,9	903,2	5,60	2159,1	1247,8	7,77	1,17	1,19	1,17	1,0034	1,0032	1,0035	1,8628	1,8619	1,8630	2,8662	2,8651	2,8664	36,82	27,71	38,53						
177	Июнь	26	15,4	11,5	21,6	11	100692	97697	97657	97759	65	15	1756,2	1014,9	6,30	1380,1	797,5	4,94	2568,9	1484,6	9,26	1,18	1,19	1,16	1,0033	1,0031	1,0036	1,8623	1,8615	1,8636	2,8656	2,8647	2,8672	31,39	24,04	45,24						
178	Июнь	27	29,4	9,8	24,7	11	101457	98577	98380	98532	65	15	4081,1	2358,5	14,85	1234,8	713,6	4,42	3086,0	1783,5	11,16	1,14	1,21	1,15	1,0040	1,0031	1,0037	1,8655	1,8612	1,8643	2,8694	2,8643	2,8680	67,45	20,97	53,19						
179	Июнь	28	25,7	10,5	20,9	11	101584	98665	98511	98618	65	15	3279,9	1893,5	11,88	1295,0	748,4	4,64	2451,0	1416,6	8,83	1,15	1,21	1,17	1,0038	1,0031	1,0035	1,8646	1,8613	1,8634	2,8683	2,8644	2,8670	56,06	22,26	43,36						
180	Июнь	29	22,6	12,6	21,3	11	100518	97600	97499	97587	65	15	2723,3	1573,8	9,83	1475,5	852,7	5,29	2520,6	1456,7	9,09	1,15	1,19	1,15	1,0036	1,0032	1,0036	1,8638	1,8617	1,8635	2,8675	2,8649	2,8671	47,67	25,98	44,47						
181	Июнь	30	22,2	7,2	18,7	11	101711	98754	98598	98719	65	15	2658,4	1536,3	9,59	1033,7	597,4	3,69	2150,1	1242,6	7,73	1,16	1,23	1,18	1,0036	1,0030	1,0034	1,8637	1,8607	1,8630	2,8673	2,8637	2,8664	46,66	16,50	38,37						
182	Июль	1	17,9	13,7	22,7	11	100931	97954	97911	98002	70	14	2047,2	1274,1	7,93	1576,8	981,3	6,09	2759,0	1704,6	10,66	1,17	1,19	1,15	1,0034	1,0032	1,0036	1,8628	1,8619	1,8638	2,8662	2,8652	2,8675	38,06	29,09	49,88						
183	Июль	2	17,8	12,6	21,5	11																																				

Лист: Р1.

Москва 15 июня		Коэффициент поглощения солнечной радиации	
Узкая сторона здания обращена на СВ $\alpha=45^\circ$		Кирпич красный	0,70 _кр
Длина здания, м	42	Бетон	0,70
Ширина здания, м	18	Кирпич красный	0,70
Высота здания, м	15	Краска серая	0,70
Объем, м ³	11340	Стекло облиц.	0,70
Длина помещения, м	22	Штукатурка серая	0,70
Ширина помещения, м	9,82	Дерево неокрашенное	0,60
Высота помещения, м	4,9	Кирпич силикатный	0,60
Объем помещения, м ³	1059	Плитка облиц. Синяя	0,60
Площадь помещения, м ²	216,04	Сталь листовая зеленая	0,60
Поток радиации на здание, МДж	28852	Штукатурка зеленая	0,60
Удельная объемная нагрузка, МДж/м ³	2,54	Алюминий	0,45
Поток радиации на помещение, МДж	2693	Белый камень облиц.	0,45
Солнечный день, сек	63360	Плитка облиц. Белая	0,45
Тепловая мощность от солнечной радиации	42,5	Сталь листовая белая	0,45
Максимальная на помещение, кВт	15,2	Штукатурка кремовая	0,45
Средняя на помещение, кВт	12,7		
Минимальная на помещение, кВт	8,7		
Количество людей в офисе, чел	20		
Нагрузка от людей, кВт	0		
Нагрузка от освещения, кВт	0		
Нагрузка от офисной техники, кВт	0		
Σ	0		
Тепловая нагрузка на помещение, кВт	8,7		
Объем наружного воздуха, м ³ /ч	1000		
Объем вытяжного воздуха, м ³ /ч	1000		
Количество влаги г/ч	1400		

Рисунок 12

Лист: Р2.

Коэффициент остекления здания

Уточнение. Теплопритоки в помещение от солнечной радиации. Сравнение методов: Богословский, пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91, Андониев.

