

Осушение воздуха в помещении летом, без применения специальной техники.

Инженер Андониев И.Ю.

Нижний Новгород
2020

Содержание

Лист

1. Введение.....	2
2. Тепловалжностный 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 радиации	30
9. Нивелирование алгоритма	34
10. Список литературы	35

1. Введение.

Для создания комфорtnого 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. Границная 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 ($\cos = 0,8$)

сборными шинами длиной 1 м

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

Допустимый ток, А	Количество шин	Сечение медной шины, мм ²	Выделяемое тепло (90 °C), 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

$$N = \frac{L \cdot \rho \cdot c_v \cdot (t_e - t_h)}{3600}; 3600 \cdot N = L \cdot \rho \cdot c_v \cdot (t_e - t_h)$$

$$t_e - t_h = \frac{3600 \cdot N}{L \cdot \rho \cdot c_v}$$

Нагрев воздуха

$$t_e = \frac{3600 \cdot N}{L \cdot \rho \cdot c_v} + t_h$$

Охлаждение воздуха

$$t_{oxl} = t_e - \frac{3600 \cdot N_x}{L \cdot \rho \cdot c_v}$$

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 вредностей 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 вредностей 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 вредностей 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. Границчная 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 (влагосодержание) 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

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

Размерность влагосодержания

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

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

Лист "Атмосфера"

		Универсальная таблица "Атмосфера" параметров воздуха. Нижний Новгород.																																						
		Температура воздуха, 3 сценария									Атмосферное давление, 3 сценария									Влажный воздух три сценария			Плотность сухого воздуха			Плотность сухого воздуха			Плотность водяного пара			Плотность влажного воздуха			Энталпия влажного воздуха					
Б	Даты	Сценарий	Норма	западный	центральный	восточный	770	781	781	783	Влажность	Парц. нормальный	Парц. холодный	Парц. теплый	норма	западный	центральный	восточный	норма	западный	центральный	восточный	норма	западный	центральный	восточный	норма	западный	центральный	восточный										
7	№	Месяц	Число	День	Лето	Осень	Год	Лето	Осень	Год	Р.н.	Па	Р.н.	Па	Р.н.	Па	Р.н.	Па	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	Е(%, %)	И.к. циклон	И.к. антициклон	И.к. циклон	И.к. антициклон	И.к. циклон	И.к. антициклон	И.к. циклон	И.к. антициклон	И.к. циклон	И.к. антициклон
160	151	Июнь	1	4,9	13,4	21,3	11	101939	99954	100012	100064	65	15	873,0	527,1	3,26	1547,9	884,8	5,80	1531,4	1533,0	8,51	1,13	1,13	1,13	1,0298	1,0031	1,0036	1,8604	1,8619	1,8635	1,0090	1,0140	1,0213	13,09	28,05	45,55			
161	155	Июнь	2	10,4	14,8	20,7	11	100583	98662	98691	98729	65	15	1282,5	774,4	4,80	1299,2	1023,8	8,50	1245,0	1448,4	9,18	1,11	1,19	1,17	1,0251	1,0031	1,0035	1,8613	1,8622	1,8634	1,0120	1,0151	1,0206	22,52	30,95	44,06			
162	154	Июнь	3	3,5	8,4	19,3	11	100401	98436	98470	98541	65	15	778,8	470,2	2,90	1121,4	877,7	4,19	1214,9	1343,4	8,37	1,14	1,22	1,17	1,0229	1,0030	1,0035	1,8601	1,8609	1,8631	1,0083	1,0108	1,0191	10,79	18,96	40,56			
163	155	Июнь	4	13,1	13,1	21,0	11	101743	99818	99818	99870	65	15	1522,6	619,3	5,70	1521,8	619,4	5,70	2476,1	1448,1	9,33	1,11	1,11	1,18	1,0382	1,0031	1,0036	1,8618	1,8635	1,8654	1,0138	1,0139	27,54	44,79					
164	156	Июнь	5	14,0	12,4	21,6	11	100333	98443	98430	98489	65	15	1610,4	271,4	6,04	1455,6	874,4	5,15	1563,5	1544,0	9,67	1,19	1,20	1,16	1,0382	1,0031	1,0036	1,8620	1,8637	1,8656	1,0145	1,0133	1,0216	29,29	26,20	46,26			
165	157	Июнь	6	13,6	7,3	21,6	11	101356	99492	99400	99494	65	15	1570,9	946,5	5,89	1044,8	650,7	5,50	1569,8	1371,8	9,09	1,11	1,23	1,18	1,0352	1,0030	1,0035	1,8619	1,8638	1,8666	1,0142	1,0109	1,0216	28,51	17,17	46,33			
166	158	Июнь	7	11,3	9,6	19,0	11	101920	99980	99968	100030	65	15	1559,0	80,5	5,09	2117,8	754,1	4,55	2189,4	1321,9	8,14	1,12	1,22	1,19	1,0351	1,0031	1,0035	1,8615	1,8630	1,8650	1,0126	1,0115	1,0188	24,16	21,06	39,95			
167	159	Июнь	8	16,6	16,1	18,7	11	101190	99299	99296	99312	65	15	1890,6	1141,5	7,10	1897,1	1109,2	6,90	2154,3	1390,7	8,10	1,19	1,20	1,19	1,0384	1,0031	1,0036	1,8625	1,8634	1,8650	1,0166	1,0162	1,0185	34,62	33,63	39,34			
168	160	Июнь	9	14,8	14,0	18,5	11	101853	99937	99932	99961	65	15	1602,3	202,8	6,35	1600,2	97,6	6,08	1123,8	1111,2	7,98	1,11	1,11	1,19	1,0383	1,0031	1,0034	1,8621	1,8629	1,8651	1,0151	1,0145	1,0183	20,89	29,27	38,80			
169	161	Июнь	10	14,2	15,2	19,1	11	99867	97985	97991	98016	65	15	1650,6	984,5	6,11	1737,0	1048,7	6,52	2201,1	1319,0	8,18	1,19	1,18	1,17	1,0355	1,0031	1,0035	1,8620	1,8622	1,8650	1,0146	1,0189	29,69	51,75	40,15				
170	161	Июнь	11	15,3	10,0	23,1	11	101538	99632	99596	99681	65	15	1747,4	1003,9	6,55	1251,3	750,2	4,08	1291,3	1091,3	10,58	1,10	1,13	1,17	1,0355	1,0031	1,0037	1,8622	1,8624	1,8659	1,0155	1,0118	1,0234	31,91	21,86	50,05			
171	163	Июнь	12	16,1	10,2	17,7	11	100455	98574	98536	98585	65	15	1889,5	1107,0	6,68	1268,5	766,5	4,79	2017,7	1124,3	7,62	1,19	1,21	1,18	1,0389	1,0031	1,0034	1,8624	1,8631	1,8652	1,0162	1,0119	23,24	37,10					
172	164	Июнь	13	17,3	12,3	16,4	11	101853	99954	99921	99948	65	15	1975,5	1104,6	7,41	1447,4	873,0	5,42	1864,1	1126,8	7,01	1,10	1,12	1,20	1,0384	1,0031	1,0038	1,8627	1,8637	1,8661	1,0171	1,0133	1,0216	36,13	26,01	34,17			
173	165	Июнь	14	15,2	7,5	20,8	11	101956	99889	99889	100077	65	15	1754,6	3047,3	6,51	1058,8	651,1	3,95	2438,7	1471,4	9,19	1,11	1,14	1,19	1,0355	1,0031	1,0036	1,8622	1,8634	1,8654	1,0154	1,0109	1,0207	31,70	17,45	44,17			
174	166	Июнь	15	15,8	8,2	16,9	11	100723	98834	98785	98842	65	15	1777,9	1075,5	6,67	1103,9	609,5	4,14	1818,0	1114,1	7,14	1,19	1,22	1,19	1,0355	1,0030	1,0034	1,8623	1,8628	1,8659	1,0157	1,0107	1,0169	32,52	18,65	35,31			
175	167	Июнь	16	22,6	8,0	19,5	11	101758	99894	99797	99874	65	15	2723,5	1044,2	10,28	1095,3	661,0	4,10	2213,3	1359,3	8,47	1,18	1,24	1,19	1,0356	1,0030	1,0035	1,8628	1,8630	1,8650	1,0146	1,0189	29,61	48,81	41,01				
176	168	Июнь	17	14,6	17,1	22,2	11	99722	97845	97861	97893	65	15	1671,5	1002,2	6,27	1044,9	1174,9	7,31	1641,4	1660,9	10,04	1,18	1,17	1,15	1,0388	1,0031	1,0034	1,8621	1,8626	1,8637	1,0149	1,0170	1,0213	30,49	35,63	47,81			
177	169	Июнь	18	19,4	12,4	21,6	11	101580	99899	99854	99713	65	15	2248,3	1384,8	8,44	1481,8	881,5	5,47	1557,1	1544,1	8,64	1,19	1,22	1,18	1,0388	1,0031	1,0038	1,8631	1,8637	1,8656	1,0193	1,0134	1,0215	40,87	26,30	46,13			
178	170	Июнь	19	24,7	9,6	18,1	11	101382	99538	99441	99496	65	15	2528,7	1207,5	11,69	1219,1	750,2	4,20	2098,4	1247,7	7,77	1,18	1,23	1,19	1,0357	1,0031	1,0036	1,8643	1,8652	1,8662	1,0255	1,0116	1,0179	54,54	37,79				
179	171	Июнь	20	22,0	9,3	18,8	11	101934	99180	99097	99159	65	15	2654,6	1095,8	9,91	1193,0	720,5	4,46	2153,1	1393,1	8,12	1,17	1,22	1,18	1,0356	1,0031	1,0035	1,8637	1,8651	1,8661	1,0221	1,0114	1,0186	47,25	20,55	39,41			
180	171	Июнь	21	12,8	11,2	21,9	11	100648	98742	98731	98800	65	15	1484,2	903,2	5,60	1349,0	814,5	5,05	2161,9	1379,3	9,87	1,10	1,21	1,17	1,0382	1,0031	1,0036	1,8618	1,8637	1,8654	1,0136	1,0125	1,0220	26,97	23,95	41,08			
181	173	Июнь	22	16,3	7,4	24,0	11	101336	99440	99381	99488	65	15	1856,1	1120,7	6,97	1051,8	634,1	3,98	1914,0	1718,8	11,16	1,10	1,13	1,17	1,0388	1,0030	1,0037	1,8625	1,8630	1,8651	1,0163	1,0105	1,0245	33,99	17,35	52,45			
182	174	Июнь	23	17,0	14,0	16,9	11	100501	98625	98605	98624	65	15	187,6	1169,9	7,28	1603,5	963,4	6,02	1914,9	1161,2	7,23	1,18	1,20	1,18	1,0354	1,0031	1,0034	1,8626	1,8626	1,8659	1,0169	1,0144	1,0168	35,48	29,20	35,25			
183	175	Июнь	24	12,9	13,8	20,1	11	101355	99436	99442	99483	65	15	1205,6	807,9	5,63	1599,7	960,4	5,96	1547,1	1417,1	8,84	1,11	1,11	1,18	1,0352	1,0031	1,0035	1,8618	1,8619	1,8633	1,0137	1,0143	1,0200	27,16	28,90	42,64			
184	176	Июнь	25	18,0	13,5	18,8	11	101075	99195	99166	99200	65	15	2098,9	1249,7	9,84	1561,9	936,8	5,98	2119,1	1399,8	8,12	1,11	1,18	1,18	1,0394	1,0031	1,0035												

