

Осушение воздуха в помещении летом, без применения специальной техники.

Инженер Андониев И.Ю.

Нижний Новгород
2020

Содержание

	Лист
1. Введение.....	2
2. Тепловлажностный баланс помещений	3
3. Дифференциальное уравнение вентиляции	5
4. Приточно-вытяжная вентиляция	6
5. Прямоточный кондиционер и вытяжка	13
6. "Изолированный" кондиционер	14
7. Рециркуляционный кондиционер и вытяжка	22
8. Удельный поток радиции	30
9. Нивелирование алгоритма	34
10. Список литературы	35

1. Введение.

Для создания комфортного климата в помещении, хранения материалов, продукции и т.д. требуется снижение уровня относительной влажности воздуха. Для этого служит специальное оборудование - **осушители воздуха**. Осушители бывают двух типов: конденсационные и адсорбционные. Конденсационные осушители на выходе повышают температуру воздуха до температуры конденсации 30...40°C, т.е. если нужна пониженная температура и влажность в помещении, то для таких помещений конденсационные осушители непригодны. Для таких помещений применяются адсорбционные осушители. Но те и другие **осушители очень дороги**.

На практике часто случается так, что на небольшом объекте необходимо обеспечить температуру воздуха 20...25°C и уровень влажности в пределах 40...50%, при этом **заказчик ограничен в средствах**. Нельзя ли обойтись без осушителей? **Как известно функция осушения в кондиционерах является второстепенной**. При помощи аналитических расчетов можно моделировать процессы микроклимата и видеть эти процессы в непрерывном изменении за известные промежутки времени. Подобные расчеты, даже самые грубые гораздо информативнее точечных, дискретных, общепринятых расчетов. Современные расчеты выполняются по диаграмме Рамзина, где **все исходные** данные назначаются со значительной долей **произвола**. В аналитических расчетах все предположения обоснованы теорией вероятности и математической статистикой.

В работе исследуются самые распространенные, простые системы, а так же приводятся подробные **алгоритмы аналитических** расчетов этих систем.

2. Тепловлажностный баланс помещений .

Расчеты вентиляции и кондиционирования любого объекта начинаются с **составления** теплового влажностного баланса помещения: определения всех поступлений и потерь тепла в помещении при помощи снипов, гостов, санпинов и т.п. В результате **составление баланса**, приводит к многократному, **бесполезному и вредному завышению мощности систем**. Для СКВ важна первая составляющая - теплопоступления. Во-первых, в СКВ обрабатывается воздух, который обладает низкой тепловой инерцией по отношению к ограждающим конструкциям, т.е. воздух быстро нагревается и охлаждается. Во-вторых, СКВ встраиваются в существующие помещения, а они уже просчитаны специалистами теплотехниками. В России ограждения традиционно массивны, стены имеют толщину 500...750 мм. А процессы конвективного теплообмена нестационарны и очень сложны. Я в своей 25-летней практике для определения теплопоступлений использую разделы теплопередачи: свободная и вынужденная конвекция, тепловые струи, солнечная радиация... Системы кондиционирования и вентиляции получаются легкими, компактными, эффективными.

Условие: теплообмена через ограждающие конструкции помещения нет. Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Имеется в виду начальная фаза регулярного теплового режима, т.е. воздух нагревается (или охлаждается) от внутренних источников, но не передает тепло наружным ограждениям (не успевает).

Для простых случаев расчета теплопоступлений я использую очень удобные таблицы :

Д. Росс "Проектирование систем ОВК высотных общественных зданий". М. 2004 г.			
Ориентировочные нормы для проектирования.			
Тип	Место	Описание	Число
Воздух	Вестибюль	Мин объем наруж воздуха на 1 ч, мкуб/ч	34
Люди	Вестибюль	Рабочая площадь на 1 человека, мкв	9,3
Тепло	Вестибюль	Нагрузка освещение, техника, минимум, Вт на 1 мкв	100
Эффект тяги	Вестибюль	Отдельная система вентиляции	
Температура	Здание	Разница температуры притока и вытяжки, гр	10
Эффект тяги	Здание	Для всего здания приток больше вытяжки	
Ядро	Здание	Площадь ядра от перекрытия, % миним	15
Ядро	Здание	Площадь ядра от перекрытия, % макс	30
Потолок, м	Коридор	Высота потолка в коридорах не менее, м	2,45
Температура	Машинный зал	Температура внутреннего воздуха, гр	30
Высотность	Общее	Высотное здание - высота более, м	91
Перекрытие, м	Общее	Высота перекрытия не менее, м	3,8
Влажность	Офис	Влажность, %	50
Воздух	Офис	Мин объем наруж воздуха на 1 ч, мкуб/ч	34
Люди	Офис	Рабочая площадь на 1 человека, мкв	9,3
Потолок, м	Офис	Высота потолка в офисах не менее, м	2,6
Температура	Офис	Температура внутреннего воздуха, гр	24
Тепло	Офис	Нагрузка на освещение, Вт на 1 мкв	16
Тепло	Офис	Нагрузка офисной техники минимум, Вт на 1 мкв	22
Тепло	Офис	Нагрузка офисной техники максимум, Вт на 1 мкв	40
Воздух	Торговый зал	Мин объем наруж воздуха на 1 ч, мкуб/ч	34
Люди	Торговый зал	Рабочая площадь на 1 человека, мкв	4,6
Тепло	Торговый зал	Нагрузка освещение, техника, максимум, Вт на 1 мкв	180

Количество тепла Р, выделяемое:

преобразователями частоты

Мощность двигателя, кВт	Выделяемое тепло, Вт
1,1	85
2,2	110
5	195
11	360
15	480
22	650
37	850
45	1100
75	1700
90	2000
110	2400

источниками питания

Ток, А	Выделяемое тепло (24 В), Вт	Выделяемое тепло (48 В), Вт
2,5	18	26
5	35	45
10	50	85
15	110	100
20	120	160
25	—	210

трансформаторами
при максимальной мощности (cos = 0,8)

Мощность, ВА	Выделяемое тепло, Вт
63	15
100	25
250	45
400	70
1000	110
1600	140
2000	300
4000	445
6300	550
10000	1000
12500	1390
16000	1600
20000	2000
25000	2500

сборными шинами длиной 1 м

Допустимый ток, А	Количество шин	Сечение медной шины, мм²	Выделяемое тепло (90 °С), Вт
220	1	20 x 3	33
400	1	30 x 5	50
600	1	50 x 5	96
700	1	63 x 5	104
900	1	80 x 5	136
1000	2	50 x 5	134
1050	1	100 x 5	148
1200	1	125 x 5	154
1150	2	63 x 5	141
1450	2	80 x 5	176
1600	2	100 x 5	171

автоматическими выключателями

контакторами
без индуктивной нагрузки

Номинальный ток, А	Выделяемое тепло, Вт	Выделяемое тепло, Вт
16	3	6
25	4	9
50	8	17
100	11	50
160	16	70
250	18	85
500	35	220
800	45	290
1000	50	370
1600	110	800
2500	175	1050
3200	233	1350

Нагрев и охлаждение воздуха в помещении

$$N = \frac{L \cdot \rho \cdot c_v \cdot (t_g - t_n)}{3600}; \quad 3600 \cdot N = L \cdot \rho \cdot c_v \cdot (t_g - t_n)$$

$$t_g - t_n = \frac{3600 \cdot N}{L \cdot \rho \cdot c_v}$$

Нагрев воздуха

$$t_g = \frac{3600 \cdot N}{L \cdot \rho \cdot c_v} + t_n$$

Охлаждение воздуха

$$t_{охл} = t_g - \frac{3600 \cdot N_x}{L \cdot \rho \cdot c_v}$$

3. Дифференциальное уравнение вентиляции .

При изучении физических явлений часто не удается непосредственно найти закон, связывающий независимую переменную и функцию, описывающую процесс, но можно установить связь между этой функцией и ее производной. Эта связь выражается дифференциальным уравнением. В настоящее время элементарные дифференциальные уравнения служат поставщиком математических моделей различных устройств и процессов. *Поставлена задача - проследить за изменением микроклимата в помещении на протяжении длительного времени: сутки, неделя, месяц, год.* Эту задачу можно решить только с применением дифференциального уравнения вентиляции, см. [1] стр. 119. В источнике [1] решена задача: удаление вредных веществ из помещения при помощи вентиляции. Задача четко сформулирована, составлено дифференциальное уравнение и найдено решение. Это уравнение можно применить для определения накопления и удаления влажности в помещении. *Для каждой конфигурации системы необходимо составлять свое дифференциальное уравнение, согласно с условиями.*

Общая формулировка задачи (из источника [1]).

Вентиляция помещения объемом V м³, в котором совершается процесс вредных выделений в количестве Z г/ч единиц в час. Обмен воздуха составляет L , м³/ч, приток равен вытяжке. Приточный воздух содержит вредные вещества в концентрации μ г/м³. Найти концентрацию z , г/м³ вредных веществ в помещении через t часов после начала работы, если начальное значение этой концентрации z_0 , г/м³.

Решение. За промежуток времени dt концентрация z увеличится на dz . Общее количество выделений составит Vdz . Оно состоит из выделений, принесенных приточным воздухом $L\mu dt$ и технологических выделений Zdt за вычетом вредных удаляемых из помещения вытяжкой $Lzdt$, см. [1].

Уравнение вентиляции

$$V \cdot dz = L \cdot \mu \cdot dt + Z \cdot dt - L \cdot z \cdot dt$$

$$\frac{V \cdot dz}{L \cdot \mu + Z - L \cdot z} = dt$$

$$-\frac{V}{L} \int \frac{d(L \cdot \mu + Z - L \cdot z)}{L \cdot \mu + Z - L \cdot z} = \int dt + C$$

$$\ln(L \cdot \mu + Z - L \cdot z) = -\frac{L}{V}(t + C)$$

Начальное условие

$$t = 0 \quad z = z_0 \quad C = L \cdot \mu + Z - L \cdot z_0$$

$$z = \left(\mu + \frac{Z}{L} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t} \right) + z_0 e^{-\frac{L}{V}t}$$

В помещении установлена система вентиляции. Создать модель микроклимата в помещении на сутки. **Условие:** теплообмена через ограждающие конструкции помещения нет. **Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Начальная фаза регулярного теплового режима, т.е. воздух нагревается от внутренних источников, но не передает тепло наружным ограждениям.**

В нашей задаче вредностью является влага (влажность) в воздухе помещения, поэтому задача выглядит следующим образом :

вентиляция помещения объемом $V \text{ м}^3$, в котором происходит выделение влаги в количестве $\beta \text{ г/ч}$ единиц в час. Обмен воздуха составляет $L, \text{ м}^3/\text{ч}$, приток равен вытяжке. Приточный воздух содержит влагу в концентрации $\mu \text{ г/м}^3$. Найти концентрацию $z, \text{ г/м}^3$ влаги в помещении через t часов после начала работы, если начальное значение концентрации влаги $z_0, \text{ г/м}^3$.

Решение. За промежуток времени dt концентрация влаги увеличится на dz .
Общее количество влаги составит Vdz .

Оно состоит из влаги, принесенной приточным воздухом $L\mu dt$
и технологических выделений влаги βdt .

Влага удаляемая из помещения вытяжкой $Lzdt$.