Температура

180

_D

Влажность

120

_Dfi

Давление

62

_Da

Кондиционер

do, м

0,15

Скорость

v1

м/с

4,5

v2

5,6

v3

6,2

Воздух на выходе из кондиционера

tk, °C

φ, %

ρв, кг/м³

dвв, г/кг

dвв, г/кг

св, кДж/(кг·K)

св, кДж/(кг·K)

св, кДж/(кг·K)

7

95

1,23

5,8

5,5

1,0030

1,8607

1,0132

90...95

удаление влаги г/м³

5,7

_dvd

Объем наружного воздуха, м³/ч

1000

_Lp

Рециркуляция, м³/ч

1863

0,25

_kost

Дифференциальное уравнение

22

_Tprom

11

_at (σ)

14

_afi (σ)

60

_aa

24

_tcr

70

_fiscr

98996

_acr

22

_Tprom

φ, %

95

_fik 90_95

203

203

203

Кратность

1,8

2,4

2,8

Параметры наружного воздуха и заданная температура в помещении

Солнечная радиация

Теплопритоки

Помещение

Перед испарителем

Влажность в помещении

Земля

Давл, темп, влаж, плотность

Сухой

Пар

Влажный

Нагрет воздуха в помещении

Мощн. Кондиционера

Охлаждение помещения

Наружный

Смесь

Влажность в помещении

Кондиционер

Время, ч

угол наклона

Давл, Па

tlom, °C

φ, %

dвв, г/кг

dвв, г/кг

ρввв, кг/м³

св, кДж/(кг·K)

св, кДж/(кг·K)

св, кДж/(кг·K)

Nсол, кВт

Nсол, кВт

Nсол, кВт

Nвв, кВт

Nвв, кВт

Nвв, кВт

min

mid

max

t1, °C

t2, °C

t3, °C

tn, °C

φ, %

dнар

dn, г/кг

dvd

dn, г/кг

φ, %

1

0

98952

18,2

78

10,7

8,3

1,20

1,0033

1,8622

1,0188

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

15,2

15,2

15,2

15,2

78

10,7

8,3

выключен

2

15

98964

13,8

81

9,6

7,8

1,20

1,0032

1,8619

1,0178

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

13,8

13,8

13,8

13,8

81

9,6

7,8

выключен

3

30

98978

13,1

83

9,2

7,6

1,20

1,0032

1,8618

1,0175

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

13,1

13,1

13,1

13,1

83

9,2

7,6

выключен

4

45

98993

13,1

84

9,2

7,7

1,20

1,0032

1,8618

1,0175

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

13,1

13,1

13,1

13,1

84

9,2

7,7

выключен

5

60

99009

13,9

84

9,7

8,2

1,20

1,0032

1,8620

1,0184

2,3

9,0

15,4

0,4

1,6

2,7

13,9

13,9

13,9

13,9

84

9,7

8,2

выключен

6

75

99024

15,4

83

10,8

9,0

1,20

1,0033

1,8623

1,0200

15,8

33,1

44,9

2,8

5,8

7,9

15,4

15,4

15,4

15,4

83

10,8

9,0

выключен

7

90

99036

17,4

81

12,4

10,1

1,19

1,0034

1,8627

1,0222

33,3

55,0

68,5

5,8

9,6

12,0

17,4

17,4

17,4

17,4

81

12,4

10,1

выключен

8

105

99047

22,0

79

16,7

13,2

1,17

1,0036

1,8637

1,0282

47,7

70,6

84,3

8,3

12,4

14,8

14,1

17,5

19,4

16,7

17,9

18,5

19,9

79

14,7

11,6

12,6

12,7

12,8

9,5

9,54

57,0

включен

9

120

99053

22,0

76

16,7

12,7

1,17

1,0036

1,8637

1,0272

55,9

78,4

91,5

9,8

13,7

16,0

14,1

17,5

19,4

18,6

19,4

19,8

22,7

76

17,5

13,2

12,9

12,8

12,8

8,8

8,64

51,7

включен

10

135

99056

22,0

72

16,7

12,1

1,17

1,0036

1,8637

1,0261

58,7

80,0

92,3

10,3

14,0

16,2

14,0

17,5

19,4

19,7

20,2

20,5

25,6

72

20,8

15,0

13,1

12,9

12,8

8,1

8,30

49,6

включен

11

150

Данные из алгоритма [5]

Лист: Помещение.