Лист "Исход"

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(o)	8	_af(o)	60	aa																							
4	25	_tcp	65	_fisr	98996	аср																							
5	Границная 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 _{нн} , г/кг	d _{нп} , г/кг	ρ _{нннн} , кг/м ³	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	N _{сол} , кВт	N _{наг} , кВт	tпом, °C	ρ _{пом} , кг/м ³	d _{нн} , г/кг	d _{нп} , 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																			44										

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

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

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

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

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

	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	_Di	62	_Da	360	_T													
3	5	_at (σ)	8	_afi (σ)	60	_aa															
4	25	_tcp	65	fisr	98996	_ascp															
5	Границчная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																				
6																					
7	Наружный 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, %	dнар, г/кг	dн, г/кг	ρном, кг/м³	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	Nсол, кВт	Nнаг, кВт	tпом, °C	ρпом, кг/м³	dн, г/кг	dнар, 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

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

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

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

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

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

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

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

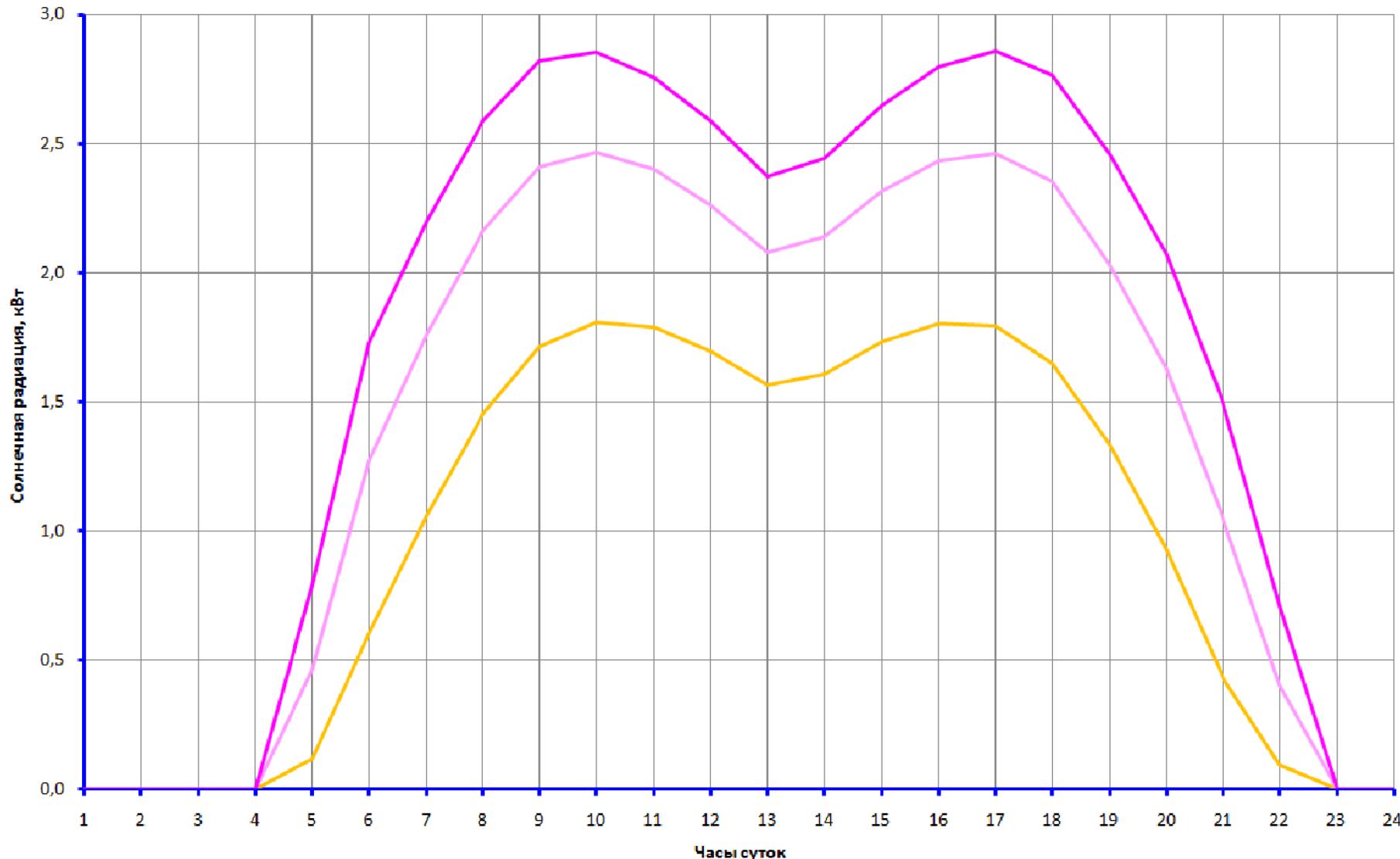
$$N_{наг} = N_n + L10$$

$$N_{сол} = Исход!O6$$

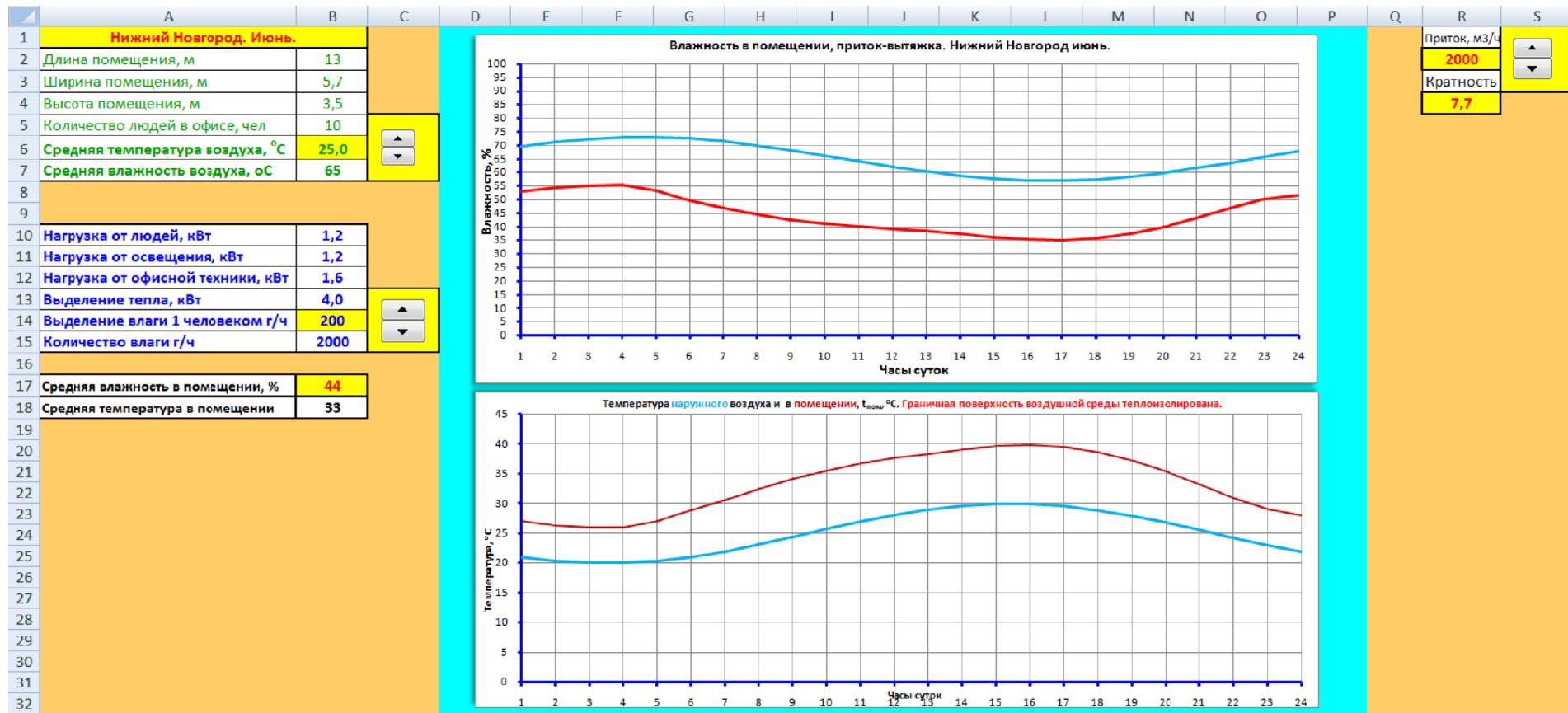
$$c_p = f(t_{нап}); \text{ см. [5]}$$

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 ($\mu = \mu_p - \mu_k$ - содержание влаги в притоке и удаляемая кондиционером); $z_o, \text{ г/м}^3$ - начальная влага в помещении; $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ - расход воздуха через кондиционер и вытяжку; $z, \text{ г/м}^3$ - 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 $Lzdt$.

Прямоточный кондиционер и вытяжная вентиляция

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Окончательное уравнение

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

Размерность влагосодержания

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

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

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. Границчная 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

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

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

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

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

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

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

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

Лист "Атмосфера"

				Универсальная таблица "Атмосфера" параметров воздуха. Нижний Новгород.																																
				Температура воздуха, 3 сценария					Атмосферное давление, 3 сценария					Влажный воздух три сценария					Плотность сухого воздуха			Теплоемкость сухого воздуха			Теплоемкость водяного пара			Теплоемкость влажного воздуха								
Б	Даты	Сценарий	Норма	Холодный	Теплый	Средний	770	781	781	783	Влажность	Парц. нормальный	Парц. холодный	Парц. теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый							
7	№	Месяц	Число	День	Люпин	Тепл	А°С	Рнр. Па	Рнр. Па	Рнр. Па	Рнр. Па	±%	Δ%	%	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг	E(л), л/кг										
160	151	Июнь	1	4,9	13,4	21,3	11	101939	99954	100012	100064	65	15	873,0	527,1	3,26	1547,9	884,8	5,80	1511,4	1513,0	8,51	1,13	1,13	1,13	1,0298	1,0031	1,0036	1,8604	1,8619	1,0090	1,0140	1,0213	13,09	28,05	45,55
161	155	Июнь	2	10,4	14,8	20,7	11	100583	98662	98691	98729	65	15	1282,5	774,4	4,80	1299,2	1023,8	8,50	1451,0	1448,4	9,18	1,11	1,19	1,17	1,0251	1,0035	1,0035	1,8613	1,8622	1,0120	1,0151	1,0206	22,52	30,95	44,06
162	154	Июнь	3	3,5	8,4	19,3	11	100401	98436	98470	98541	65	15	778,8	470,2	2,90	1112,4	877,7	4,19	1214,9	1343,4	8,37	1,14	1,22	1,17	1,0229	1,0035	1,0035	1,8601	1,8631	1,0083	1,0108	1,0191	10,79	18,96	40,56
163	155	Июнь	4	13,1	13,1	21,0	11	101743	99818	99818	99870	65	15	1522,6	919,3	5,70	1521,8	919,4	5,70	2476,1	1445,1	9,33	1,11	1,11	1,18	1,0032	1,0031	1,0032	1,8618	1,8635	1,0138	1,0138	1,0209	27,54	44,79	