Приточно-вытяжная вентиляция

$$V \cdot dz = L \cdot \mu \cdot dt + \beta \cdot dt - L \cdot z \cdot dt$$

$$\frac{V \cdot dz}{L \cdot \mu + \beta - L \cdot z} = dt$$

$$\int dt + C = -\frac{V}{L} \int \frac{d(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z)}{L \cdot \mu + \beta - L \cdot z}$$

$$-\frac{L}{V}(t + C) = \ln(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z) \quad \text{Начальное условие } t = 0 \quad z = z_0$$

$$C \cdot e^{-\frac{L}{V}t} = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z; \quad C = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z_0; \quad A = -\frac{L}{V}t$$

$$(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z_0) \cdot e^A = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z; \quad a = L \cdot \mu + \beta$$

$$(a - L \cdot z_0) \cdot e^A = a - L \cdot z; \quad z = \frac{a - (a - L \cdot z_0) \cdot e^A}{L}$$

$$z = \frac{a}{L} - \frac{a \cdot e^A - L \cdot z_0 \cdot e^A}{L} = \frac{a}{L} - \frac{a \cdot e^A}{L} + \frac{L \cdot z_0 \cdot e^A}{L}$$

$$z = \frac{a}{L} \cdot (1 - e^A) + z_0 \cdot e^A; \quad z = \left(\frac{L \cdot \mu + \beta}{L} \right) \cdot (1 - e^A) + z_0 \cdot e^A$$

Окончательное уравнение

$$z = \left(\mu + \frac{\beta}{L} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t} \right) + z_0 \cdot e^{-\frac{L}{V}t}, \quad \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Размерность влагосодержания

$$z = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\left(\mu + \frac{\beta}{L} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t} \right) + z_0 \cdot e^{-\frac{L}{V}t} \right), \quad \frac{\text{г}}{\text{кг}}$$

$$\rho - \text{плотность воздуха, } \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Лист 7

[illegible]

Лист "Исход"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
1	Атмосфера стандартная ГОСТ 44081				Коэффициент поглощения солнечной радиации													
2	Константы				Плитка облиц. Синяя		0,70	_kp 0,45...0,7		15 июня Нижний Новгород.								
3	Температура Кельвина при 0°С	273,15	tk		Коэффициент остекления здания		0,18	_kост 0,18...0,25		Удельный поток солнечной радиации, кВт/м².								
4	Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,9700	_M							Параметры прозрачности			Проникающий поток в помещение, кВт					
5	Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016	_Me		Бетон	0,70				Время, ч	Низкая, кВт/м²	Норм, кВт/м²	Высокая, кВт/м²	Низкая, кВт	Норм, кВт	Высокая, кВт		
6	Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль.°С)	8314,3	_r		Кирпич красный	0,70				1				0,0	0,0	0,0		
7	Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг°С)	287,053	_rv		Краска серая	0,70				2				0,0	0,0	0,0		
8	Ускорение свободного падения, м/с²	9,8067	_g		Стекло облиц.	0,70				3				0,0	0,0	0,0		
9	Коэффициент Сатерлэнда, S, K	110,4	_S		Штукатурка серая	0,70				4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,0		
10	Коэффициент Сатерлэнда, кгс·с⁻¹·м⁻¹·К⁰·⁵	0,000001458	_bs		Дерево неокрашенное	0,60				5	0,0036	0,0141	0,0242	0,1	0,5	0,8		
11	Давление на уровне моря стандартное, Па	101325	_pa	норм	Кирпич силикатный	0,60				6	0,0184	0,0389	0,0528	0,6	1,3	1,7		
12	Температура воздуха стандартная, °С	20	_ta	норм	Плитка облиц. Синяя	0,60				7	0,0325	0,0539	0,0673	1,1	1,8	2,2		
13	Переменные				Сталь листовая зеленая	0,60				8	0,0445	0,0662	0,0791	1,5	2,2	2,6		
14	Высота расположения объекта hоб, м	160	_hob		Штукатурка зеленая	0,60				9	0,0524	0,0738	0,0862	1,7	2,4	2,8		
15					Алюминий	0,45				10	0,0553	0,0755	0,0872	1,8	2,5	2,8		
16	Нижний Новгород 15 июня				Белый камень облиц.	0,45				11	0,0547	0,0735	0,0843	1,8	2,4	2,8		
17	Узкая сторона здания обращена на север α=0°				Плитка облиц. Белая	0,45				12	0,0519	0,0692	0,0791	1,7	2,3	2,6		
18	Длина помещения, м	13			Сталь листовая белая	0,45				13	0,0478	0,0636	0,0725	1,6	2,1	2,4		
19	Ширина помещения, м	5,7			Штукатурка кремовая	0,45				14	0,0492	0,0655	0,0747	1,6	2,1	2,4		
20	Высота помещения, м	3,5								15	0,0530	0,0709	0,0810	1,7	2,3	2,6		
21	Количество людей в офисе, чел	10								16	0,0552	0,0745	0,0856	1,8	2,4	2,8		
22										17	0,0548	0,0754	0,0874	1,8	2,5	2,9		
23	Площадь помещения, м²	74,1								18	0,0504	0,0720	0,0846	1,6	2,4	2,8		
24	Объем помещения, м³	259,35	_vпом							19	0,0407	0,0621	0,0751	1,3	2,0	2,5		
25	Нагрузка от людей, кВт	1,2								20	0,0283	0,0497	0,0633	0,9	1,6	2,1		
26	Нагрузка от освещения, кВт	1,2								21	0,0131	0,0321	0,0457	0,4	1,0	1,5		
27	Нагрузка от офисной техники, кВт	1,6								22	0,0029	0,0123	0,0217	0,1	0,4	0,7		
28	Выделение тепла, кВт	4,0	_Nn							23	0	0	0	0,0	0,0	0,0		
29	Выделение влаги 1 человеком г/ч	200								24				0,0	0,0	0,0		
30	Количество влаги г/ч	2000	_beta														Диаграмма	

15 июня Нижний Новгород.						
Удельный поток солнечной радиации, кВт/м².						
Параметры прозрачности				Проникающий поток в помещение, кВт		
Время, ч	Низкая, кВт/м²	Норм, кВт/м²	Высокая, кВт/м²	Низкая, кВт	Норм, кВт	Высокая, кВт
1				0,0	0,0	0,0
2				0,0	0,0	0,0
3				0,0	0,0	0,0
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,0
5	0,0036	0,0141	0,0242	0,1	0,5	0,8
6	0,0184	0,0389	0,0528	0,6	1,3	1,7
7	0,0325	0,0539	0,0673	1,1	1,8	2,2
8	0,0445	0,0662	0,0791	1,5	2,2	2,6
9	0,0524	0,0738	0,0862	1,7	2,4	2,8
10	0,0553	0,0755	0,0872	1,8	2,5	2,8
11	0,0547	0,0735	0,0843	1,8	2,4	2,8
12	0,0519	0,0692	0,0791	1,7	2,3	2,6
13	0,0478	0,0636	0,0725	1,6	2,1	2,4
14	0,0492	0,0655	0,0747	1,6	2,1	2,4
15	0,0530	0,0709	0,0810	1,7	2,3	2,6
16	0,0552	0,0745	0,0856	1,8	2,4	2,8
17	0,0548	0,0754	0,0874	1,8	2,5	2,9
18	0,0504	0,0720	0,0846	1,6	2,4	2,8
19	0,0407	0,0621	0,0751	1,3	2,0	2,5
20	0,0283	0,0497	0,0633	0,9	1,6	2,1
21	0,0131	0,0321	0,0457	0,4	1,0	1,5
22	0,0029	0,0123	0,0217	0,1	0,4	0,7
23	0	0	0	0,0	0,0	0,0
24				0,0	0,0	0,0
Диаграмма						

Лист "Р1"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
1	Температура		Влажность		Давление		Поворот Земли															
2	180	_D	120	_Dfi	62	_Da	360	_T														
3	5	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	_aa																
4	25	_tcp	65	_fistr	98996	_acr																
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																					
6																						
7	Наружный воздух												Внутренний воздух									
8		Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев	Нагрев воздуха в помещении					Дифур	Влажность		
9	Время, ч	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	d _{вв} , г/кг	d _п , г/кг	P _{поверх} , кг/м²	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	N _{сол} , кВт	N _{нагр} , кВт	tпом, °C	P _{пом} , кг/м³	d _в , г/кг	d _{вв} , г/кг	φ, %	z, г/кг	φ, %		
10	1	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	27,0	1,15	10,9	22,6	48,3	12,0	53		
11	2	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	26,4	1,15	10,7	21,8	49,3	11,8	54		
12	3	30	98978	20,0	72	14,8	10,7	1,18	1,0035	1,8632	1,0234	0,0	4,0	26,0	1,15	10,7	21,4	50,0	11,8	55		
13	4	45	98993	20,1	73	14,8	10,8	1,18	1,0035	1,8633	1,0236	0,0	4,0	26,1	1,15	10,8	21,4	50,4	11,9	55		
14	5	60	99009	20,4	73	15,1	11,0	1,17	1,0035	1,8633	1,0241	0,5	4,5	27,1	1,15	11,0	22,7	48,5	12,2	53		
15	6	75	99024	21,1	72	15,8	11,4	1,17	1,0036	1,8635	1,0249	1,3	5,3	29,0	1,14	11,4	25,4	45,0	12,6	50		
16	7	90	99036	22,0	72	16,7	12,0	1,17	1,0036	1,8637	1,0259	1,8	5,8	30,7	1,14	12,0	28,0	42,7	13,2	47		
17	8	105	99047	23,1	70	17,9	12,6	1,16	1,0037	1,8639	1,0271	2,2	6,2	32,4	1,13	12,6	31,0	40,6	13,9	45		
18	9	120	99053	24,4	68	19,4	13,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0284	2,4	6,4	34,1	1,12	13,2	34,1	38,8	14,6	43		
19	10	135	99056	25,7	66	21,0	13,9	1,15	1,0038	1,8646	1,0297	2,5	6,5	35,5	1,12	13,9	37,0	37,6	15,3	41		
20	11	150	99055	27,0	64	22,6	14,5	1,15	1,0039	1,8649	1,0309	2,4	6,4	36,7	1,11	14,5	39,6	36,6	15,9	40		
21	12	165	99049	28,1	62	24,1	15,0	1,15	1,0039	1,8651	1,0319	2,3	6,3	37,7	1,11	15,0	41,7	35,9	16,4	39		
22	13	180	99040	29,0	60	25,4	15,3	1,14	1,0040	1,8654	1,0326	2,1	6,1	38,3	1,11	15,3	43,3	35,4	16,7	39		
23	14	195	99028	29,6	59	26,4	15,5	1,14	1,0040	1,8655	1,0329	2,1	6,2	39,1	1,10	15,5	45,2	34,3	16,9	37		
24	15	210	99014	30,0	58	26,9	15,5	1,14	1,0040	1,8656	1,0330	2,3	6,3	39,7	1,10	15,5	46,8	33,1	16,9	36		
25	16	225	98999	29,9	57	26,9	15,3	1,14	1,0040	1,8656	1,0326	2,4	6,5	39,8	1,10	15,3	47,3	32,4	16,7	35		
26	17	240	98983	29,6	57	26,3	15,0	1,14	1,0040	1,8655	1,0320	2,5	6,5	39,5	1,10	15,0	46,4	32,3	16,4	35		
27	18	255	98968	28,9	58	25,3	14,6	1,14	1,0040	1,8653	1,0311	2,4	6,4	38,7	1,11	14,6	44,2	32,9	15,9	36		
28	19	270	98956	28,0	58	24,0	14,0	1,14	1,0039	1,8651	1,0300	2,0	6,0	37,2	1,11	14,0	40,7	34,4	15,3	38		
29	20	285	98945	26,9	60	22,4	13,4	1,15	1,0038	1,8648	1,0289	1,6	5,6	35,4	1,12	13,4	36,8	36,5	14,7	40		
30	21	300	98939	25,6	62	20,8	12,8	1,15	1,0038	1,8645	1,0277	1,0	5,1	33,3	1,12	12,8	32,5	39,5	14,0	43		
31	22	315	98936	24,3	64	19,2	12,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0265	0,4	4,4	31,0	1,13	12,2	28,5	43,0	13,4	47		
32	23	330	98937	23,0	66	17,8	11,7	1,16	1,0037	1,8639	1,0255	0,0	4,0	29,1	1,14	11,7	25,5	45,9	12,8	50		
33	24	345	98943	21,9	68	16,6	11,3	1,17	1,0036	1,8637	1,0246	0,0	4,0	27,9	1,14	11,3	23,9	47,2	12,4	52		
34																			33,2	44		

$$\varphi, \% = EC.ЛИ \left(100 \cdot \frac{S10}{Q10} > 100; 100; 100 \cdot \frac{S10}{Q10} \right)$$

$$z = \frac{1}{O10} \left(\left(P10 \cdot H10 + \frac{\beta}{L_p} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L_p \cdot A10}{V_{ром}}} \right) + z_o \cdot e^{-\frac{L_p \cdot A10}{V_{ром}}} \right)$$

$$\varphi = \frac{100 \cdot P10}{Q10}$$

$$d_m = 0.000014(N10+1)^4 - 0.00081(N10+1)^3 + 0.036212(N10+1)^2 - 0.021506(N10+1) + 4$$