Богословский Строительная теплофизика с. 35-45

Помещение

Площадь стены, м2	108,10
Площадь пола, м2	216
Длина помещения, м	22,00
Ширина помещения, м	9,82
Площадь пола, м2	216,04
Длина стены, м	22,00
Высота стены, м	4,9
Высота помещения, м	4,9
Объем помещения, м3	1062
Площадь стен, м2	313
Площадь пола, м2	216
Площадь потолка, м2	216
Коэф теплоотдачи стен, Вт/(м²К)	3,90
Коэф теплоотдачи пола, Вт/(м²К)	5,06
Коэф теплоотдачи потолка, Вт/(м²К)	2,73
Тепловой поток, кВт Стены	0,122
Тепловой поток, кВт Пол	0,109
Тепловой поток, кВт Потолок	0,059
Полный конвективный поток, кВт	0,290

_sst

_sp

_spt

Δt 0,1

Конвективный теплообмен
на стене помещения, Вт/(м²К)

$$\alpha_k = 1,66 \cdot \sqrt[3]{(t_{ст} - t_{ном})}$$

Тепловой поток, Вт

$$Q_{ст} = \alpha_k \cdot S \cdot (t_{ст} - t_{ном})$$

$$\alpha_k = \alpha_{кх} = 1,66 \sqrt[3]{\Delta t} \parallel \alpha_k = \alpha_{кх} = 1,43 \sqrt[3]{\Delta t} . \quad (1.64)$$

Средние значения коэффициента конвективного теплообмена на вертикальных поверхностях ограждений в помещении без особой погрешности можно определить по формуле (1.64), так как перепадам температур и геометрическим размерам нагретых и охлажденных поверхностей, имеющим место в действительности, обычно соответствует в основном турбулентный режим. Все рассмотренные формулы, в том числе и (1.64), написаны для вертикальной свободно расположенной поверхности.

Экспериментально установлено, что при горизонтальном расположении нагретой или охлажденной свободной поверхности для расчета средней интенсивности конвективного теплообмена можно пользоваться также формулой (1.64), но при этом значение численного коэффициента в ней должно быть изменено так, как это показано в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Значения численного коэффициента в формуле (1.64)
для разных положений свободной поверхности

Поверхность	Значение численного коэффициента в (1.64)	
	в системе МКГСС	в СИ
Вертикальная	1,43	1,66
Горизонтальная, обращенная вверх.		
нагретая	1,86	2,26
охлажденная	1,0	1,16
Горизонтальная, обращенная вниз:		
нагретая	1,0	1,16
охлажденная	1,86	2,26

38

Кондиционер-вентиляция. Температура воздуха наружная и в помещении **заданная**. 15 июня Москва.