164	156	Июнь	5	14,0	12,4	21,6	11	100333	98443	98430	98489	65	15	1610,4	971,4	6,04	1455,6	874,4	5,15	1565,1	1544,0	9,67	1,19	1,20	1,16	1,0032	1,0031	1,0036	1,8620	1,8637	1,0145	1,0133	1,0216	29,29	26,20	46,26
165	157	Июнь	6	13,6	7,3	21,6	11	101356	99492	99400	99494	65	15	1570,9	946,5	5,89	1044,8	650,7	5,50	1569,8	1371,8	9,09	1,11	1,23	1,18	1,0032	1,0035	1,0035	1,8619	1,8636	1,0142	1,0109	1,0216	28,51	17,17	46,33
166	158	Июнь	7	11,3	9,6	19,0	11	101920	99980	99968	100030	65	15	1559,0	920,5	5,09	2117,8	754,1	4,55	2189,4	1319,8	8,14	1,12	1,22	1,19	1,0031	1,0035	1,0035	1,8615	1,8630	1,0126	1,0115	1,0188	24,16	21,06	39,95
167	159	Июнь	8	16,6	16,1	18,7	11	101190	99299	99296	99312	65	15	1890,6	1141,5	7,10	1897,1	1109,2	6,90	2154,3	1360,7	8,10	1,19	1,20	1,19	1,0034	1,0035	1,0035	1,8625	1,8634	1,0166	1,0162	1,0185	34,62	33,63	39,34
168	160	Июнь	9	14,8	14,0	18,5	11	101853	99937	99932	99961	65	15	1602,3	1021,8	6,35	1600,2	971,8	6,08	1123,8	1111,2	7,98	1,11	1,11	1,19	1,0033	1,0034	1,0034	1,8621	1,8629	1,0151	1,0145	1,0183	20,89	29,27	38,80
169	161	Июнь	10	14,2	15,2	19,1	11	99867	97985	97991	98016	65	15	1650,6	984,5	6,11	1737,0	1048,7	6,52	2201,1	1319,0	8,18	1,19	1,18	1,17	1,0035	1,0035	1,0035	1,8620	1,8632	1,0146	1,0189	1,0269	51,75	40,15	
170	161	Июнь	11	15,3	10,0	23,1	11	101538	99632	99596	99681	65	15	1747,4	1003,9	6,55	1251,3	750,2	4,08	1591,3	1091,3	10,58	1,10	1,13	1,17	1,0035	1,0037	1,0037	1,8622	1,8639	1,0155	1,0118	1,0234	31,91	21,86	50,05
171	163	Июнь	12	16,1	10,2	17,7	11	100455	98574	98536	98585	65	15	1889,5	1107,0	6,68	1268,9	766,5	4,79	2017,7	1134,3	7,62	1,19	1,21	1,18	1,0039	1,0034	1,0034	1,8624	1,8633	1,0162	1,0119	1,0176	33,56	22,24	37,10
172	164	Июнь	13	17,3	12,3	16,4	11	101853	99954	99921	99948	65	15	1975,5	1101,6	7,41	1447,4	873,0	5,42	1864,1	1126,8	7,01	1,10	1,12	1,20	1,0034	1,0033	1,0037	1,8627	1,8637	1,0171	1,0133	1,0164	36,13	26,01	34,17
173	165	Июнь	14	15,2	7,5	20,8	11	101956	99889	99889	100077	65	15	1754,6	1047,3	6,51	1058,8	651,1	3,95	2438,7	1471,4	9,19	1,11	1,14	1,19	1,0033	1,0035	1,0035	1,8622	1,8634	1,0154	1,0109	1,0207	31,70	17,45	44,17
174	166	Июнь	15	15,8	8,2	16,9	11	100723	98834	98785	98842	65	15	1777,9	1075,5	6,67	1103,9	669,5	4,14	1818,0	1114,1	7,14	1,19	1,22	1,19	1,0035	1,0034	1,0034	1,8623	1,8628	1,0157	1,0107	1,0169	32,52	18,65	35,31
175	167	Июнь	16	22,6	8,0	19,5	11	101758	99894	99797	99874	65	15	2723,5	1644,2	10,28	1095,3	661,0	4,10	2213,3	1359,3	8,47	1,18	1,24	1,19	1,0026	1,0035	1,0035	1,8626	1,8630	1,0146	1,0189	1,0268	48,81	37,41	
176	168	Июнь	17	14,6	17,1	22,2	11	99722	97845	97861	97893	65	15	1671,5	1002,2	6,27	1045,9	1174,9	7,31	2641,4	1660,9	10,04	1,18	1,17	1,15	1,0038	1,0034	1,0036	1,8621	1,8635	1,0149	1,0170	1,0213	30,49	35,63	47,81
177	169	Июнь	18	19,4	12,4	21,6	11	101580	99899	99854	99713	65	15	2248,3	1384,8	8,44	1481,8	881,5	5,47	2557,1	1544,1	8,64	1,19	1,22	1,18	1,0038	1,0031	1,0038	1,8631	1,8636	1,0193	1,0134	1,0215	40,87	26,30	46,13
178	170	Июнь	19	24,7	9,6	18,1	11	101382	99538	99441	99496	65	15	2528,7	1207,5	11,69	1219,1	750,2	4,20	2098,4	1247,7	7,77	1,18	1,23	1,19	1,0037	1,0031	1,0026	1,8643	1,8652	1,0255	1,0116	1,0179	54,54	37,79	
179	171	Июнь	20	22,0	9,3	18,8	11	101934	99180	99097	99159	65	15	2654,6	1395,8	9,91	1193,0	720,5	4,46	2153,1	1393,1	8,12	1,17	1,22	1,18	1,0036	1,0035	1,0037	1,8637	1,8651	1,0221	1,0114	1,0186	47,25	20,55	39,41
180	171	Июнь	21	12,8	11,2	21,9	11	100648	98742	98731	98800	65	15	1484,2	903,2	5,60	1349,0	814,5	5,05	2151,9	1379,3	9,87	1,10	1,21	1,17	1,0032	1,0036	1,0036	1,8618	1,8637	1,0136	1,0125	1,0220	26,97	23,95	41,08
181	173	Июнь	22	16,3	7,4	24,0	11	101336	99440	99381	99488	65	15	1856,1	1120,7	6,97	1051,3	683,4	3,98	1914,0	1718,8	11,16	1,10	1,13	1,17	1,0038	1,0030	1,0037	1,8625	1,8630	1,0163	1,0105	1,0245	33,99	17,35	52,45
182	174	Июнь	23	17,0	14,0	16,9	11	100501	98625	98605	98624	65	15	187,6	1169,9	7,28	1605,5	963,4	6,02	1914,9	1161,2	7,23	1,18	1,20	1,18	1,0034	1,0034	1,0034	1,8626	1,8626	1,0169	1,0144	1,0168	35,48	29,20	35,25
183	175	Июнь	24	12,9	13,8	20,1	11	101355	99436	99442	99483	65	15	1205,6	807,9	5,63	1599,7	960,4	5,96	2547,1	1417,1	8,84	1,11	1,11	1,18	1,0026	1,0031	1,0035	1,8618	1,8619	1,0137	1,0143	1,0200	27,16	28,90	42,64
184	176	Июнь	25	18,0	13,5	18,8	11	101075	99195	99166	99200	65	15	2098,9	1249,7	9,84	1591,9	936,7	3,98	2159,1	1399,8	8,12	1,11	1,18	1,18	1,0034	1,0039	1,0039	1,8628	1,8619	1,0178	1,0141	1,0186	37,68	39,42	
185	177	Июнь	26	15,4	11,5	21,6	11	100692	98801	98777	98842	6																								