$$d_m = 0.000014(D10+1)^4 - 0.00081(D10+1)^3 + 0.036212(D10+1)^2 - 0.021506(D10+1) + 4 \quad d_n = G10$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Температура		Влажность		Давление		Поворот Земли													
2	180	_D	120	D'i	62	_Da	360	_T												
3	5	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	_aa														
4	25	_tcp	65	_fisr	98996	_acp														
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																			
6																				
7	Наружный воздух												Внутренний воздух							
8		Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев	Нагрев воздуха в помещении					Дифуз	Влажность
9	Время, ч	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	d _{плв} , г/кг	d _{плв} , г/кг	ρ _{влажн} , кг/м³	c _р , кДж/(кг.К)	c _р , кДж/(кг.К)	c _р , кДж/(кг.К)	N _{солн} , кВт	N _{нагр} , кВт	tпом, °C	ρ _{помм} , кг/м³	d _{плв} , г/кг	d _{плв} , г/кг	φ, %	z, г/кг	φ, %
10	1	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	27,0	1,15	10,9	22,6	48,3	12,0	53
11	2	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	26,4	1,15	10,7	21,8	49,3	11,8	54

$$\rho_v = \frac{C10}{r_v \cdot (D10 + t_k)}$$

$$d_n = \frac{F10 \cdot E10}{100}$$

$$\varphi_e = A_\varphi \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_\varphi\right) + \varphi_{cp}$$

$$t_{нар} = A_t \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D\right) + t_{cp}$$

$$p_a = A_a \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_a\right) + p_{cp}$$

$$\rho_{пом} = \frac{C10}{r_v \cdot (N10 + t_k)}$$

$$t_{пом} = \frac{3600 \cdot M10}{L_p \cdot H10 \cdot K10} + D10$$

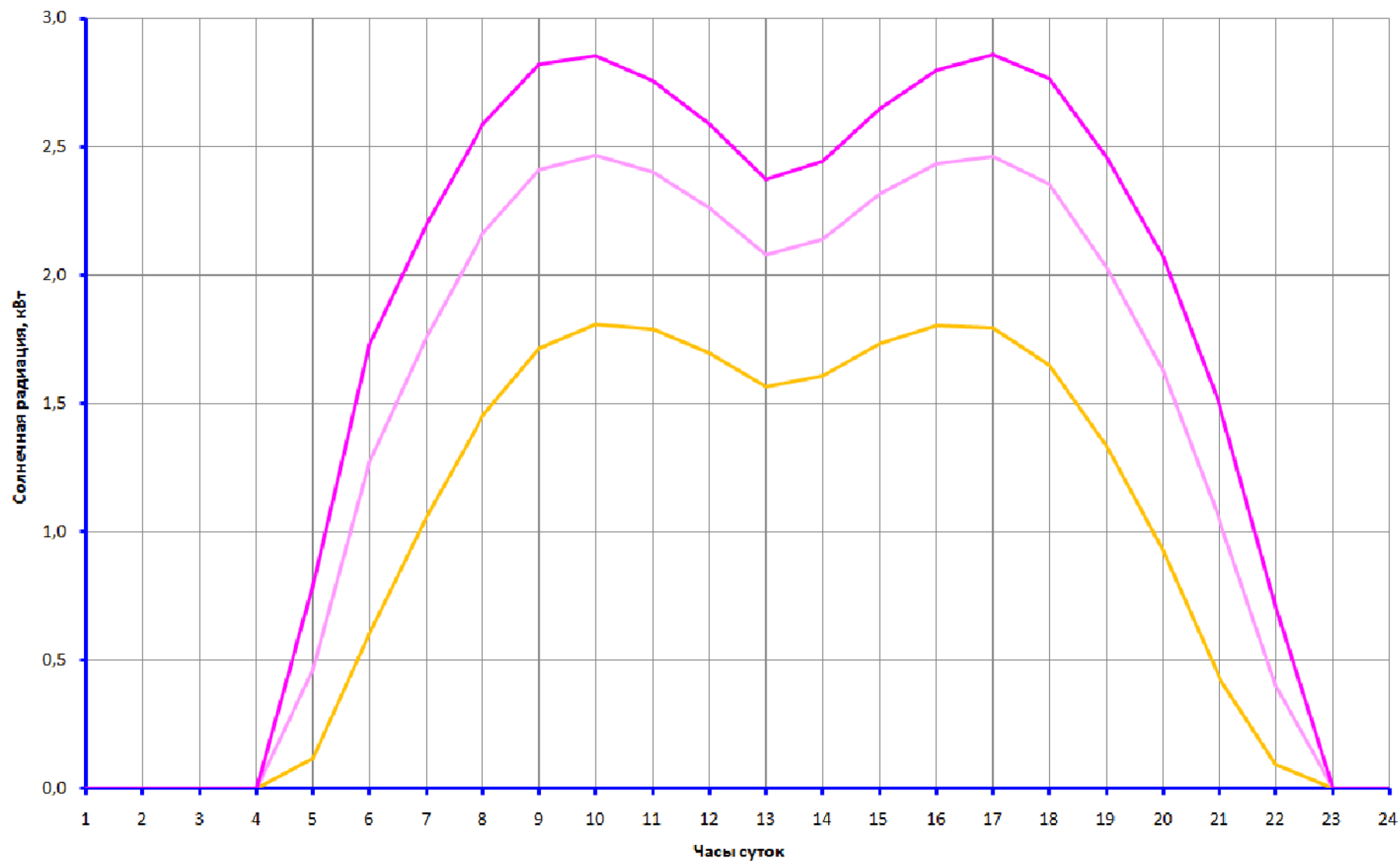
$$N_{нагр} = N_n + L10$$

$$N_{сол} = Исход!O6$$

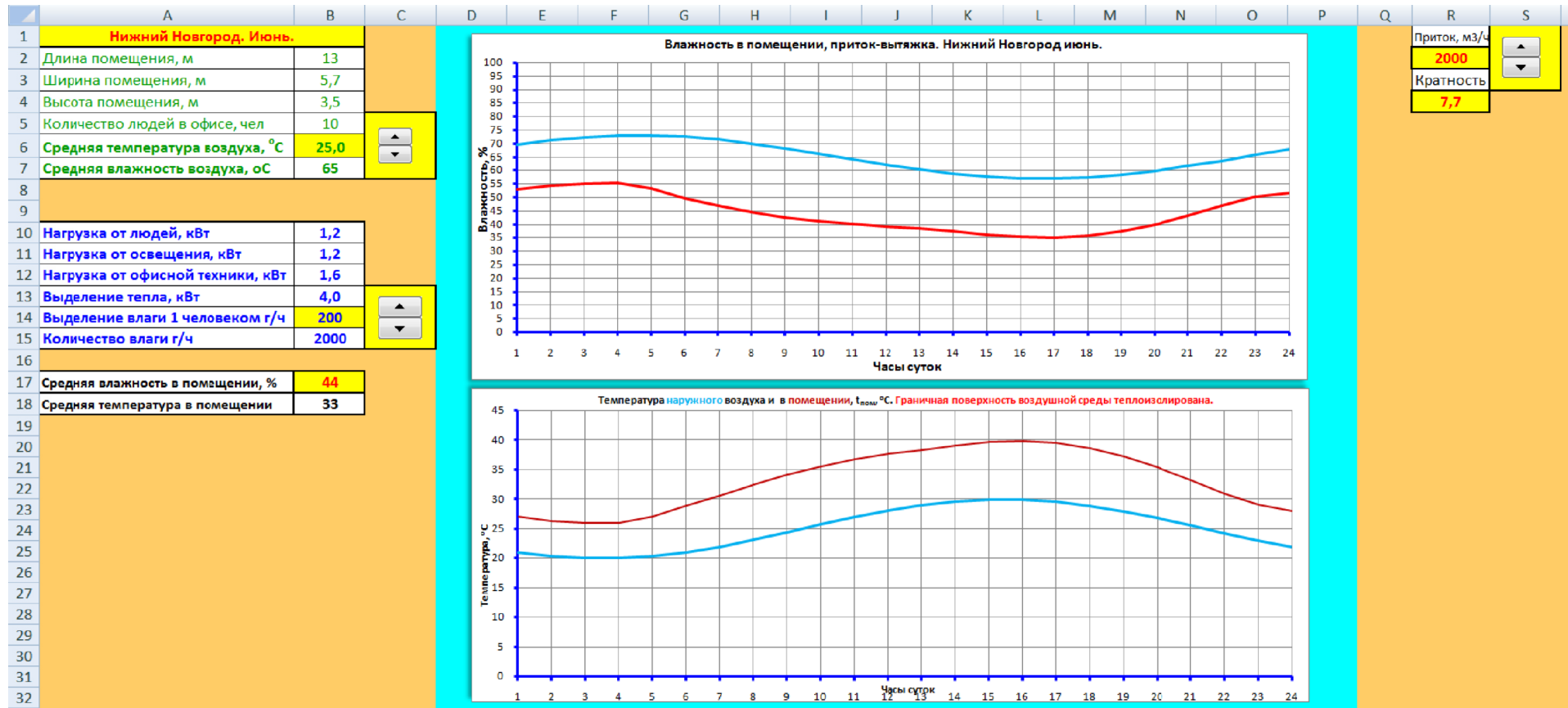
$$c_p = f(t_{нар}); \text{ см.}[5]$$

Лист "Солнце"

Проникающее тепло солнечной радиации в помещение. Нижний Новгород. Июнь.



Лист "Управление"



Вентиляция способна снижать влажность на 20%. Удаление влаги за 10 часов 20 литров.

5. Прямоточный кондиционер и вытяжка .

В помещении установлен прямоточный кондиционер и вытяжная вентиляция. Через внутренний блок кондиционера проходит 100% наружного воздуха.

$V, \text{ м}^3$ - объем помещения; $\beta, \text{ г/ч}$ - выделение влаги в помещении; $\mu, \text{ г/м}^3$ - поступление влаги через кондиционер ($\mu = \mu_{\text{п}} - \mu_{\text{к}}$ - содержание влаги в притоке и удаляемая кондиционером); $z_0, \text{ г/м}^3$ - начальная влага в помещении; $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ - расход воздуха через кондиционер и вытяжка; $z, \text{ г/м}^3$ - влага в помещении через t часов после начала работы.

Решение. За промежуток времени dt концентрация влаги изменится на dz .

Общее количество влаги составит Vdz .

Оно состоит из влаги, принесенной кондиционером $L\mu dt$

и технологических выделений влаги βdt .

Влага удаляемая из помещения вытяжкой $Lz dt$.

Прямоточный кондиционер и вытяжная вентиляция

$$V \cdot dz = L \cdot \mu \cdot dt + \beta \cdot dt - L \cdot z \cdot dt$$

$$\frac{V \cdot dz}{L \cdot \mu + \beta - L \cdot z} = dt$$

$$\int dt + C = -\frac{V}{L} \int \frac{d(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z)}{L \cdot \mu + \beta - L \cdot z}$$

$$-\frac{L}{V}(t + C) = \ln(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z) \quad \text{Начальное условие } t = 0 \quad z = z_0$$

$$C \cdot e^{\frac{L}{V}t} = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z; \quad C = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z_0; \quad A = -\frac{L}{V}t$$

$$(L \cdot \mu + \beta - L \cdot z_0) \cdot e^A = L \cdot \mu + \beta - L \cdot z; \quad a = L \cdot \mu + \beta$$

$$(a - L \cdot z_0) \cdot e^A = a - L \cdot z; \quad z = \frac{a - (a - L \cdot z_0) \cdot e^A}{L}$$

$$z = \frac{a}{L} - \frac{a \cdot e^A - L \cdot z_0 \cdot e^A}{L} = \frac{a}{L} - \frac{a \cdot e^A}{L} + \frac{L \cdot z_0 \cdot e^A}{L}$$

$$z = \frac{a}{L} \cdot (1 - e^A) + z_0 \cdot e^A; \quad z = \left(\frac{L \cdot \mu + \beta}{L} \right) \cdot (1 - e^A) + z_0 \cdot e^A$$

Окончательное уравнение

$$z = \left(\mu + \frac{\beta}{L} \right) \cdot \left(1 - e^{\frac{L}{V}t} \right) + z_0 \cdot e^{\frac{L}{V}t}, \quad \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Размерность влагосодержания

$$z = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\left(\mu + \frac{\beta}{L} \right) \cdot \left(1 - e^{\frac{L}{V}t} \right) + z_0 \cdot e^{\frac{L}{V}t} \right), \quad \frac{\text{г}}{\text{кг}}$$

$$\rho - \text{плотность воздуха, } \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Эта схема признана не эффективной и она исключается из дальнейшего подробного описания.