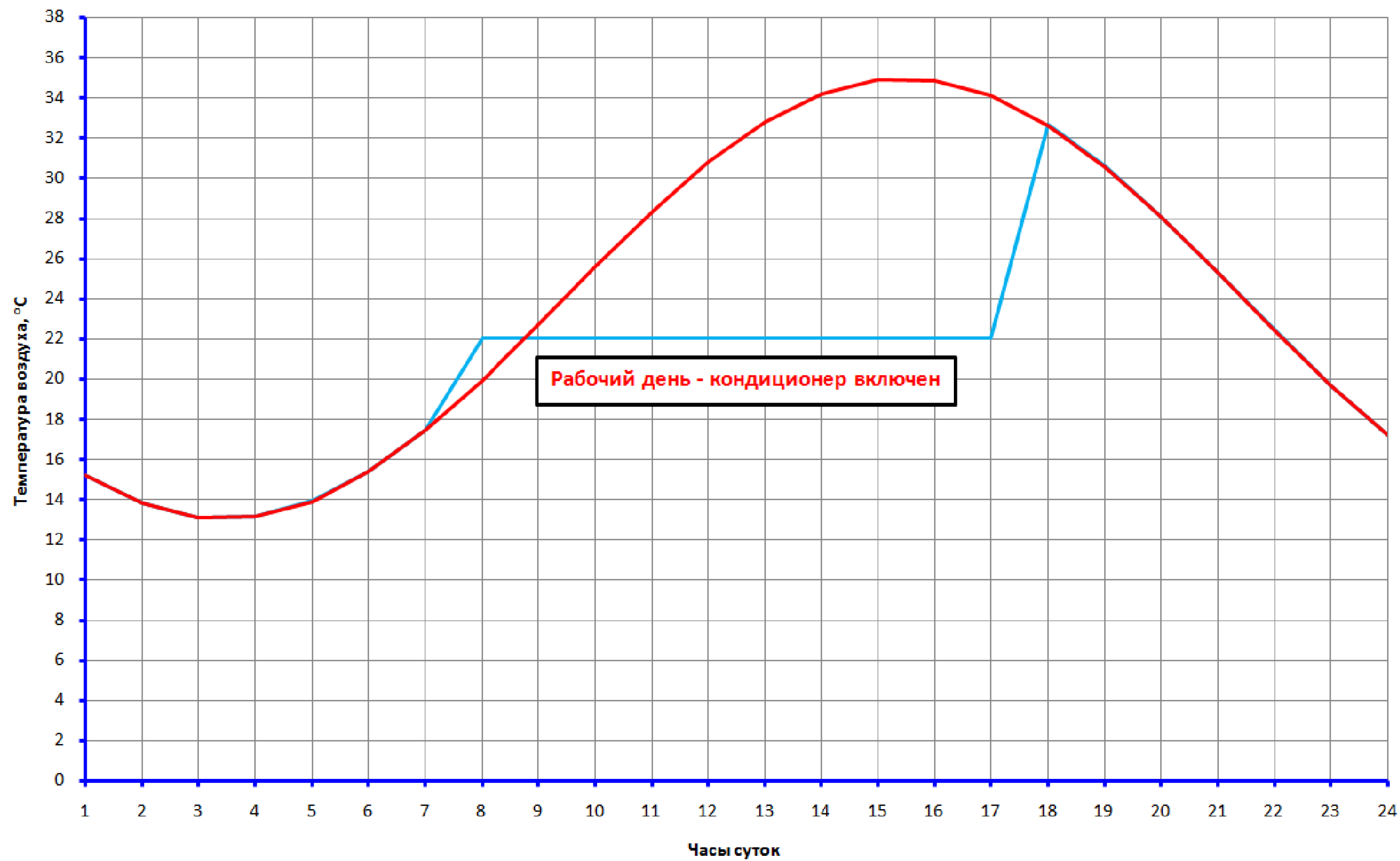


Рисунок 15

Полное поступление тепла солнечной радиации **на помещение.**