Лист "Исход"

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Атмосфера стандартная ГОСТ 44081													
2	Константы													
3	Температура Кельвина при 0°C	273,15												
4	Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,97												
5	Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016												
6	Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К)	8314,3												
7	Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг·°С)	287,053												
8	Ускорение свободного падения, м/с²	9,8067												
9	Коэффициент Сатерленда, S, K	110,4												
10	Коэффициент Сатерленда, кг·с⁻¹·м⁻¹·К⁻⁰⁵	0,000001458												
11	Давление на уровне моря стандартное, Па	101325												
12	Температура воздуха стандартная, °С	20												
13	Переменные													
14	Высота расположения объекта hob, м	160												
15														
16	Нижний Новгород 15 июня													
17	Узкая сторона здания обращена на север $\alpha=0^\circ$													
18	Длина помещения, м	13												
19	Ширина помещения, м	5,7												
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												
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												
29	Выделение влаги г/ч	340												
30	Количество влаги г/ч	3400												

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
1				0,0	0,0
2				0,0	0,0
3				0,0	0,0
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0	0,0
5	0,0036	0,0141	0,0242	0,1	0,5
6	0,0184	0,0389	0,0528	0,6	1,3
7	0,0325	0,0539	0,0673	1,1	1,8
8	0,0445	0,0662	0,0791	1,5	2,2
9	0,0524	0,0738	0,0862	1,7	2,4
10	0,0553	0,0755	0,0872	1,8	2,5
11	0,0547	0,0735	0,0843	1,8	2,4
12	0,0519	0,0692	0,0791	1,7	2,3
13	0,0478	0,0636	0,0725	1,6	2,1
14	0,0492	0,0655	0,0747	1,6	2,1
15	0,0530	0,0709	0,0810	1,7	2,3
16	0,0552	0,0745	0,0856	1,8	2,4
17	0,0548	0,0754	0,0874	1,8	2,5
18	0,0504	0,0720	0,0846	1,6	2,4
19	0,0407	0,0621	0,0751	1,3	2,0
20	0,0283	0,0497	0,0633	0,9	1,6
21	0,0131	0,0321	0,0457	0,4	1,0
22	0,0029	0,0123	0,0217	0,1	0,4
23	0	0	0	0,0	0,0
24				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	_af(σ)	60	_aa												
4	_tcp	65	fisr	98996	_acp												
5	Границчная 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 _{пп} , г/кг	d _{нр} , г/кг	ρ _{均匀} , кг/м ³	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	Норм, кВт	N, кВт	t _{нагр} , °C	t _{ном} , °C	d _{пп} , г/кг	z, г/кг	φ, %
10	0	98952	21,0	70	15,7	10,9	1,17	1,0035	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

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

$$d_{mn} = 0.000014(D10+1)^4 - 0.00081(D10+1)^3 + 0.036212(D10+1)^2 - 0.021506(D10+1) + 4$$

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

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

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

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

$$c_p = f(t_{hap}); \text{ CM.}[5]$$

$$N_{col} = Исход!N6$$

$$N_{nqe} = N_n + L10$$

Граничная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.

Наружный воздух												Внутренний воздух										
Земля		Давление, температура, влажность					Сухой		Пар		Влажный		Солнце		Нагрев		Охлаждение		Насыщение		ДифУр	
угол пов	давл, Па	tнар, °C	φ, %	d _{пп} , г/кг	d _п , г/кг	ρ _{внорм} , кг/м ³	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	норм, кВт	N, кВт	t _{нагр} , °C	t _{ном} , °C	d _{пп} , г/кг	z, г/кг	φ, %						
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						
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						