В помещении (склад, серверная и т.д.) установлен кондиционер, двери и окна плотно закрыты. Создать модель микроклимата в помещении на сутки. **Условие: теплообмена через ограждающие конструкции помещения нет. Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована** (начальная фаза регулярного теплового режима).

$V, \text{м}^3$ - объем помещения;

$\beta, \text{г/ч}$ - выделение влаги;

$\mu, \text{г/м}^3$ - удаление влаги кондиционером;

$z_0, \text{г/м}^3$ - начальная влага в помещении;

$L, \text{м}^3/\text{ч}$ - расход воздуха через кондиционер;

$z, \text{г/м}^3$ - влага в помещении через t часов после начала работы.

Решение. За промежуток времени dt концентрация влаги изменится на dz .

Общее количество влаги составит Vdz . Оно состоит: технологических выделений влаги βdt ; влага удаляемая из помещения кондиционером $L\mu dt$.

Изолированный кондиционер уравнение

$$V \cdot dz = \beta \cdot dt - L \cdot \mu \cdot dt; \quad \frac{V \cdot dz}{\beta - L \cdot \mu} = dt; \quad a = \beta - L \cdot \mu; \quad dt = \frac{V}{a} dz;$$

$$\int dt + C = \frac{V}{a} \int dz; \quad z = \frac{a}{V} \cdot (t + C); \quad \text{Начальное условие } t = 0 \quad z = z_0$$

$$z_0 = \frac{a}{V} \cdot C; \quad C = \frac{V}{a} \cdot z_0; \quad z = \frac{a}{V} \cdot \left(t + \frac{V}{a} \cdot z_0 \right); \quad z = \frac{a \cdot t}{V} + z_0$$

$$z = \frac{\beta - L \cdot \mu}{V} \cdot t + z_0, \quad \frac{\text{г}}{\text{м}^3}; \quad z = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{\beta - L \cdot \mu}{V} \cdot t + z_0 \right), \quad \frac{\text{г}}{\text{кг}}$$

Если $\beta - L \cdot \mu > 0$ функция $z = f(\beta, \mu)$ возрастает

влажность увеличивается! $\boxed{\frac{\mu}{\rho} < \frac{\beta}{L}};$

Если $\beta - L \cdot \mu < 0$ функция $z = f(\beta, \mu)$ убывает

влажность уменьшается! $\boxed{\frac{\mu}{\rho} > \frac{\beta}{L}}$

Предел осушения воздуха в помещении кондиционером, функция действительна для температур в помещении 16...27°C

$$\varphi_{\text{ном}} \% = 0,068 \cdot t_{\text{вн}}^2 - 5,04 \cdot t_{\text{вн}} + 107, \text{ см. [8]}$$

Условие Если $\varphi_{\text{ном}} > 100$; то $\varphi_{\text{ном}} = 100\%$;

Лист "Атмосфера"

[illegible]

Лист "Исход"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Атмосфера стандартная ГОСТ 44081				Коэффициент поглощения солнечной радиации										
2	Константы				Плитка облиц. Синяя	0,70	kp								
3	Температура Кельвина при 0°С	273,15	tk		Коэффициент остекления здания	0,18	kost								
4	Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,97	M												
5	Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016	Me		Бетон	0,70									
6	Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К)	8314,3	r		Кирпич красный	0,70									
7	Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг·К)	287,053	rv		Краска серая	0,70									
8	Ускорение свободного падения, м/с ²	9,8067	g		Стекло облиц.	0,70									
9	Коэффициент Сатерлэнда, S, К	110,4	S		Штукатурка серая	0,70									
10	Коэффициент Сатерлэнда, кг·с ⁻¹ ·м ⁻¹ ·К ^{-0,5}	0,000001458	bs		Дерево неокрашенное	0,60									
11	Давление на уровне моря стандартное, Па	101325	pa	норм	Кирпич силикатный	0,60									
12	Температура воздуха стандартная, °С	20	ta	норм	Плитка облиц. Синяя	0,60									
13	Переменные				Сталь листовая зеленая	0,60									
14	Высота расположения объекта hob, м	160	hob		Штукатурка зеленая	0,60									
15					Алюминий	0,45									
16	Нижний Новгород 15 июня				Белый камень облиц.	0,45									
17	Узкая сторона здания обращена на север α=0°				Плитка облиц. Белая	0,45									
18	Длина помещения, м	13			Сталь листовая белая	0,45									
19	Ширина помещения, м	5,7			Штукатурка кремовая	0,45									
20	Высота помещения, м	3,5													
21	Количество людей в офисе, чел	10													
22															
23	Площадь помещения, м ²	74,1													
24	Объем помещения, м ³	259,35	vpom												
25	Нагрузка от людей, кВт	1,2													
26	Нагрузка от освещения, кВт	1,2													
27	Нагрузка от офисной техники, кВт	1,6													
28	Выделение тепла, кВт	4,0	Nn												
29	Выделение влаги г/ч	340													
30	Количество влаги г/ч	3400	betta												

15 июня Нижний Новгород.						
Удельный поток солнечной радиации, кВт/м ² .						
Параметры прозрачности				Проникающий поток в помещение, кВт		
Время, ч	Низкая, кВт/м ²	Норм, кВт/м ²	Высокая, кВт/м ²	Низкая, кВт	Норм, кВт	Высокая, кВт
1				0,0	0,0	0,0
2				0,0	0,0	0,0
3				0,0	0,0	0,0
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,0
5	0,0036	0,0141	0,0242	0,1	0,5	0,8
6	0,0184	0,0389	0,0528	0,6	1,3	1,7
7	0,0325	0,0539	0,0673	1,1	1,8	2,2
8	0,0445	0,0662	0,0791	1,5	2,2	2,6
9	0,0524	0,0738	0,0862	1,7	2,4	2,8
10	0,0553	0,0755	0,0872	1,8	2,5	2,8
11	0,0547	0,0735	0,0843	1,8	2,4	2,8
12	0,0519	0,0692	0,0791	1,7	2,3	2,6
13	0,0478	0,0636	0,0725	1,6	2,1	2,4
14	0,0492	0,0655	0,0747	1,6	2,1	2,4
15	0,0530	0,0709	0,0810	1,7	2,3	2,6
16	0,0552	0,0745	0,0856	1,8	2,4	2,8
17	0,0548	0,0754	0,0874	1,8	2,5	2,9
18	0,0504	0,0720	0,0846	1,6	2,4	2,8
19	0,0407	0,0621	0,0751	1,3	2,0	2,5
20	0,0283	0,0497	0,0633	0,9	1,6	2,1
21	0,0131	0,0321	0,0457	0,4	1,0	1,5
22	0,0029	0,0123	0,0217	0,1	0,4	0,7
23	0	0	0	0,0	0,0	0,0
24				0,0	0,0	0,0
Диаграмма						

Лист "Р1"

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	Температура		Влажность		Давление		Поворот Земли											
2	__D	120	__Dfi	62	__Da	360	__T											
3	__at (σ)	8	__afi (σ)	60	__aa													
4	__tcp	65	__fiscr	98996	__acp													
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																	
6																		
7	Наружный воздух										Внутренний воздух							
8	Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев		Охлаждение	Насыщение	ДифУр		
9	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	dпл, г/кг	dпл, г/кг	ρнорм, кг/м³	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	Норм, кВт	N, кВт	tнагр, °C	tпом, °C	dпл, г/кг	z, г/кг	φ, %	
10	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	27,0	16,0	11,3	7,4	65	
11	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	26,4	16,0	11,3	5,4	48	
12	30	98978	20,0	72	14,8	10,7	1,18	1,0035	1,8632	1,0234	0,0	4,0	26,0	16,0	11,3	3,4	44	
13	45	98993	20,1	73	14,8	10,8	1,18	1,0035	1,8633	1,0236	0,0	4,0	26,1	16,0	11,3	1,4	44	
14	60	99009	20,4	73	15,1	11,0	1,17	1,0035	1,8633	1,0241	0,5	4,5	27,1	16,0	11,3	-0,5	44	
15	75	99024	21,1	72	15,8	11,4	1,17	1,0036	1,8635	1,0249	1,3	5,3	29,0	16,0	11,3	-2,5	44	
16	90	99036	22,0	72	16,7	12,0	1,17	1,0036	1,8637	1,0259	1,8	5,8	30,7	16,0	11,3	-4,5	44	
17	105	99047	23,1	70	17,9	12,6	1,16	1,0037	1,8639	1,0271	2,2	6,2	32,4	17,4	12,4	-6,5	40	
18	120	99053	24,4	68	19,4	13,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0284	2,4	6,4	34,1	19,0	13,8	-8,5	36	
19	135	99056	25,7	66	21,0	13,9	1,15	1,0038	1,8646	1,0297	2,5	6,5	35,5	20,4	15,1	-10,6	33	
20	150	99055	27,0	64	22,6	14,5	1,15	1,0039	1,8649	1,0309	2,4	6,4	36,7	21,5	16,2	-12,6	30	
21	165	99049	28,1	62	24,1	15,0	1,15	1,0039	1,8651	1,0319	2,3	6,3	37,7	22,4	17,2	-14,7	28	
22	180	99040	29,0	60	25,4	15,3	1,14	1,0040	1,8654	1,0326	2,1	6,1	38,3	23,0	17,8	-16,8	27	
23	195	99028	29,6	59	26,4	15,5	1,14	1,0040	1,8655	1,0329	2,1	6,2	39,1	23,8	18,6	-18,8	26	
24	210	99014	30,0	58	26,9	15,5	1,14	1,0040	1,8656	1,0330	2,3	6,3	39,7	24,3	19,3	-20,9	25	
25	225	98999	29,9	57	26,9	15,3	1,14	1,0040	1,8656	1,0326	2,4	6,5	39,8	24,5	19,5	-22,9	24	
26	240	98983	29,6	57	26,3	15,0	1,14	1,0040	1,8655	1,0320	2,5	6,5	39,5	24,2	19,1	-24,9	25	
27	255	98968	28,9	58	25,3	14,6	1,14	1,0040	1,8653	1,0311	2,4	6,4	38,7	23,4	18,2	-26,9	26	
28	270	98956	28,0	58	24,0	14,0	1,14	1,0039	1,8651	1,0300	2,0	6,0	37,2	22,0	16,7	-28,8	29	
29	285	98945	26,9	60	22,4	13,4	1,15	1,0038	1,8648	1,0289	1,6	5,6	35,4	20,2	14,9	-30,8	33	
30	300	98939	25,6	62	20,8	12,8	1,15	1,0038	1,8645	1,0277	1,0	5,1	33,3	18,1	13,0	-32,6	38	
31	315	98936	24,3	64	19,2	12,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0265	0,4	4,4	31,0	16,0	11,3	-34,5	44	
32	330	98937	23,0	66	17,8	11,7	1,16	1,0037	1,8639	1,0255	0,0	4,0	29,1	16,0	11,3	-36,3	44	
33	345	98943	21,9	68	16,6	11,3	1,17	1,0036	1,8637	1,0246	0,0	4,0	27,9	16,0	11,3	-38,2	44	
34														19,3				37

$$p_a = A_a \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_a\right) + p_{cp}$$

$$t_{нар} = A_t \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D\right) + t_{cp}$$

$$\varphi_a = A_\varphi \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_\varphi\right) + \varphi_{cp}$$

$$d_m = 0.000014(D10 + 1)^4 - 0.00081(D10 + 1)^3 + 0.036212(D10 + 1)^2 - 0.021506(D10 + 1) + 4$$

$$d_n = \frac{F10 \cdot E10}{100}$$

$$\rho_v = \frac{C10}{r_v \cdot (D10 + t_k)}$$

$$c_p = f(t_{нар}); \text{ см. [5]}$$

$$N_{сол} = \text{Исход!} N6$$

$$N_{наг} = N_n + L10$$

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ратура	Влажность		Давление		Поворот Земли											
2	_D	120	_Dfi	62	_Da	360	_T										
3	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	_aa												
4	_tcp	65	_fis	98996	_аср												
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																
6																	
7		Наружный воздух								Внутренний воздух							
8	Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев	Охлаждение	Насыщение	ДифУр		
9	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	d_вл, г/кг	d_пл, г/кг	ρ_норм, кг/м³	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	Норм, кВт	N, кВт	t_нагр, °C	tном, °C	d_пл, г/кг	z, г/кг	φ, %
10	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	27,0	16,0	11,3	7,4	65
11	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	26,4	16,0	11,3	5,4	48

$$t_{наг} = \frac{3600 \cdot M10}{L \cdot H10 \cdot K10} + D10$$

$$t_{ном} = \text{ЕСЛИ}\left(\left(N10 - \frac{3600 \cdot Nx}{L \cdot H10 \cdot K10}\right) < 16; 16; N10 - \frac{3600 \cdot Nx}{L \cdot H10 \cdot K10}\right)$$