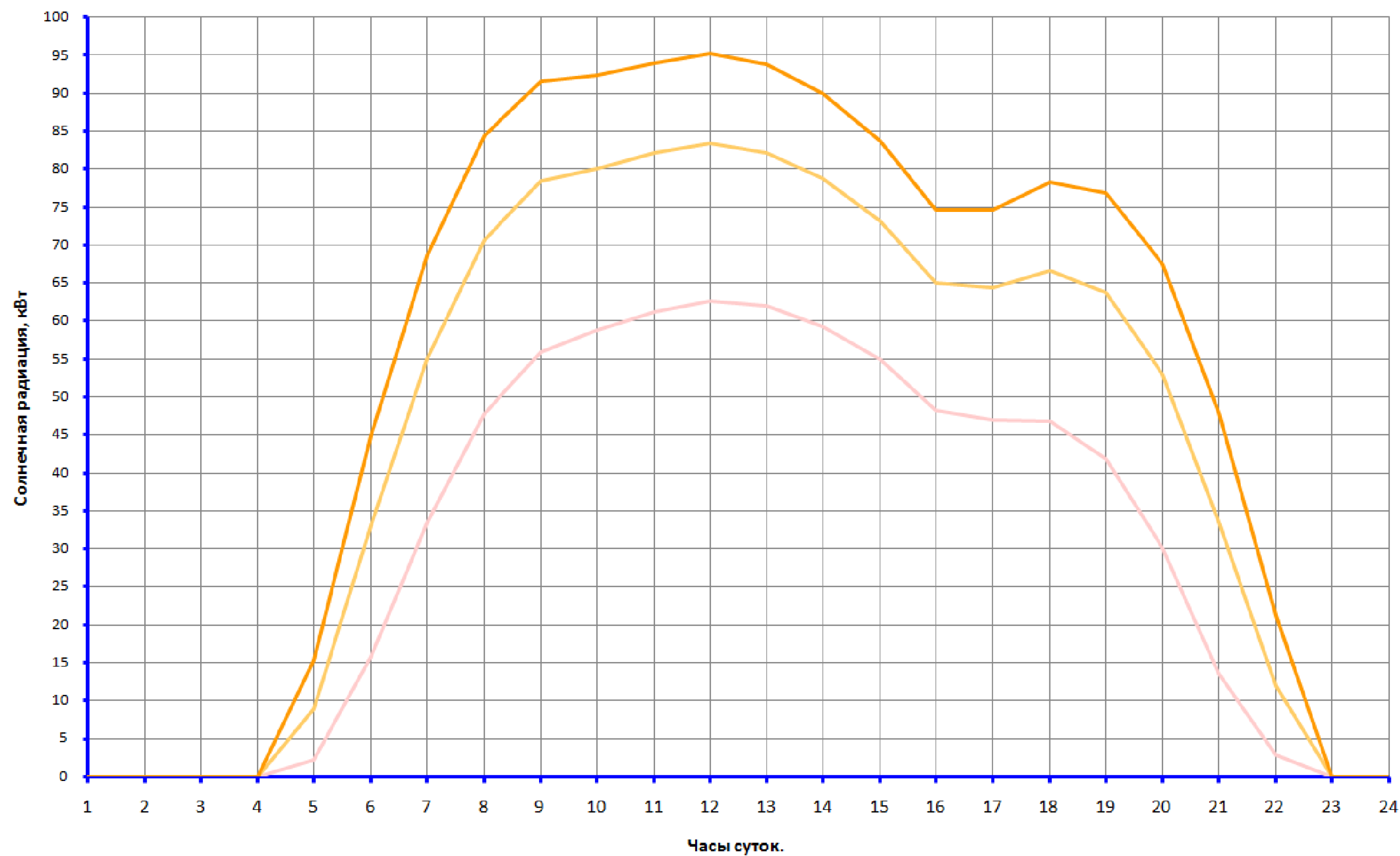


Рисунок 16

Теплопоступления **в помещение**: от солнечной радиации. 15 июня Москва.