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

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

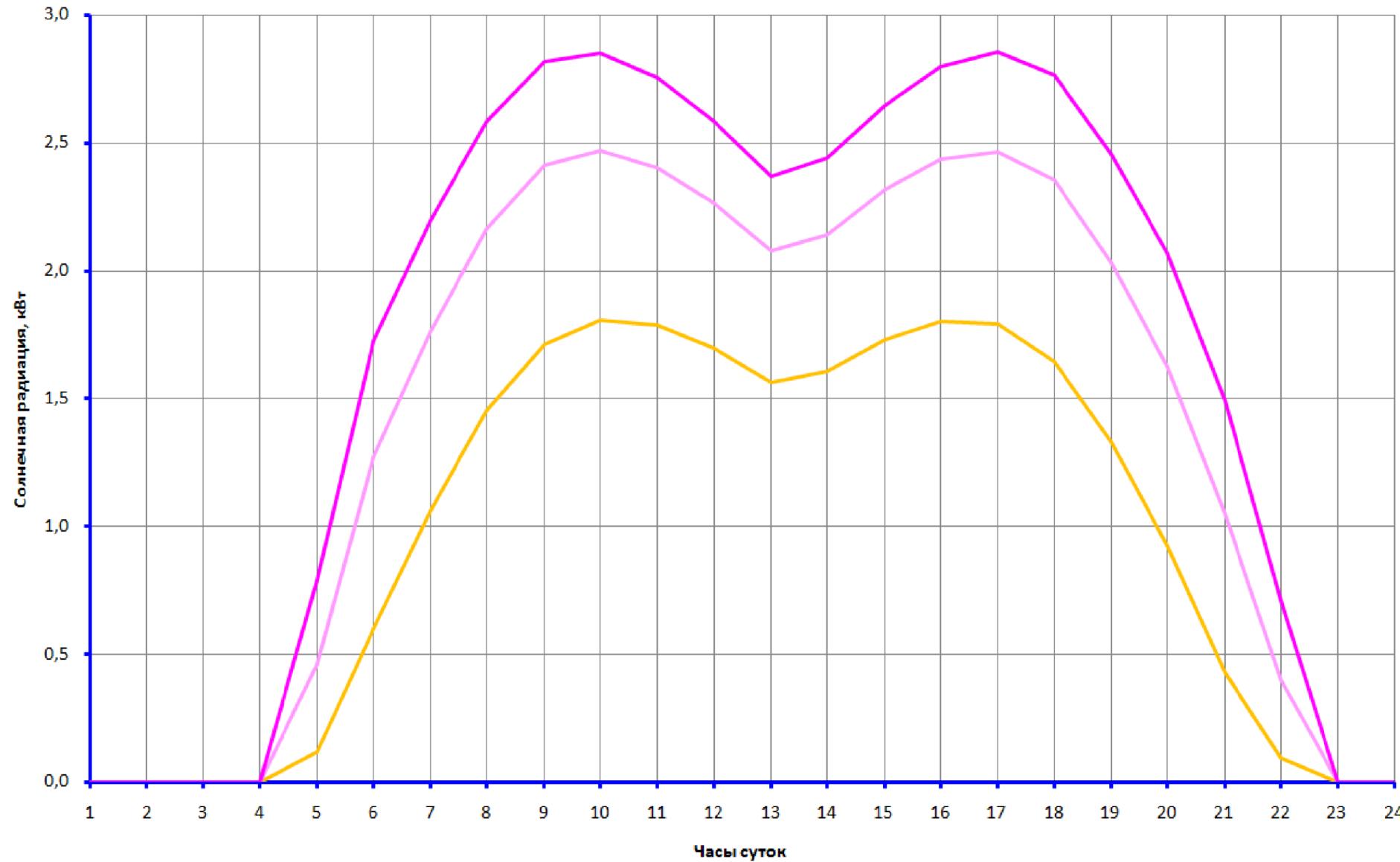
$$d_{mn} = 0.000014(O10+1)^4 - 0.00081(O10+1)^3 + 0.036212(O10+1)^2 - 0.021506(O10+1) + 4$$

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

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

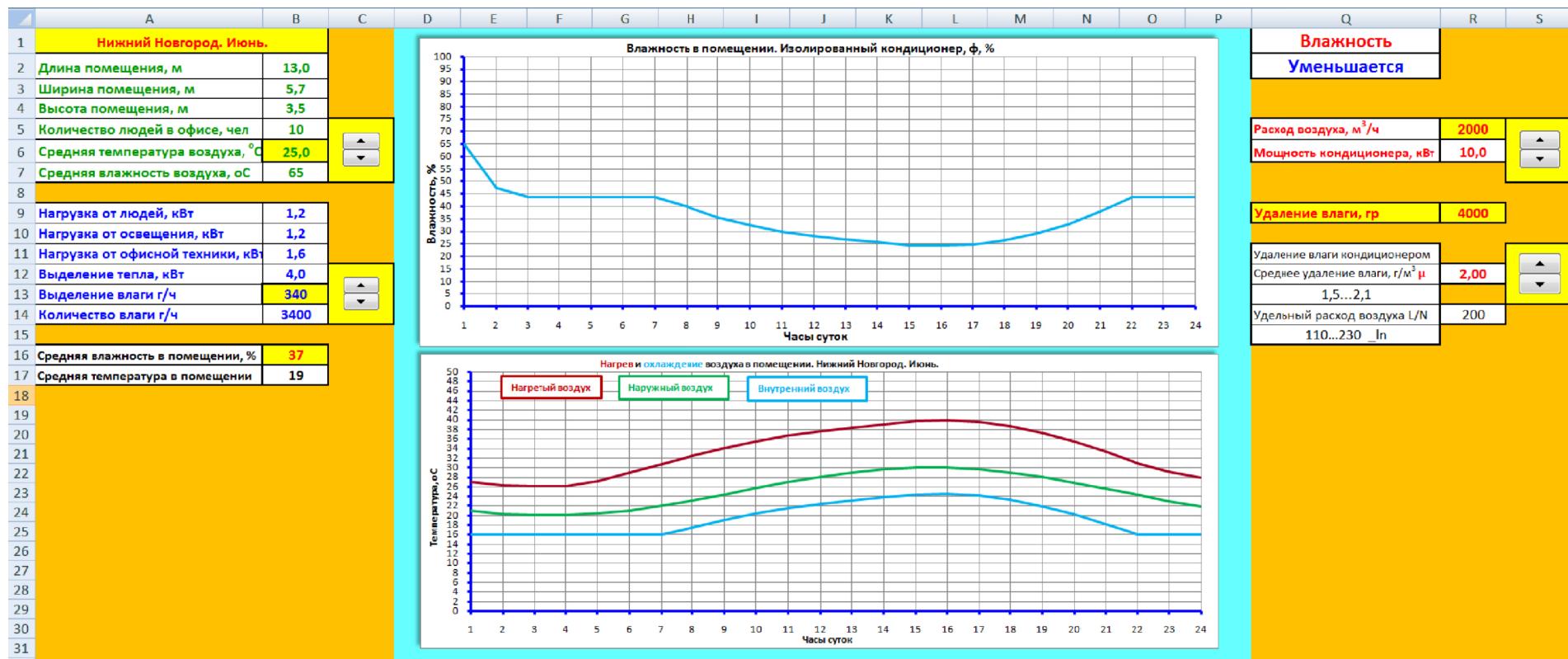
Лист "Солнце"

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



Лист "Управление"

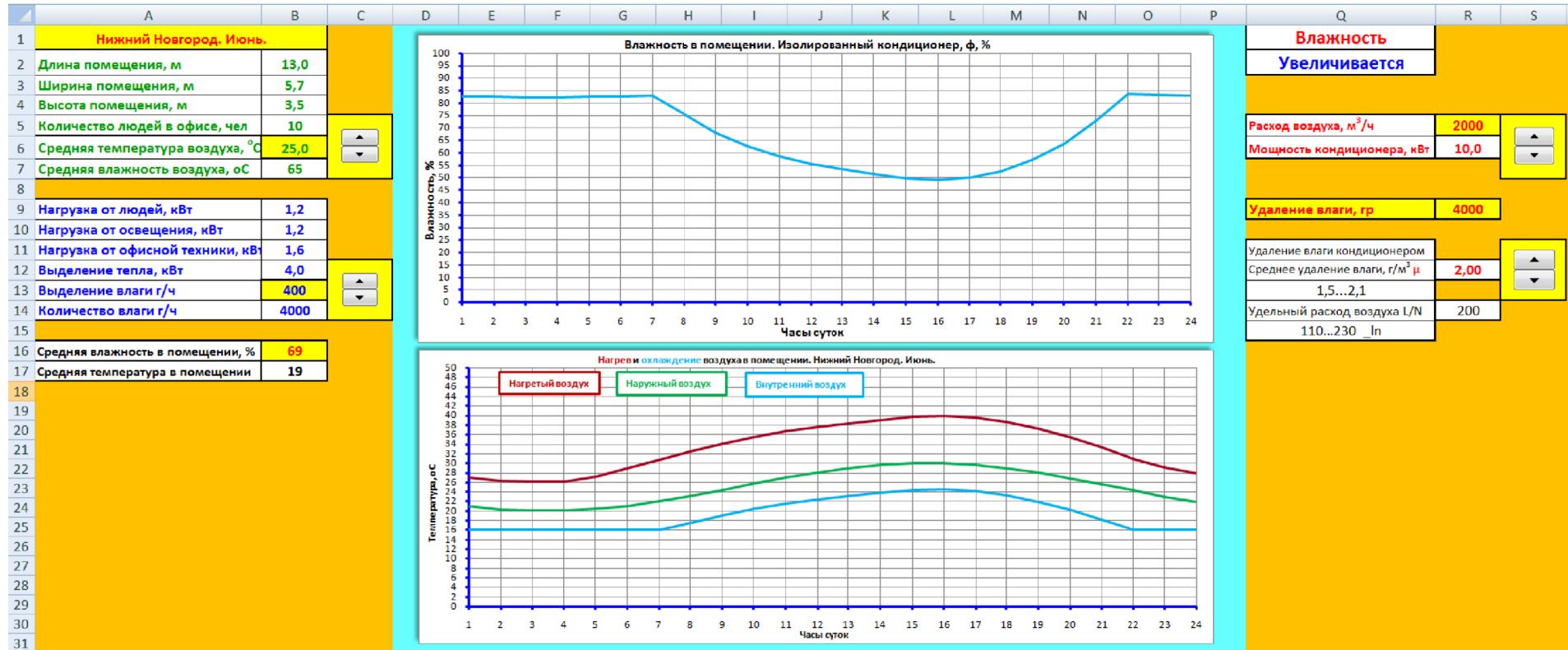
Влажность: Уменьшается



"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. Границная поверхность воздушной среды теплоизолирована (начальная фаза регулярного теплового режима).