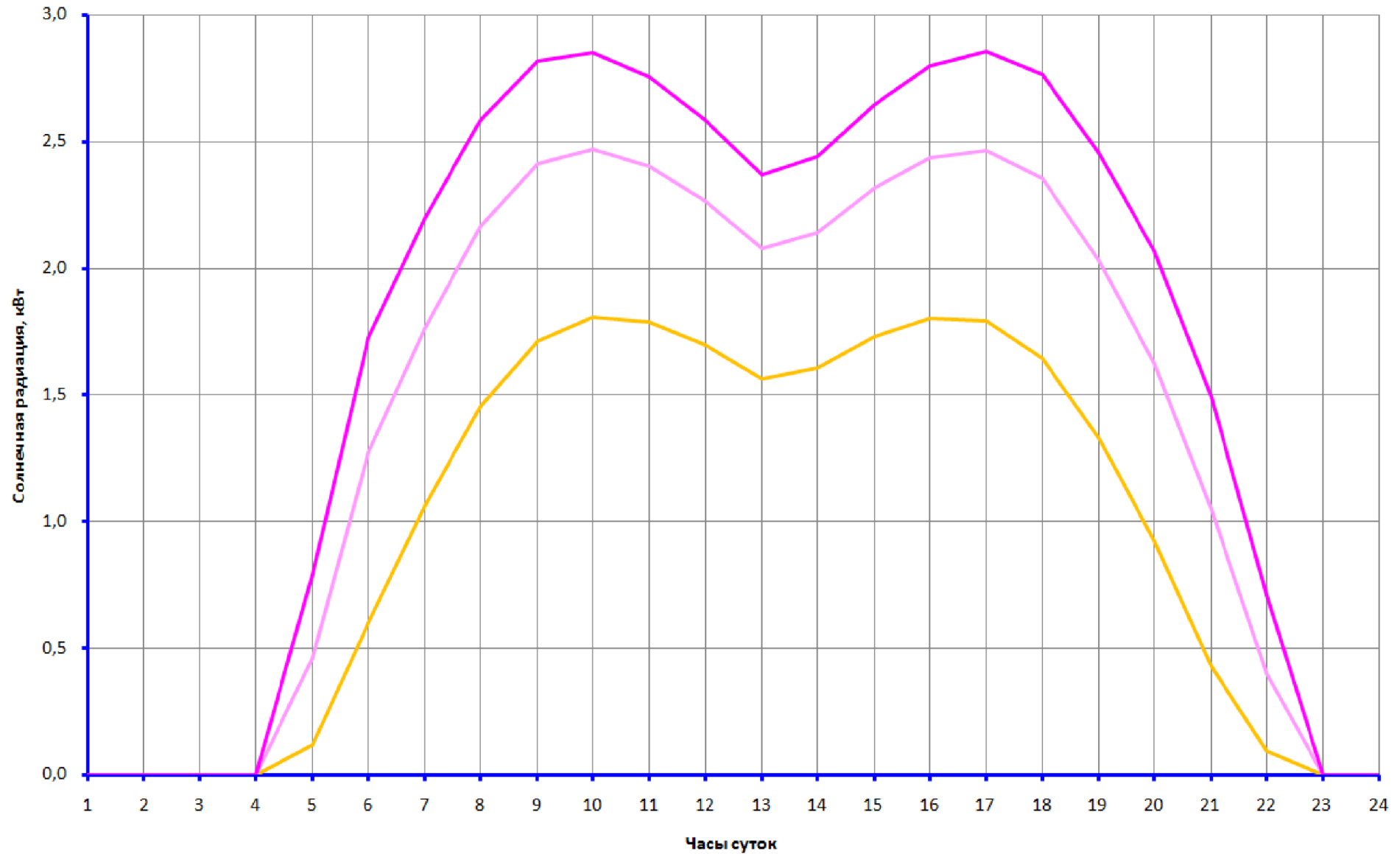
$$d_m = 0.000014(O10 + 1)^4 - 0.00081(O10 + 1)^3 + 0.036212(O10 + 1)^2 - 0.021506(O10 + 1) + 4$$

$$z = \frac{1}{H10} \left(\frac{\beta - L \cdot \mu}{V} \cdot A10 + z_o \right); z_o = G10$$

$$\varphi, \% = \text{ЕСЛИ}\left(100 \cdot \frac{Q10}{P10} > 100; 100; \text{ЕСЛИ}\left(100 \cdot \frac{Q10}{P10} < 0.068 \cdot O10^2 - 5.04 \cdot O10 + 107; 0.068 \cdot O10^2 - 5.04 \cdot O10 + 107; 100 \cdot \frac{Q10}{P10}\right)\right)$$

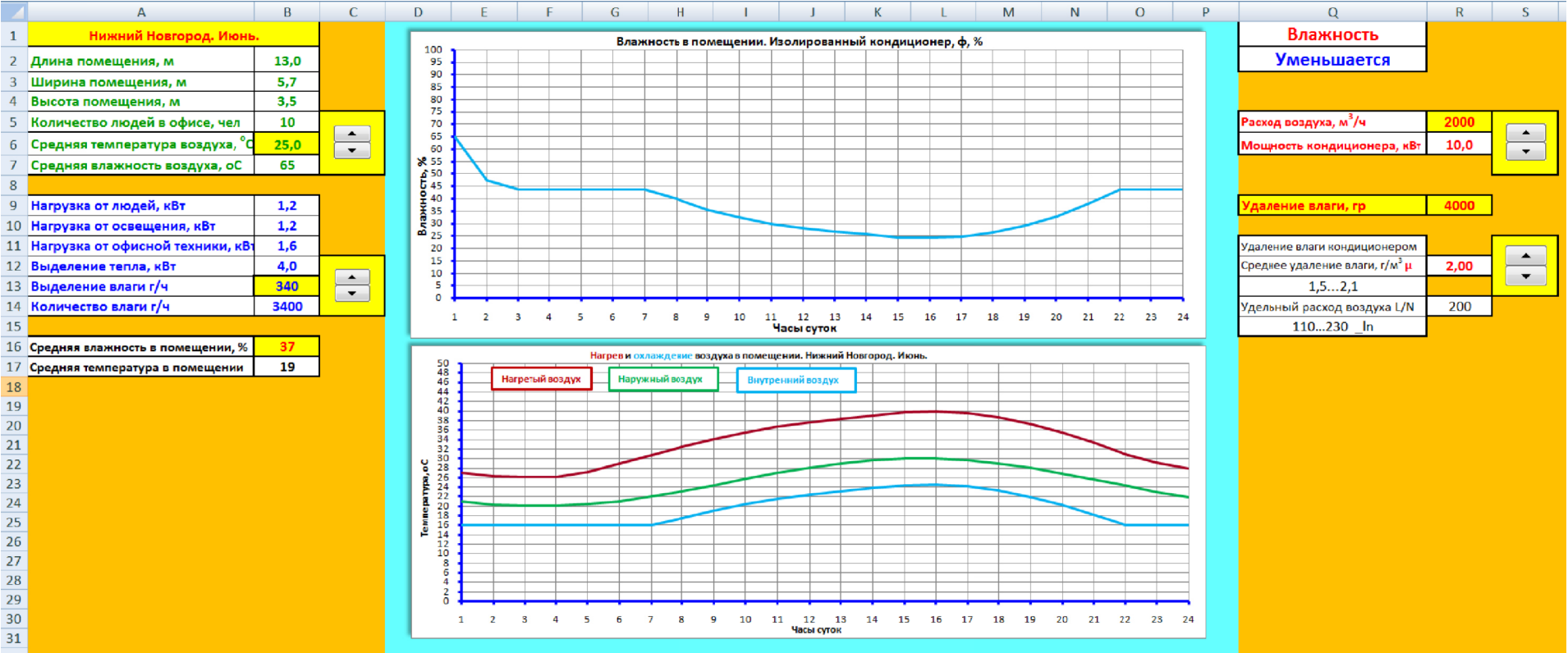
Лист "Солнце"

Проникающее тепла солнечной радиации в помещение. Нижний Новгород. 15 июня.



Лист "Управление"

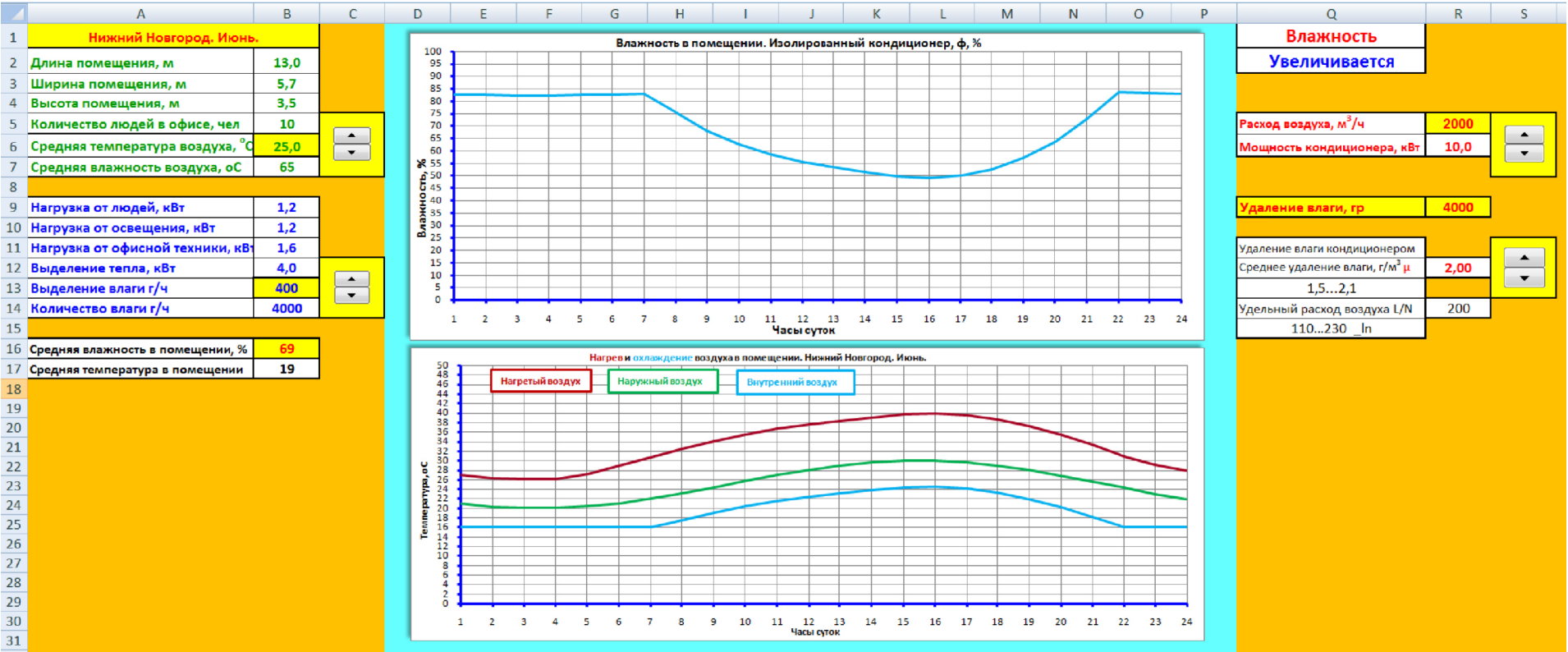
Влажность: Уменьшается



"Изолированный" кондиционер снижает температуру , средний уровень влажности 40%. Удаление влаги за 10 часов 40 литров.