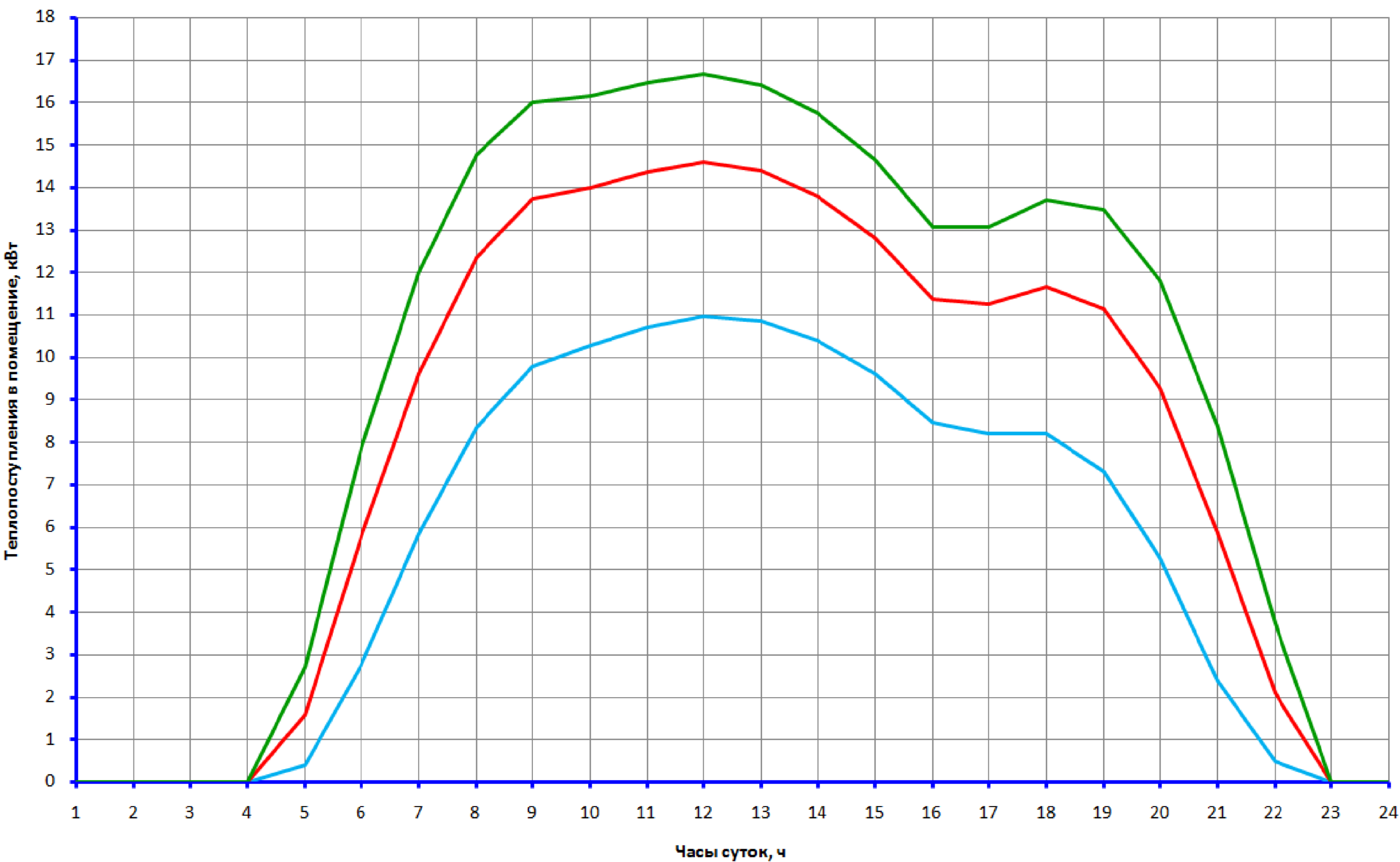


Рисунок 17

Мощность рециркуляционного кондиционера в помещении при различной прозрачности неба. 15 июня
Москва.

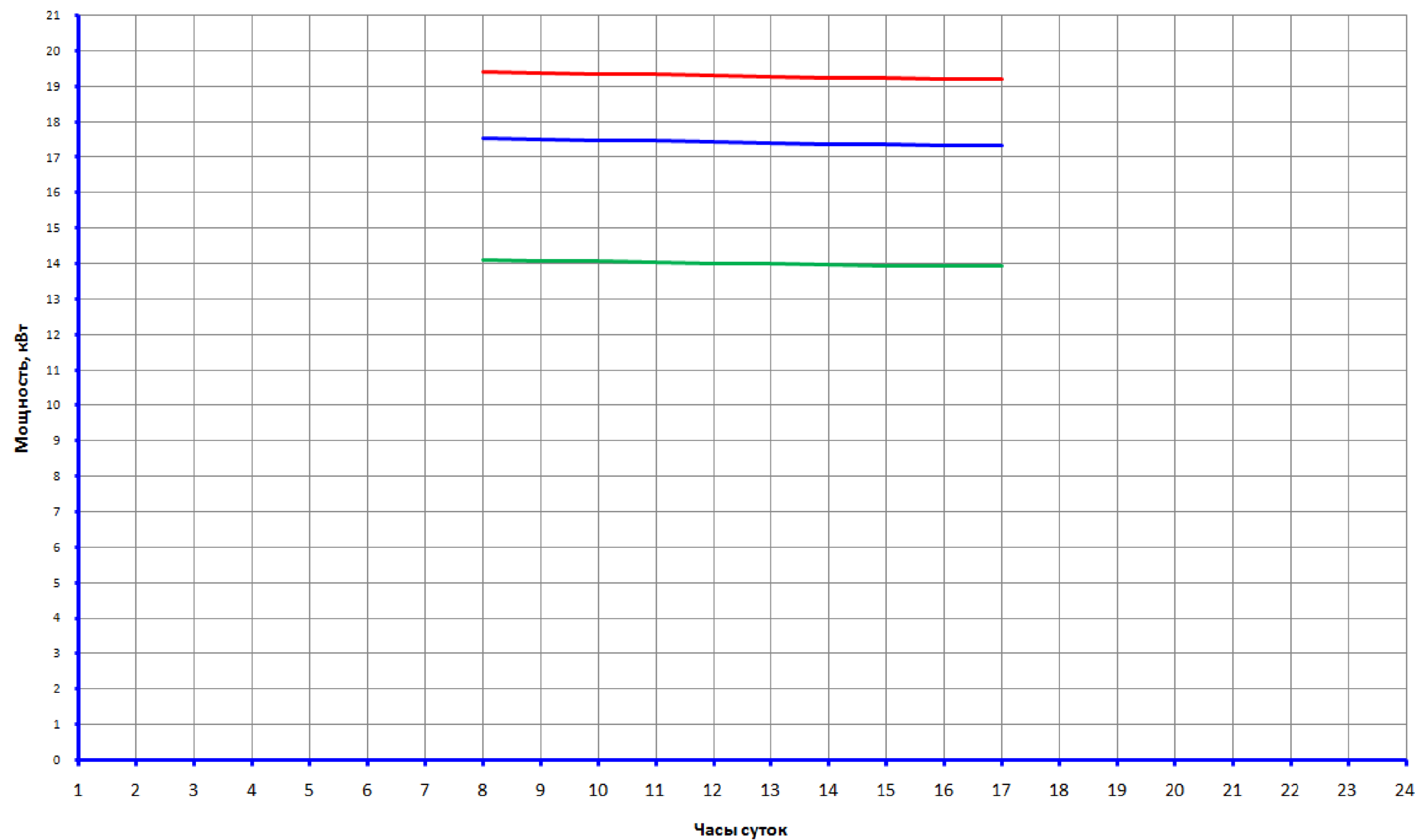


Рисунок 18

Суточный ход влажности наружного воздуха 15 июня Москва.