$V, \text{м}^3$ - объем помещения;

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

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

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

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

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

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

$z_0, \text{г/м}^3$ - 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 $L_b\mu_h dt$ $L_p=L_b$; влага удаляемая кондиционером $L_k\mu_k dt$; влага удаляемая вытяжкой $L_b z dt$.

Рециркуляционный кондиционер и вытяжная вентиляция

$$V \cdot dz = \beta \cdot dt + L_b \cdot \mu_h \cdot dt - L_k \cdot \mu_k \cdot dt - L_b \cdot z \cdot dt;$$

$$V \cdot dz = dt (\beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z); dt = \frac{V \cdot dz}{\beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z};$$

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

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

$$\text{Начальное условие } t = 0 \quad z = z_0; A = -\frac{L}{V}t$$

$$C \cdot e^{\frac{L}{V}t} = \beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z; C = \beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z_0;$$

$$(\beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z_0) \cdot e^A = \beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k - L_b z;$$

$$a = \beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k; (a - L_b z_0) \cdot e^A = a - L_b z; z = \frac{a - ae^A + L_b z_0 e^A}{L_b}$$

$$z = \frac{a}{L_b} - \frac{a \cdot e^A}{L_b} + z_0 e^A; z = \frac{a}{L_b} \cdot (1 - e^A) + z_0 \cdot e^A;$$

$$z = \frac{\beta + L_b \mu_h - L_k \mu_k}{L_b} \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t}\right) + z_0 \cdot e^{-\frac{L}{V}t}; L_k = L_b (1 + k); \frac{L_k}{L_b} = 1 + k$$

$$z = \left(\frac{\beta}{L_b} + \mu_h - \frac{L_k}{L_b} \mu_k \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t}\right) + z_0 \cdot e^{-\frac{L}{V}t};$$

$$z = \left(\frac{\beta}{L_b} + z_0 \cdot \rho - (1 + k) \mu_k \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t}\right) + z_0 \cdot e^{-\frac{L}{V}t}, \frac{\rho}{M^3}.$$

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

$$z = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\left(\frac{\beta}{L_e} + z_o \cdot \rho - (1+k) \mu_k \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}t} \right) + z_o \cdot e^{-\frac{L}{V}t} \right), \quad \frac{\varepsilon}{\kappa g}$$

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	
tн, °С	≥ 30°С
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 "Атмосфера"

				Универсальная таблица "Атмосфера" параметров воздуха. Нижний Новгород.																																
				Температура воздуха, 3 сценария					Атмосферное давление, 3 сценария					Влажный воздух три сценария					Плотность сухого воздуха			Теплоемкость сухого воздуха			Теплоемкость водяного пара			Теплоемкость влажного воздуха								
Б	День	Сценарий	Норма	Холодный	Теплый	Горяч.	770	781	781	783	Влажность	Парц. нормальный	Парц. холодный	Парц. теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый	норма	изолдный	теплый							
7	№	Месяц	Число	Диапазон	Тип	Год	Р.нр.	Па	Р.нр.	Па	Р.нр.	Па	Р.нр.	Па	4,5%	4,6%	4,7%	4,8%	4,9%	5,0%	4,5%	4,6%	4,7%	4,8%	4,9%	5,0%	4,5%	4,6%	4,7%	4,8%	4,9%	5,0%				
160	151	Июнь	1	4,9	13,4	21,3	11	101939	99954	100012	100064	85	15	873,0	527,1	3,26	1547,9	884,8	5,80	1511,4	1513,0	8,51	1,13	1,13	1,13	1,0298	1,0031	1,0036	1,8604	1,8635	1,0090	1,0140	1,0213	13,09	28,05	45,55
161	155	Июнь	2	10,4	14,8	20,7	11	100583	98662	98691	98729	85	15	1282,5	774,4	4,80	1299,2	1023,8	8,50	1245,0	1448,4	9,18	1,13	1,13	1,13	1,0251	1,0031	1,0035	1,8613	1,8622	1,0120	1,0151	1,0206	22,52	30,95	44,06
162	154	Июнь	3	3,5	8,4	19,3	11	100401	98436	98470	98541	85	15	778,8	470,2	2,90	1112,4	877,7	4,19	1214,9	1343,4	8,37	1,14	1,13	1,13	1,0229	1,0030	1,0035	1,8601	1,8631	1,0083	1,0108	1,0191	10,79	18,96	40,56
163	155	Июнь	4	13,1	13,1	21,0	11	101743	99818	99818	99870	85	15	1522,6	919,3	5,70	1521,8	919,4	5,70	2476,1	1448,1	9,33	1,13	1,13	1,13	1,0382	1,0031	1,0036	1,8618	1,8635	1,0138	1,0138	1,0209	27,54	44,79	
164	156	Июнь	5	14,0	12,4	21,6	11	100333	98443	98430	98489	85	15	1610,4	971,4	6,04	1455,6	874,4	5,15	1565,1	1544,0	9,67	1,13	1,13	1,13	1,0382	1,0031	1,0036	1,8620	1,8635	1,0145	1,0133	1,0216	29,29	26,20	46,26
165	157	Июнь	6	13,6	7,3	21,6	11	101356	99492	99400	99494	85	15	1570,9	946,5	5,89	1044,8	850,7	5,50	1569,8	1371,8	9,09	1,13	1,13	1,13	1,0352	1,0030	1,0035	1,8619	1,8636	1,0142	1,0109	1,0216	28,51	17,17	46,33
166	158	Июнь	7	11,3	9,6	19,0	11	101920	99980	99968	100030	85	15	1559,0	920,5	5,09	2117,8	754,1	4,55	2189,4	1321,9	8,14	1,13	1,13	1,13	1,0351	1,0031	1,0035	1,8615	1,8630	1,0126	1,0115	1,0188	24,16	39,95	
167	159	Июнь	8	16,6	16,1	18,7	11	101190	99299	99296	99312	85	15	1890,6	1141,5	7,10	1897,1	1109,2	6,90	2154,3	1360,7	8,10	1,13	1,13	1,13	1,0384	1,0031	1,0036	1,8625	1,8634	1,0166	1,0162	1,0185	34,62	33,63	39,34
168	160	Июнь	9	14,8	14,0	18,5	11	101853	99937	99932	99961	85	15	1602,3	1021,8	6,35	1600,2	971,8	6,08	1123,8	1111,2	7,98	1,13	1,13	1,13	1,0383	1,0031	1,0034	1,8621	1,8629	1,0151	1,0145	1,0183	30,89	29,27	38,80
169	161	Июнь	10	14,2	15,2	19,1	11	99867	97985	97991	98016	85	15	1650,6	984,5	6,11	1737,0	1048,7	6,52	2201,1	1319,0	8,18	1,13	1,13	1,13	1,0355	1,0031	1,0035	1,8620	1,8632	1,0146	1,0189	1,0269	51,75	40,15	
170	161	Июнь	11	15,3	10,0	23,1	11	101538	99632	99596	99681	85	15	1747,4	1003,9	6,55	1251,3	750,2	4,08	1591,3	1091,3	10,58	1,13	1,13	1,13	1,0355	1,0031	1,0037	1,8622	1,8622	1,0155	1,0118	1,0234	31,91	21,86	50,05
171	163	Июнь	12	16,1	10,2	17,7	11	100455	98574	98536	98585	85	15	1889,5	1107,0	6,68	1268,9	766,5	4,79	2017,7	1134,3	7,62	1,13	1,13	1,13	1,0389	1,0031	1,0034	1,8624	1,8613	1,0162	1,0119	1,0176	33,56	22,24	37,10
172	164	Июнь	13	17,3	12,3	16,4	11	101853	99954	99921	99948	85	15	1975,5	1101,6	7,41	1447,4	873,0	5,42	1864,1	1126,8	7,01	1,13	1,13	1,13	1,0384	1,0031	1,0036	1,8627	1,8617	1,0171	1,0133	1,0164	36,13	26,01	34,17
173	165	Июнь	14	15,2	7,5	20,8	11	101956	99889	99889	100077	85	15	1754,6	1047,3	6,51	1058,8	651,1	3,95	2438,7	1471,4	9,19	1,13	1,13	1,13	1,0355	1,0031	1,0036	1,8622	1,8634	1,0154	1,0109	1,0207	31,70	17,45	44,17
174	166	Июнь	15	15,8	8,2	16,9	11	100723	98834	98785	98842	85	15	1777,9	1075,5	6,67	1103,9	669,5	4,14	1818,0	1114,1	7,14	1,13	1,13	1,13	1,0355	1,0030	1,0034	1,8623	1,8628	1,0157	1,0109	1,0211	32,52	18,65	35,31
175	167	Июнь	16	22,6	8,0	19,5	11	101758	99894	99797	99874	85	15	2723,5	1644,2	10,28	1095,3	661,0	4,10	2213,3	1359,3	8,47	1,13	1,13	1,13	1,0356	1,0030	1,0035	1,8620	1,8630	1,0146	1,0189	1,0269	48,81	37,41	
176	168	Июнь	17	14,6	17,1	22,2	11	99722	97845	97861	97893	85	15	1671,5	1002,2	6,27	1045,9	1174,9	7,81	2641,4	1660,9	10,04	1,13	1,13	1,13	1,0383	1,0031	1,0034	1,8621	1,8626	1,0149	1,0170	1,0213	30,49	35,63	47,81
177	169	Июнь	18	19,4	12,4	21,6	11	101580	99899	99854	99713	85	15	2248,3	1384,8	8,44	1481,8	881,8	5,47	1557,1	1544,1	8,64	1,13	1,13	1,13	1,0388	1,0031	1,0036	1,8631	1,8635	1,0193	1,0134	1,0215	40,87	26,30	46,13
178	170	Июнь	19	24,7	9,6	18,1	11	101382	99538	99441	99496	85	15	2528,7	1207,5	11,69	1219,1	750,2	4,20	2098,4	1147,7	7,77	1,13	1,13	1,13	1,0357	1,0031	1,0036	1,8643	1,8612	1,0255	1,0116	1,0179	54,54	37,79	
179	171	Июнь	20	22,0	9,3	18,8	11	101934	99180	99097	99159	85	15	2654,6	1395,8	9,91	1193,0	720,5	4,46	2151,1	1393,1	8,12	1,13	1,13	1,13	1,0356	1,0031	1,0035	1,8637	1,8611	1,0221	1,0114	1,0186	47,25	20,55	39,41
180	171	Июнь	21	12,8	11,2	21,9	11	100648	98742	98731	98800	85	15	1484,2	903,2	5,60	1349,0	814,5	5,05	2161,9	1379,3	9,87	1,13	1,13	1,13	1,0382	1,0031	1,0036	1,8618	1,8637	1,0136	1,0125	1,0220	26,97	23,95	41,08
181	173	Июнь	22	16,3	7,4	24,0	11	101336	99440	99381	99488	85	15	1856,1	1120,7	6,97	1051,8	683,4	3,88	1914,0	1718,8	11,16	1,13	1,13	1,13	1,0383	1,0030	1,0037	1,8625	1,8620	1,0163	1,0105	1,0245	33,99	17,35	52,45
182	174	Июнь	23	17,0	14,0	16,9	11	100501	98625	98605	98624	85	15	187,6	1169,9	7,28	1605,5	963,4	6,02	1914,9	1161,2	7,13	1,13	1,13	1,13	1,0354	1,0031	1,0036	1,8626	1,8620	1,0169	1,0144	1,0168	35,48	29,20	35,25
183	175	Июнь	24	12,9	13,8	20,1	11	101355	99436	99442	99483	85	15	1205,6	807,9	5,63	1599,7	960,4	5,96	1547,1	1417,1	8,84	1,13	1,13	1,13	1,0352	1,0031	1,0035	1,8618	1,8619	1,0137	1,0143	1,0200	27,16	28,90	42,64
184	176	Июнь	25	18,0	13,5	18,8	11	101075	99195	99166	99200	85	15	2098,9	1349,7	7,74	1561,9	934,7	5,86	2119,1	1399,8	8,12	1,13	1,13	1,13	1,0394	1,0031	1,0036	1,8628	1,8619	1,0178	1,0141	1,0186	37,68	39,42	
185	177	Июнь	26	15,4	11,5	21,6	11	100692	98801	98777	98842	85	15	1756,2	1060,3	6,59	1380,1																			