Лист "Управление"

Влажность: Увеличивается



В помещении установлен рециркуляционный кондиционер и вытяжная вентиляция. Через внутренний блок кондиционера проходит $\alpha\%$ наружного воздуха. Создать модель микроклимата в помещении на сутки. Условие: теплообмена через ограждающие конструкции помещения нет. Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована (начальная фаза регулярного теплового режима).

$V, \text{м}^3$ - объем помещения;

$\beta, \text{г/ч}$ - выделение влаги в помещении;

$\mu_n, \text{г/м}^3$ - влага наружного воздуха;

$\mu_k, \text{г/м}^3$ - влага удаляемая кондиционером;

$L_k, \text{м}^3/\text{ч}$ - полный расход воздуха через кондиционер;

$L_k = L_v(1+k)$, k - коэф. рециркуляции;

$L_v = L_p$ - приток через кондиционер равен вытяжке;

$z_o, \text{г/м}^3$ - начальная влага в помещении;

$z, \text{г/м}^3$ - влага в помещении через t часов после начала работы.

Решение. За промежуток времени dt концентрация влаги изменится на dz .

Общее количество влаги составит Vdz . Оно состоит: технологических выделений влаги βdt ; влага поступающая с притоком через кондиционер $L_v \mu_n dt$ $L_p = L_v$; влага удаляемая кондиционером $L_k \mu_k dt$; влага удаляемая вытяжкой $L_v z dt$.

Рециркуляционный кондиционер и вытяжная вентиляция

$$V \cdot dz = \beta \cdot dt + L_v \cdot \mu_n \cdot dt - L_k \cdot \mu_k \cdot dt - L_v \cdot z \cdot dt;$$

$$V \cdot dz = dt(\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z); \quad dt = \frac{V \cdot dz}{\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z};$$

$$\int dt + C = -\frac{V}{L} \int \frac{d(\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z)}{\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z};$$

$$-\frac{L}{V}(t + C) = \ln(\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z);$$

$$\text{Начальное условие } t = 0 \quad z = z_o; \quad A = -\frac{L}{V}t$$

$$C \cdot e^{\frac{L}{V}t} = \beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z; \quad C = \beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z_o;$$

$$(\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z_o) \cdot e^A = \beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k - L_v z;$$

$$a = \beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k; \quad (a - L_v z_o) \cdot e^A = a - L_v z; \quad z = \frac{a - a e^A + L_v z_o e^A}{L_v}$$

$$z = \frac{a}{L_v} - \frac{a \cdot e^A}{L_v} + z_o e^A; \quad z = \frac{a}{L_v} \cdot (1 - e^A) + z_o \cdot e^A;$$

$$z = \frac{\beta + L_v \mu_n - L_k \mu_k}{L_v} \cdot \left(1 - e^{\frac{L}{V}t}\right) + z_o \cdot e^{\frac{L}{V}t}; \quad L_k = L_v(1+k); \quad \frac{L_k}{L_v} = 1+k$$

$$z = \left(\frac{\beta}{L_v} + \mu_n - \frac{L_k}{L_v} \mu_k\right) \cdot \left(1 - e^{\frac{L}{V}t}\right) + z_o \cdot e^{\frac{L}{V}t};$$

$$z = \left(\frac{\beta}{L_v} + z_o \cdot \rho - (1+k) \mu_k\right) \cdot \left(1 - e^{\frac{L}{V}t}\right) + z_o \cdot e^{\frac{L}{V}t}, \quad \frac{z}{\text{м}^3}.$$

Размерность влагосодержания ρ – плотность воздуха, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$z = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\left(\frac{\beta}{L_g} + z_o \cdot \rho - (1+k) \mu_k \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V^t}} \right) + z_o \cdot e^{-\frac{L}{V^t}} \right), \frac{\text{с}}{\text{кг}}$$

После проведенного исследования была найдена оптимальная конфигурация системы: канальный кондиционер + приточно-вытяжная вентиляция с нагревателем воздуха. Летний режим: работают канальный кондиционер с притоком свежего воздуха до 30% и вытяжка; зимний режим: приточно-вытяжная вентиляция. Летом система эффективно снижает влажность и охлаждает помещение, зимой (кондиционер не работает) в помещении работает полноценная система вентиляции. Система неоднократно применялась на объектах Нижнего Новгорода, система недорогая и эффективная.

Замечание.

Для всех трех систем выбраны одинаковые параметры наружного воздуха, температура воздуха, влажность, атмосферное давление, их отклонения. Следует отметить, что выбран месяц июнь, самый жаркий месяц для Нижнего Новгорода. Максимальная температура воздуха достигает 30°C, это экстремальная температура для Нижнего Новгорода. Ниже дана таблица где указаны количество дней в июне, когда температура воздуха достигала 30°C. Таблица составлена по собственным наблюдениям за 15 лет. Из таблицы видно, что температура 30°C довольно редкое явление для Нижнего Новгорода. Из 15 лет наблюдений, было 5 лет, когда температуры в 30°C вовсе не было.

Июнь	
тн, оС	$\geq 30^\circ\text{C}$
Год	Дни
2005	2
2006	6
2007	0
2008	0
2009	0
2010	10
2011	5
2012	4
2013	6
2014	7
2015	10
2016	3
2017	0
2018	6
2019	6
2020	0
Среднее	4

Лист 24

[illegible]

Лист "Исход"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Атмосфера стандартная ГОСТ 44081				Коэффициент поглощения солнечной радиации			15 июня Нижний Новгород. Удельный поток солнечной радиации, кВт/м². Параметры прозрачности Проникающий поток в помещение, кВт						
2	Константы				Плитка облиц. Синяя	0,70								
3	Температура Кельвина при 0°C	273,15	tk		Коэффициент остекления здания	0,18								
4	Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,9700	M											
5	Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016	Me		Бетон	0,70								
6	Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль.	8314,3	_r		Кирпич красный	0,70								
7	Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг°C)	287,053	_rv		Краска серая	0,70								
8	Ускорение свободного падения, м/с²	9,8067	_g		Стекло облиц.	0,70								
9	Коэффициент Сатерлэнда, S, K	110,4	_S		Штукатурка серая	0,70								
10	Коэффициент Сатерлэнда, кгс·с⁻¹·м⁻¹·К⁻⁰.⁵	0,000001458	_bs		Дерево неокрашенное	0,60								
11	Давление на уровне моря стандартное, Па	101325	_pa	норм	Кирпич силикатный	0,60								
12	Температура воздуха стандартная, °C	20	_ta	норм	Плитка облиц. Синяя	0,60								
13	Переменные				Сталь листовая зеленая	0,60								
14	Высота расположения объекта hоб, м	160	_hob		Штукатурка зеленая	0,60								
15					Алюминий	0,45								
16	Нижний Новгород 15 июня				Белый камень облиц.	0,45								
17	Узкая сторона здания обращена на север α=0°				Плитка облиц. Белая	0,45								
18	Длина помещения, м	13			Сталь листовая белая	0,45								
19	Ширина помещения, м	5,7			Штукатурка кремовая	0,45								
20	Высота помещения, м	3,5												
21	Количество людей в офисе, чел	10												
22														
23	Площадь помещения, м²	74,1												
24	Объем помещения, м³	259,35	_vpom											
25	Нагрузка от людей, кВт	1,2												
26	Нагрузка от освещения, кВт	1,2												
27	Нагрузка от офисной техники, кВт	1,6												
28	Выделение тепла, кВт	4,0	_Nn											
29	Выделение влаги г/ч	200												
30	Количество влаги г/ч	2000	_betta											

Диаграмма

Лист "Р1"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	Температура		Влажность		Давление		Поворот Земли												
2	180	_D	120	_Dfi	62	_Da	360	_T											
3	5	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	_aa													
4	25	_tcp	65	_fiscr	98996	_acpr													
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																		
6																			
7	Наружный воздух											Внутренний воздух							
8		Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев		Охлаждение		ДифУр	Влажность	
9	Время, ч	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	d _{вл} , г/кг	d _{нр} , г/кг	ρ _{норм} , кг/м³	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	Норм, кВт	N, кВт	tпом, °C	tном, °C	d _{вл} , г/кг	z, г/м³	φ, %	
10	1	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	25,3	16,0	11,3	5,84	51,7	
11	2	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	24,7	16,0	11,3	5,43	48,1	
12	3	30	98978	20,0	72	14,8	10,7	1,18	1,0035	1,8632	1,0234	0,0	4,0	24,3	16,0	11,3	5,39	47,7	
13	4	45	98993	20,1	73	14,8	10,8	1,18	1,0035	1,8633	1,0236	0,0	4,0	24,3	16,0	11,3	5,38	47,7	
14	5	60	99009	20,4	73	15,1	11,0	1,17	1,0035	1,8633	1,0241	0,5	4,5	25,2	16,0	11,3	5,38	47,6	
15	6	75	99024	21,1	72	15,8	11,4	1,17	1,0036	1,8635	1,0249	1,3	5,3	26,7	16,0	11,3	5,37	47,5	
16	7	90	99036	22,0	72	16,7	12,0	1,17	1,0036	1,8637	1,0259	1,8	5,8	28,2	16,0	11,3	5,35	47,4	
17	8	105	99047	23,1	70	17,9	12,6	1,16	1,0037	1,8639	1,0271	2,2	6,2	29,8	16,0	11,3	5,33	47,2	
18	9	120	99053	24,4	68	19,4	13,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0284	2,4	6,4	31,3	16,2	11,5	5,30	46,2	
19	10	135	99056	25,7	66	21,0	13,9	1,15	1,0038	1,8646	1,0297	2,5	6,5	32,7	17,6	12,6	5,28	42,0	
20	11	150	99055	27,0	64	22,6	14,5	1,15	1,0039	1,8649	1,0309	2,4	6,4	33,9	18,7	13,6	5,26	38,7	
21	12	165	99049	28,1	62	24,1	15,0	1,15	1,0039	1,8651	1,0319	2,3	6,3	34,9	19,7	14,5	5,23	36,2	
22	13	180	99040	29,0	60	25,4	15,3	1,14	1,0040	1,8654	1,0326	2,1	6,1	35,7	20,4	15,1	5,22	34,5	
23	14	195	99028	29,6	59	26,4	15,5	1,14	1,0040	1,8655	1,0329	2,1	6,2	36,4	21,1	15,8	5,20	33,0	
24	15	210	99014	30,0	58	26,9	15,5	1,14	1,0040	1,8656	1,0330	2,3	6,3	36,9	21,6	16,3	5,20	31,9	
25	16	225	98999	29,9	57	26,9	15,3	1,14	1,0040	1,8656	1,0326	2,4	6,5	37,0	21,7	16,4	5,20	31,7	
26	17	240	98983	29,6	57	26,3	15,0	1,14	1,0040	1,8655	1,0320	2,5	6,5	36,7	21,4	16,1	5,20	32,4	
27	18	255	98968	28,9	58	25,3	14,6	1,14	1,0040	1,8653	1,0311	2,4	6,4	35,9	20,6	15,3	5,21	34,1	
28	19	270	98956	28,0	58	24,0	14,0	1,14	1,0039	1,8651	1,0300	2,0	6,0	34,6	19,3	14,1	5,23	37,1	
29	20	285	98945	26,9	60	22,4	13,4	1,15	1,0038	1,8648	1,0289	1,6	5,6	33,0	17,8	12,7	5,25	41,3	
30	21	300	98939	25,6	62	20,8	12,8	1,15	1,0038	1,8645	1,0277	1,0	5,1	31,1	16,0	11,3	5,27	46,7	
31	22	315	98936	24,3	64	19,2	12,2	1,16	1,0037	1,8642	1,0265	0,4	4,4	29,1	16,0	11,3	5,30	46,9	
32	23	330	98937	23,0	66	17,8	11,7	1,16	1,0037	1,8639	1,0255	0,0	4,0	27,4	16,0	11,3	5,32	47,2	
33	24	345	98943	21,9	68	16,6	11,3	1,17	1,0036	1,8637	1,0246	0,0	4,0	26,2	16,0	11,3	5,34	47,3	
34	17,8																42		

$$p_a = A_a \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_a\right) + p_{cp}$$

$$t_{нар} = A_t \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D\right) + t_{cp}$$

$$\varphi_a = A_\varphi \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot B10 + D_\varphi\right) + \varphi_{cp}$$

$$d_m = 0.000014(D10+1)^4 - 0.00081(D10+1)^3 + 0.036212(D10+1)^2 - 0.021506(D10+1) + 4$$

$$d_n = \frac{F10 \cdot E10}{100}$$

$$\rho_v = \frac{C10}{r_v \cdot (D10 + t_k)}$$

$$c_p = f(t_{нар}); \text{ см. [5]}$$

$$N_{сол} = \text{Исход! M6}$$

$$N_{наг} = N_n + L10$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Температура		Влажность		Давление		Поворот Земли											
2	180	_D	120	Dfi	62	Da	360	T										
3	5	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	aa												
4	25	_tcp	65	_fistr	98996	acp												
5	Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																	
6																		
7	Наружный воздух									Внутренний воздух								
8		Земля	Давление, температура, влажность						Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев	Охлаждение	ДифУр	Влажность		
9	Время, ч	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	dнар, г/кг	dм, г/кг	ρнар, кг/м³	ср, кДж/(кг·K)	ср, кДж/(кг·K)	ср, кДж/(кг·K)	Норм, кВт	N, кВт	tпом, °C	tном, °C	dм, г/кг	z, г/м³	φ, %
10	1	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0036	1,8635	1,0239	0,0	4,0	25,3	16,0	11,3	5,84	51,7
11	2	15	98964	20,4	71	15,1	10,7	1,17	1,0035	1,8633	1,0235	0,0	4,0	24,7	16,0	11,3	5,43	48,1

$$t_{наг} = \frac{3600 \cdot M10}{L \cdot H10 \cdot K10} + D10$$

$$t_{нам} = \text{ЕСЛИ} \left(\left(N10 - \frac{3600 \cdot Nx}{L \cdot H10 \cdot K10} \right) < 16; 16; N10 - \frac{3600 \cdot Nx}{L \cdot H10 \cdot K10} \right)$$