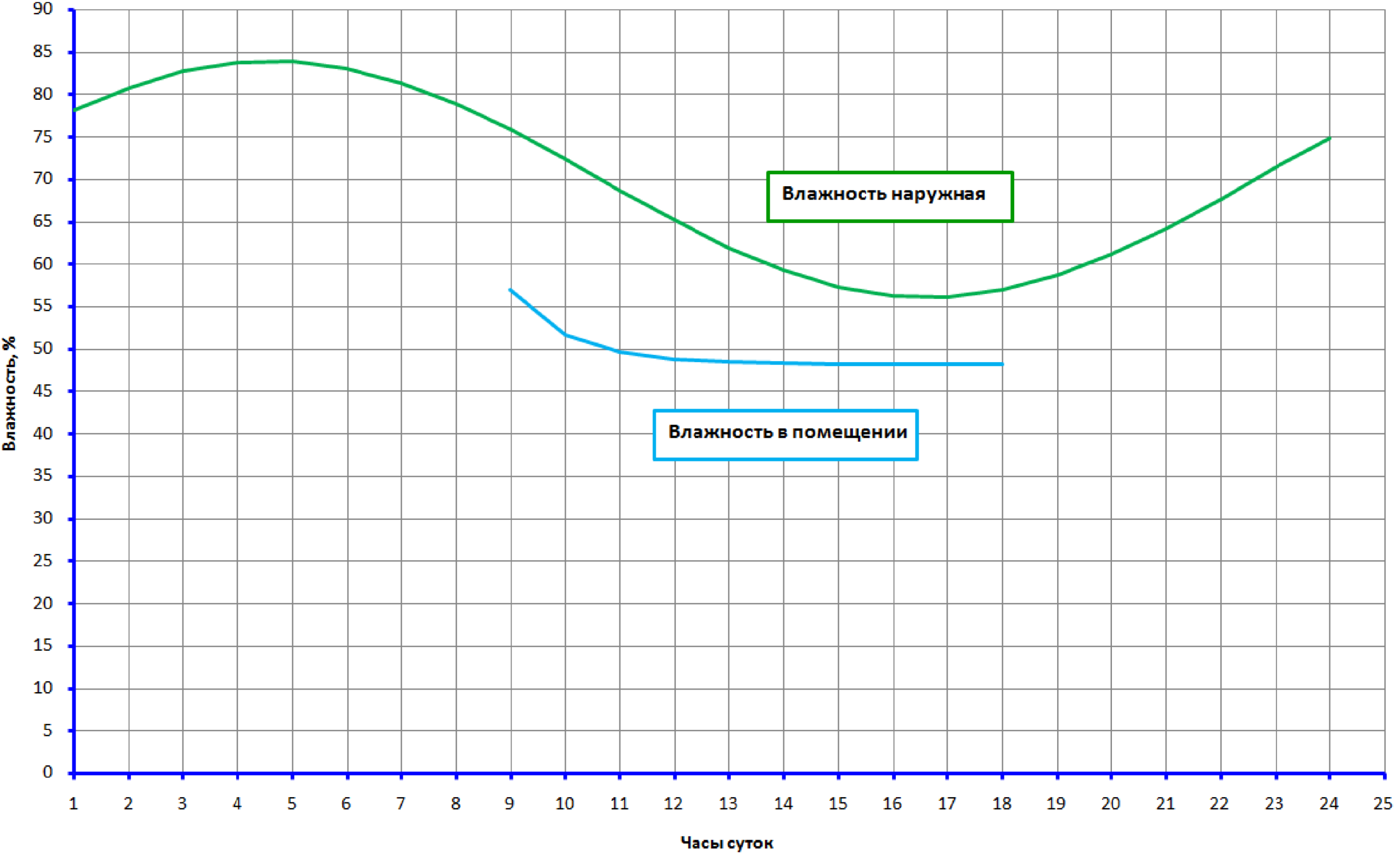


Рисунок 19

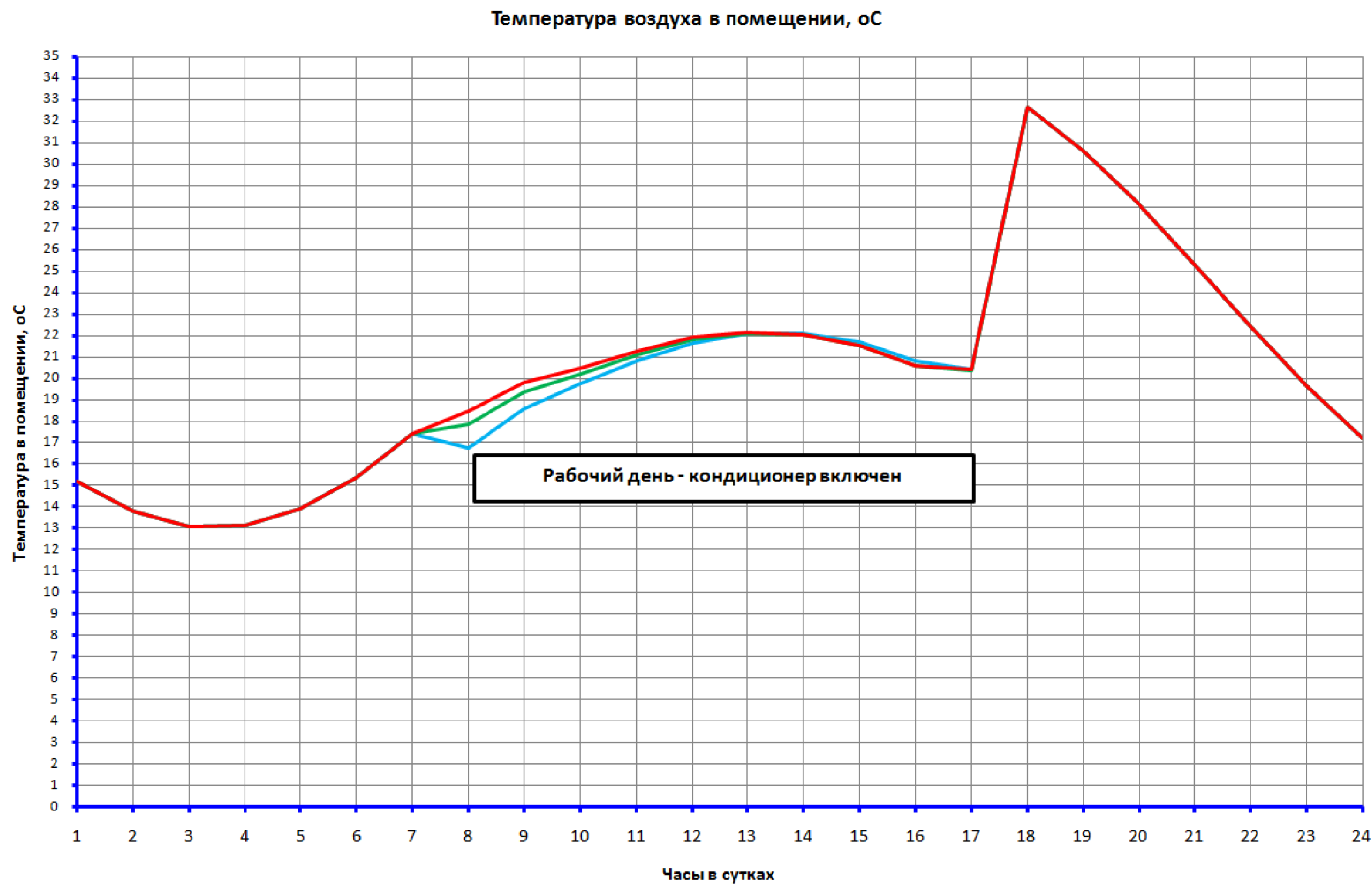


Рисунок 20

5. Список литературы.

1. Фнкин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М. Стройиздат 1973.
2. Богословский В.Н., Сканави А.Н. Отопление. М. Стройиздат 1991.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М. Москва Стройиздат 1982.
4. Баркалов Б.В. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения.
5. Андониев И.Ю. Солнечная радиация на кровлю и стены здания. Расчет. Нижний Новгород 2016.
6. Андониев И.Ю. Атмосфера. Параметры для технических расчетов. Справочник по климату СССР. Нижний Новгород 2018.
7. Андониев И.Ю. Формулы для расчета любых процессов тепловлажностного состояния воздуха. Н.Новгород 2019.
8. Андониев И.Ю. Нестационарная теплопередача через однородную стену. Инженерный расчет. Н.Новгород 2017.

**Для посетителей форума АВОК: все мои работы
находятся → проектант.орг → вентиляция →
алгоритмы расчетов.**