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									
2	Константы				Плитка облиц. Синяя	0,70								
3	Температура Кельвина при 0°C	273,15			Коэффициент остекления здания	0,18								
4	Молекулярная масса воздуха, кг/(кмоль)	28,9700												
5	Молекулярная масса воды, кг/(кмоль)	18,016												
6	Универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль.	8314,3												
7	Газовая постоянная воздуха, Дж/(кг°C)	287,053												
8	Ускорение свободного падения, м/с²	9,8067												
9	Коэффициент Стерлэнда, S, К	110,4												
10	Коэффициент Стерлэнда, кг·с⁻¹·м⁻¹·К⁰,⁵	0,000001458												
11	Давление на уровне моря стандартное, Па	101325												
12	Температура воздуха стандартная, °С	20												
13	Переменные													
14	Высота расположения объекта hob, м	160												
15														
16	Нижний Новгород 15 июня													
17	Узкая сторона здания обращена на север $\alpha=0^\circ$													
18	Длина помещения, м	13												
19	Ширина помещения, м	5,7												
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												
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												
29	Выделение влаги г/ч	200												
30	Количество влаги г/ч	2000												

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	_Df	62	_Da	360	_T										
3	5	_at (σ)	8	_af (σ)	60	_aa												
4	25	_tcp	65	_fisr	98996	_ascp												
5	Границчная поверхность воздушной среды теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																	
6																		
7	Наружный воздух																	
8	Zемля	Давление, температура, влажность					Сухой	Пар	Влажный	Солнце	Нагрев		Охлаждение		ДифУр	Влажность		
9	Время, ч	угол пов	Давл, Па	tнар, °C	φ, %	d _{нн} , г/кг	d _{нр} , г/кг	ρ _{унир} , кг/м ³	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	ср, кДж/(кг.К)	Норм, кВт	N, кВт	tпом, °C	tном, °C	d _{нн} , г/кг	z, г/м ³	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	

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

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

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

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

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

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

$$c_p = f(t_{cap}); \text{ см. [5]}$$

$N_{col} = \text{Исход!M6}$

$N_{nac} = N_n + L10$

	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	<u>D</u>	120	<u>Dfi</u>	62	<u>Da</u>	360	<u>T</u>										
3	5	<u>at (σ)</u>	8	<u>afi (σ)</u>	60	<u>aa</u>												
4	25	<u>tcp</u>	65	<u>fisr</u>	98996	<u>asrp</u>												
5	Границная поверхность воздушной следы теплоизолирована. Не учитывается конвективный нагрев ограждений помещения.																	
6																		
7	Наружный 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 _{av} , г/кг	d _{nv} , г/кг	ρ _{воздух} , кг/м ³	ср, кДж/(кг·К)	ср, кДж/(кг·К)	Норм, кВт	N, кВт	t _{ном} , °C	t _{ном} , °C	d _{нн} , г/кг	z, г/м ³	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

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

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

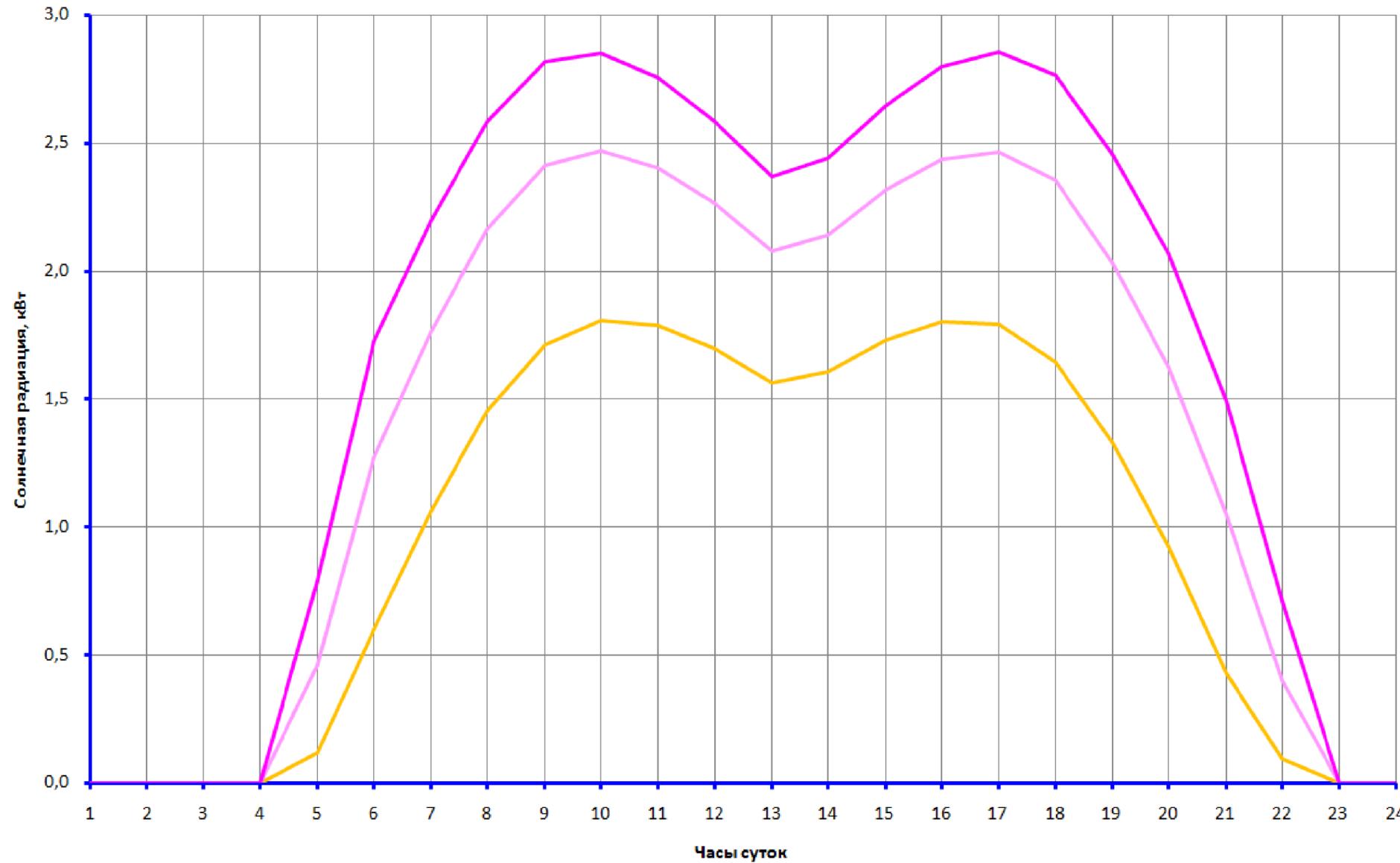
$$d_m = 0.000014(O10+1)^4 - 0.00081(O10+1)^3 + 0.036212(O10+1)^2 - 0.021506(O10+1) + 4$$