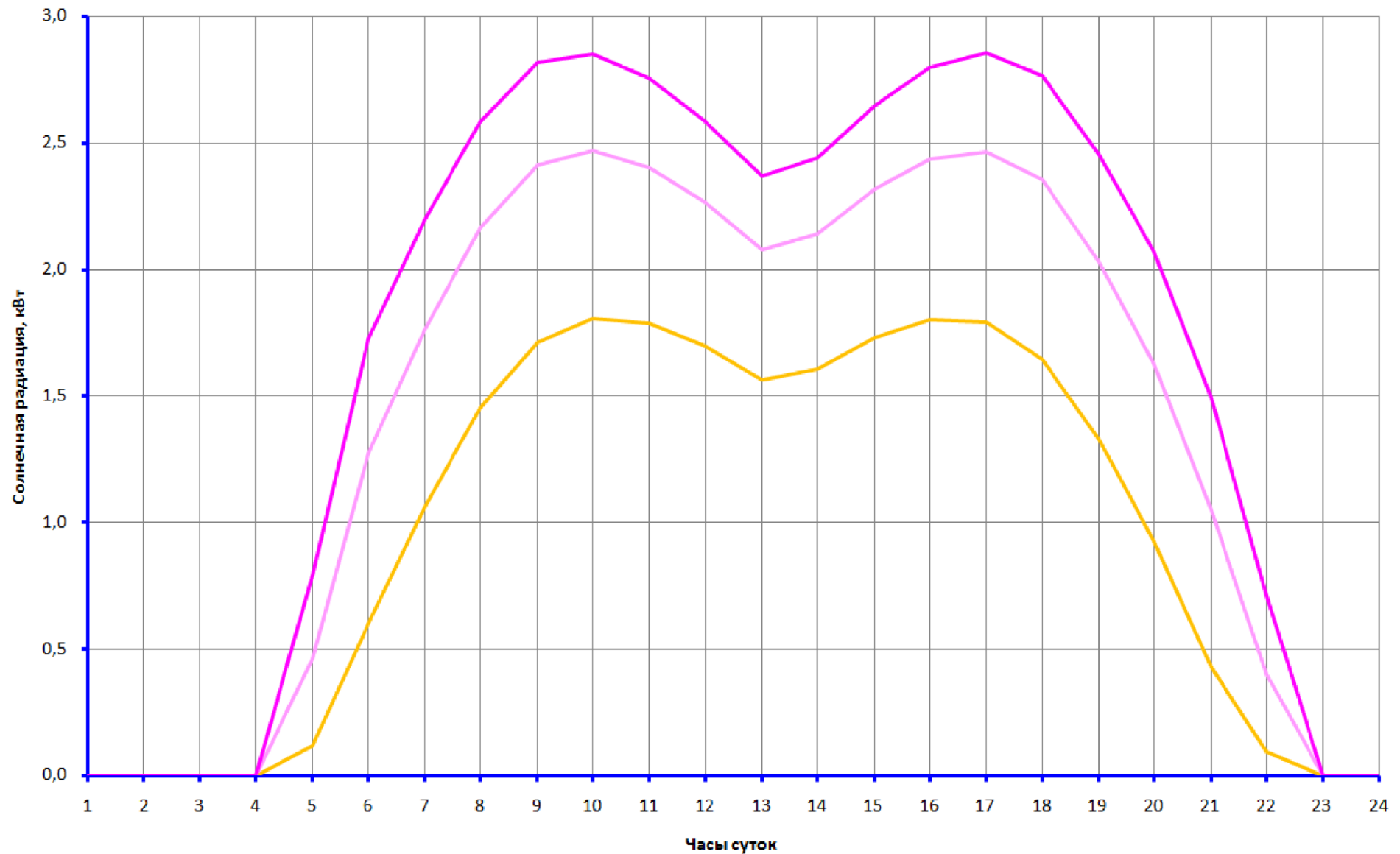
$$d_m = 0.000014(O10+1)^4 - 0.00081(O10+1)^3 + 0.036212(O10+1)^2 - 0.021506(O10+1) + 4$$

$$z = \frac{1}{H10} \cdot \left(\left(\frac{\beta}{L_e} + z_o \cdot H10 - (1+k) \mu_k \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{v^{A10}}} \right) + z_o \cdot e^{-\frac{L}{v^{A10}}} \right); z_o = G10$$

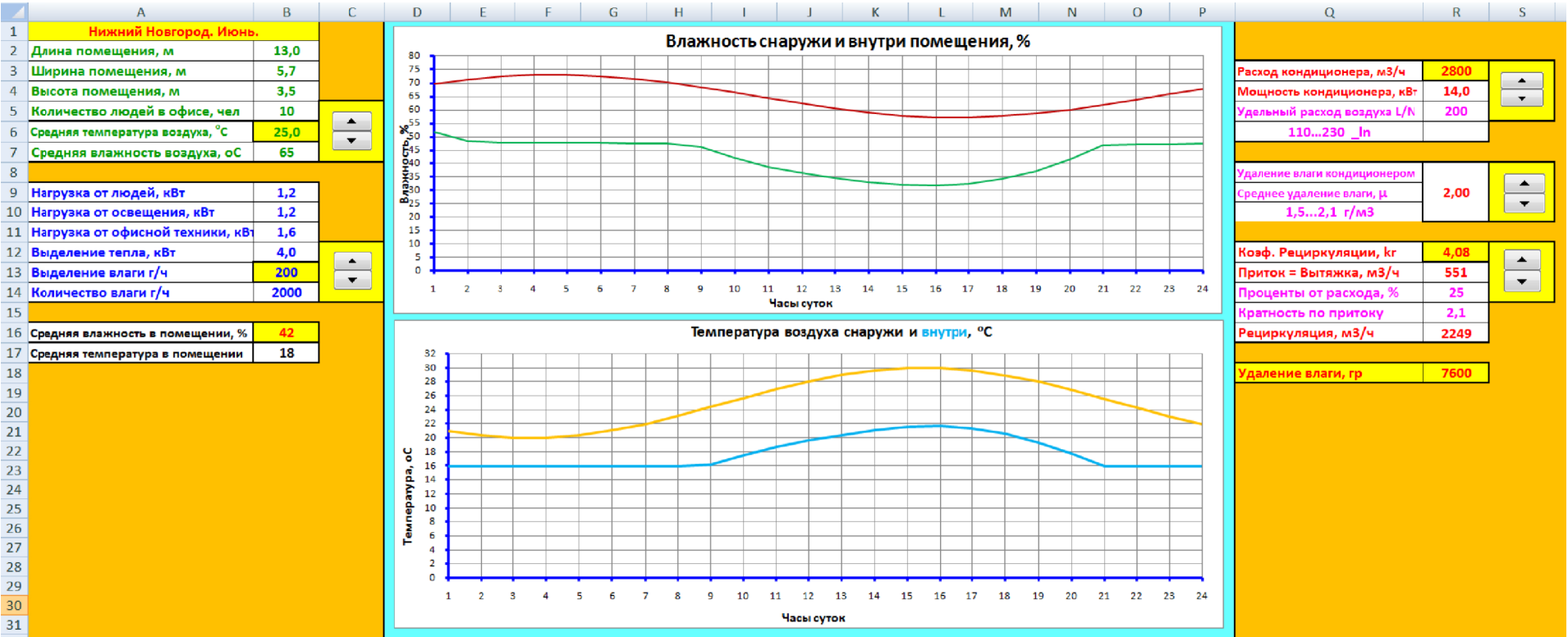
$$\varphi, \% = 100 \cdot \frac{Q10}{P10}$$

Лист "Солнце"

Проникающее тепла солнечной радиации в помещение. Нижний Новгород. 15 июня.



Лист "Управление"



Рециркуляционный кондиционер снижает температуру , средний уровень влажности 45%. Удаление влаги за 10 часов 76 литров.

В Нижнем Новгороде в среднем за год солнце светит около 1800 ч, что составляет 40% возможной продолжительности. Наибольшая продолжительность солнечного сияния наблюдается в июне она составляет 17...18 часов, наименьшая - в декабре. Солнечная радиация учитывается в расчетах СКВ, как часть общих теплопоступлений в помещения. Для проектировщиков необходимо дать короткий, надежный метод определения теплопоступлений от солнечной радиации на помещения. Вычислен почасовой удельный поток радиации при различной прозрачности неба, для Нижнего Новгорода на 15 июня. Затем вычислено отклонение суммарных потоков для различной ориентации зданий см. рисунки 1, 2, 3, оказалось, что отклонение составляет не более 6%. Это объясняется масштабом явлений: гигантское Солнце и микроскопическая Земля. Имеет ли смысл учитывать ориентацию зданий? Думаю, что нет. Поэтому в таблице даны почасовые удельные потоки **поступающей на помещения** радиации, для зданий ориентированных коротким фасадом на север, для Нижнего Новгорода, при различной прозрачности неба. Чтобы вычислить поток радиации **проникающей в помещение**, надо удельный поток умножить на объем помещения, на коэффициент поглощения наружного ограждения и на коэффициент остекления здания. **Не учитывается конвективный теплообмен между внутренним воздухом и ограждениями, см. [3], т.е. предполагается начальная фаза регулярного теплового режима.**

15 июня Нижний Новгород.			
Удельный поток солнечной радиации, кВт/м ² .			
Параметры прозрачности			
Время, ч	Низкая, кВт/м ²	Норм, кВт/м ²	Высокая, кВт/м ²
1			
2			
3			
4	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0036	0,0141	0,0242
6	0,0184	0,0389	0,0528
7	0,0325	0,0539	0,0673
8	0,0445	0,0662	0,0791
9	0,0524	0,0738	0,0862
10	0,0553	0,0755	0,0872
11	0,0547	0,0735	0,0843
12	0,0519	0,0692	0,0791
13	0,0478	0,0636	0,0725
14	0,0492	0,0655	0,0747
15	0,0530	0,0709	0,0810
16	0,0552	0,0745	0,0856
17	0,0548	0,0754	0,0874
18	0,0504	0,0720	0,0846
19	0,0407	0,0621	0,0751
20	0,0283	0,0497	0,0633
21	0,0131	0,0321	0,0457
22	0,0029	0,0123	0,0217
23	0	0	0
24			

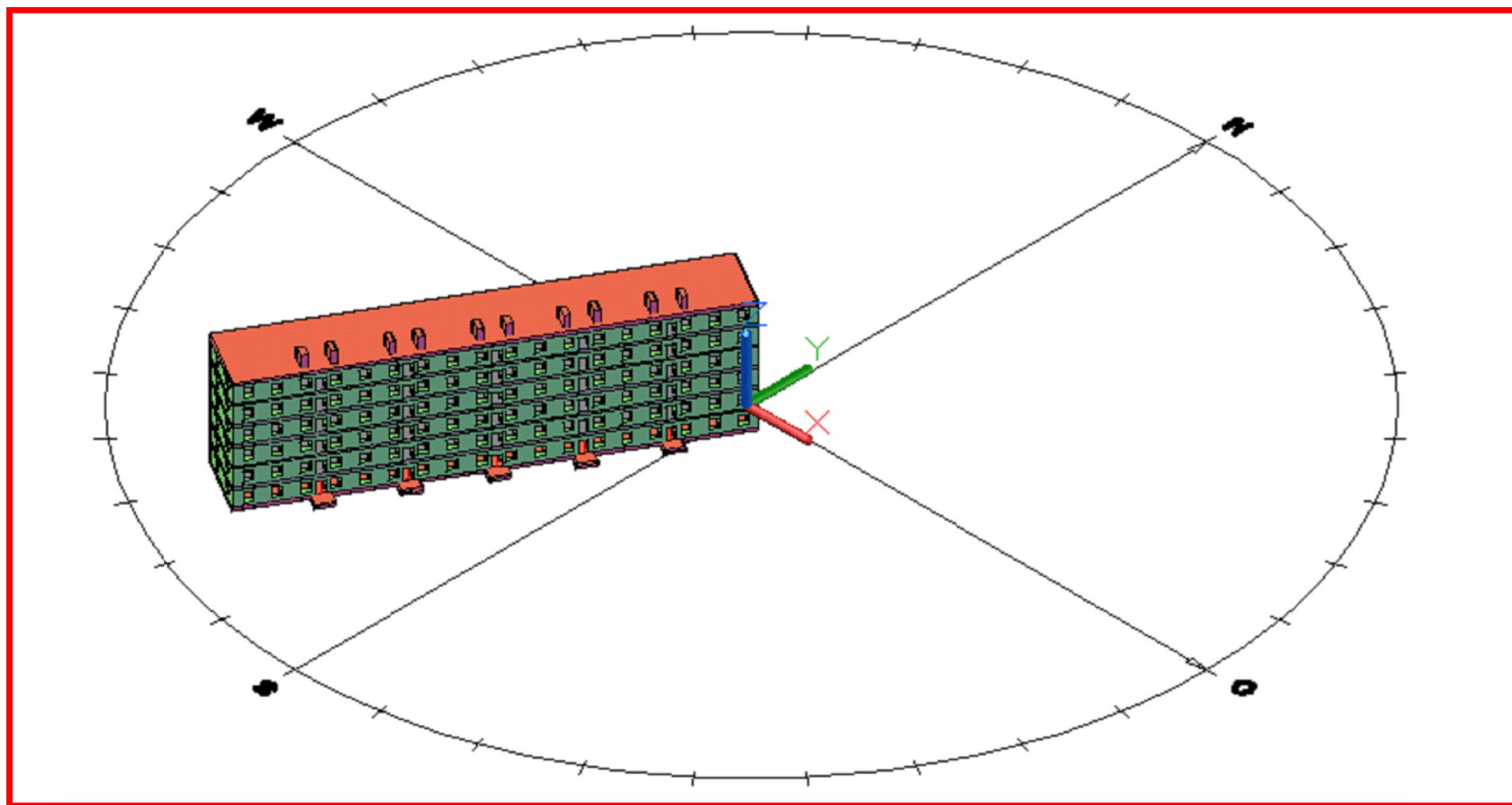


Рисунок 1

Здание ориентировано узким фасадом на север , $\alpha = 0^\circ$. Поток солнечной радиации на все здание за весь день **максимален** .

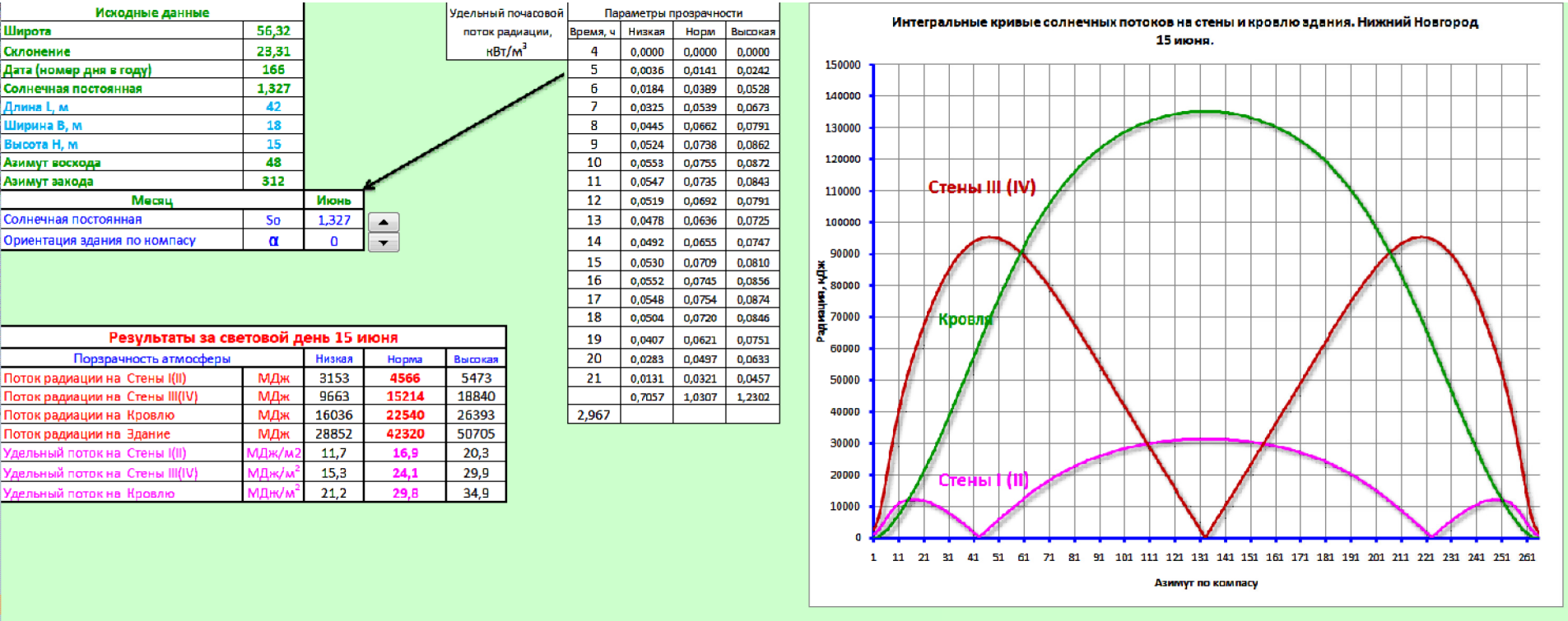


Рисунок 2

Здание ориентировано узким фасадом на восток , $\alpha = 90^\circ$. Поток солнечной радиации на все здание за весь день **минимален** .

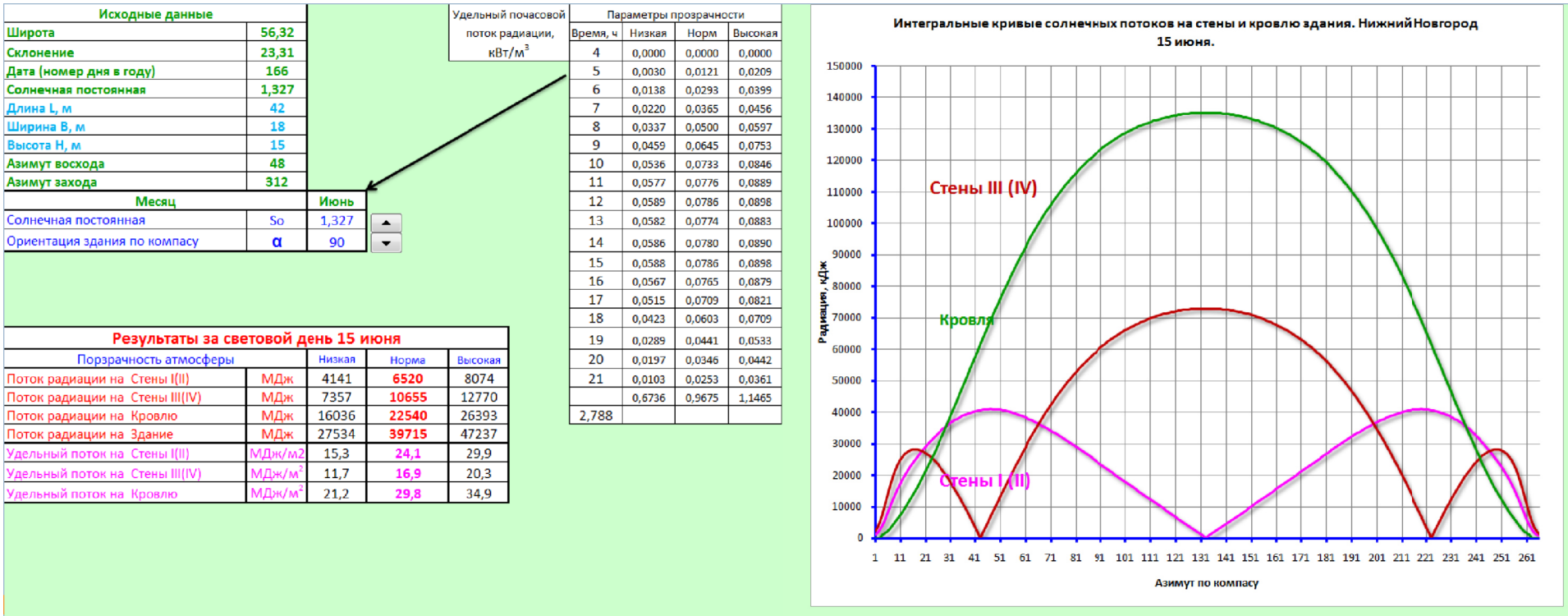


Рисунок 3

9. Нивелирование алгоритма.

Нивелирование - выравнивание, уточнение, шлифование. Ни один алгоритм не отвергается! В алгоритме ценна идея, поставленная задача. Сначала алгоритм имеет грубый вид, но уже дает качественный результат. Со временем алгоритм уточняется, выравнивается и наконец принимает окончательный, удобный вид, в котором устранены все шероховатости и найдены все неизвестные. Можно сравнить эту работу и работу [6], в них один алгоритм. В настоящей работе алгоритм нивелируется: формулировки задач приобретают лаконичный вид, назначаются одинаковые обозначения переменных, еще раз проверяются решения дифференциальных уравнений, уточняются расчетные схемы систем (исключена прямоточная схема, как не эффективная), искомые данные. То есть все происходит не случайно, а намеренно. У меня сложилась именно такая технология создания алгоритмов.

Рядовому инженеру рассчитывать на услуги профессиональных программистов не приходится. "Западные" программы - блеф. Но у нас есть Excel. Excel со временем превратился в мощный электронный процессор, оснащенный сотнями различных функций и возможностями их реализации. Программы написанные в Excel работают ДЕСЯТКИ ЛЕТ независимо от версий (если не использовать макросы). Инженеру не нужно знать языки программирования. Чтобы в алгоритмах избежать переходов и условий, нужно решать отдельные задачи. Объединение алгоритмов по условиям очень сложная проблема, она под силу программистам.

10. Список литературы.

1. Пономарев К.К. Составление дифференциальных уравнений . Вышэйшая школа . Минск. 1973.
2. Андониев И.Ю. Солнечная радиация на кровлю и стены здания . Расчет. Нижний Новгород 2016.
3. Андониев И.Ю. Расчеты поступления теплоты солнечной радиации в помещения . Сравнение методов. Н.Новгород 2019.
4. Андониев И.Ю. Атмосфера. Параметры для технических расчетов . Справочник по климату СССР. Нижний Новгород 2018.
5. Андониев И.Ю. Формулы для расчета любых процессов тепловлажностного состояния воздуха. Н.Новгород 2019.
6. Андониев И.Ю. Аналитическое исследование простых систем кондиционирования и вентиляции. Н.Новгород 2019.
7. Андониев И.Ю. Температуры внутри однородных стен различной толщины в летний период. Диаграммы. Н.Новгород 2019.
8. Андониев И.Ю. Измерение влажности воздуха на выходе из кондиционера . Опыт. Н.Новгород 2020.