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

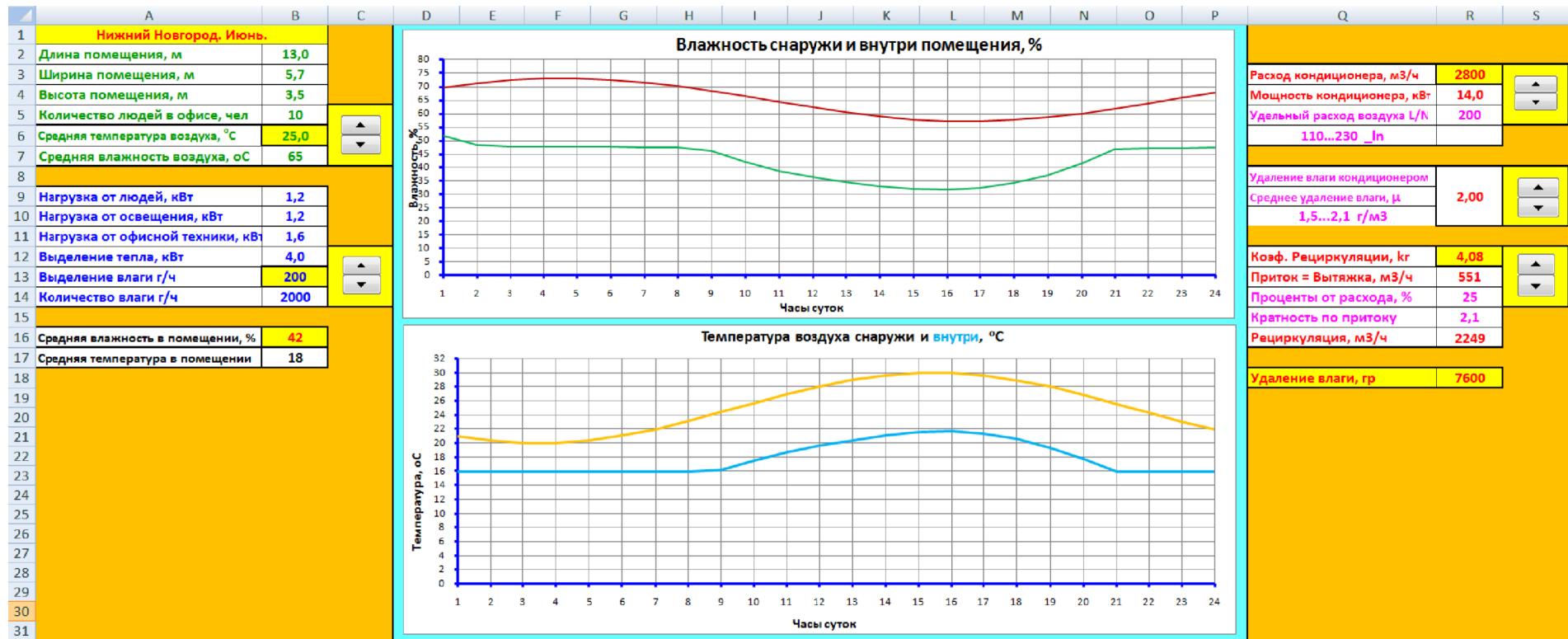
$$\varphi, \% = 100 \cdot \frac{Q10}{P10}$$

Лист "Солнце"

Проникающее тепло 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 ³ .			
Параметры прозрачности			
Время, ч	Низкая, кВт/м ³	Норм, кВт/м ³	Высокая, кВт/м ³
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			

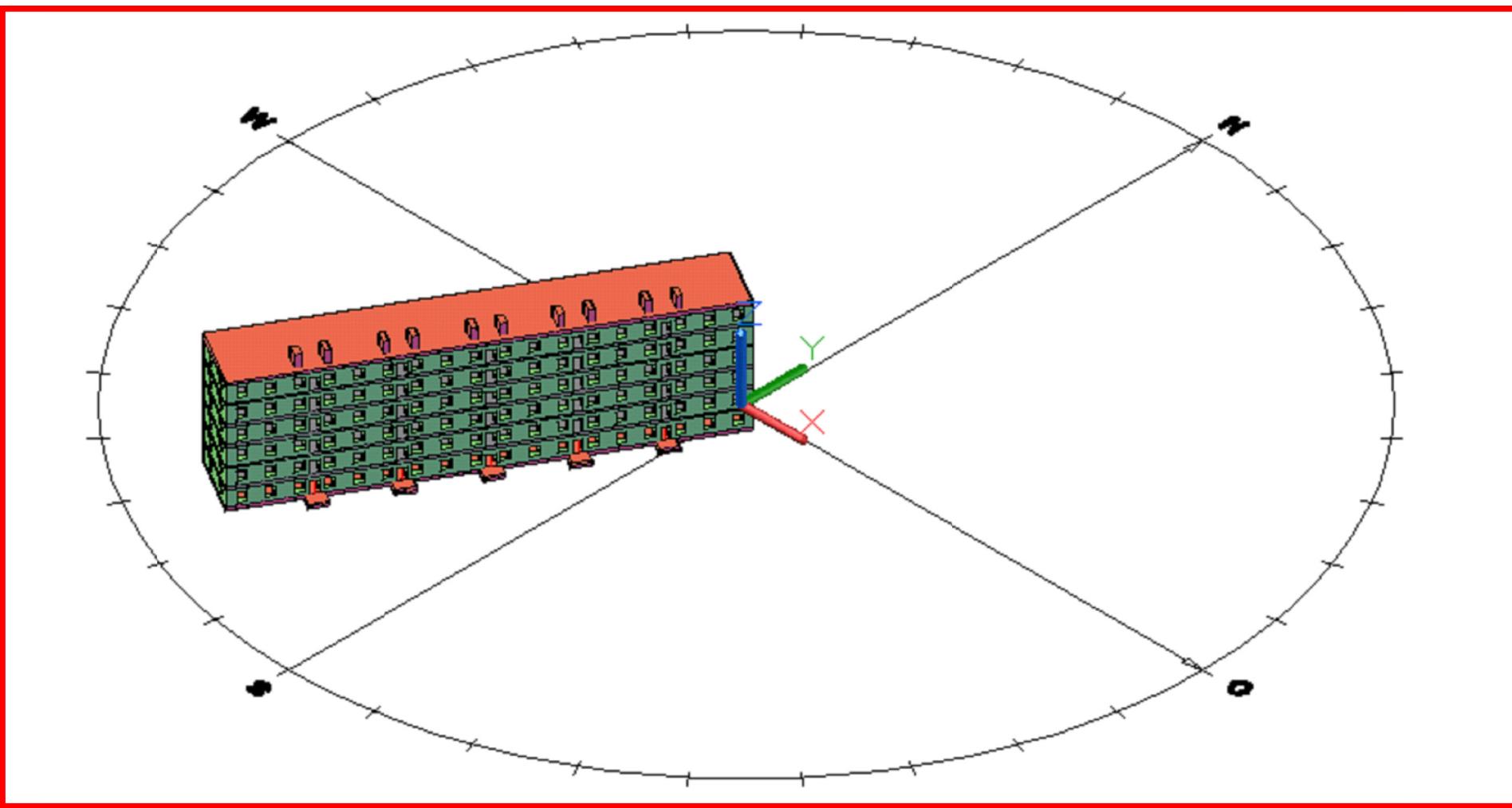


Рисунок 1

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

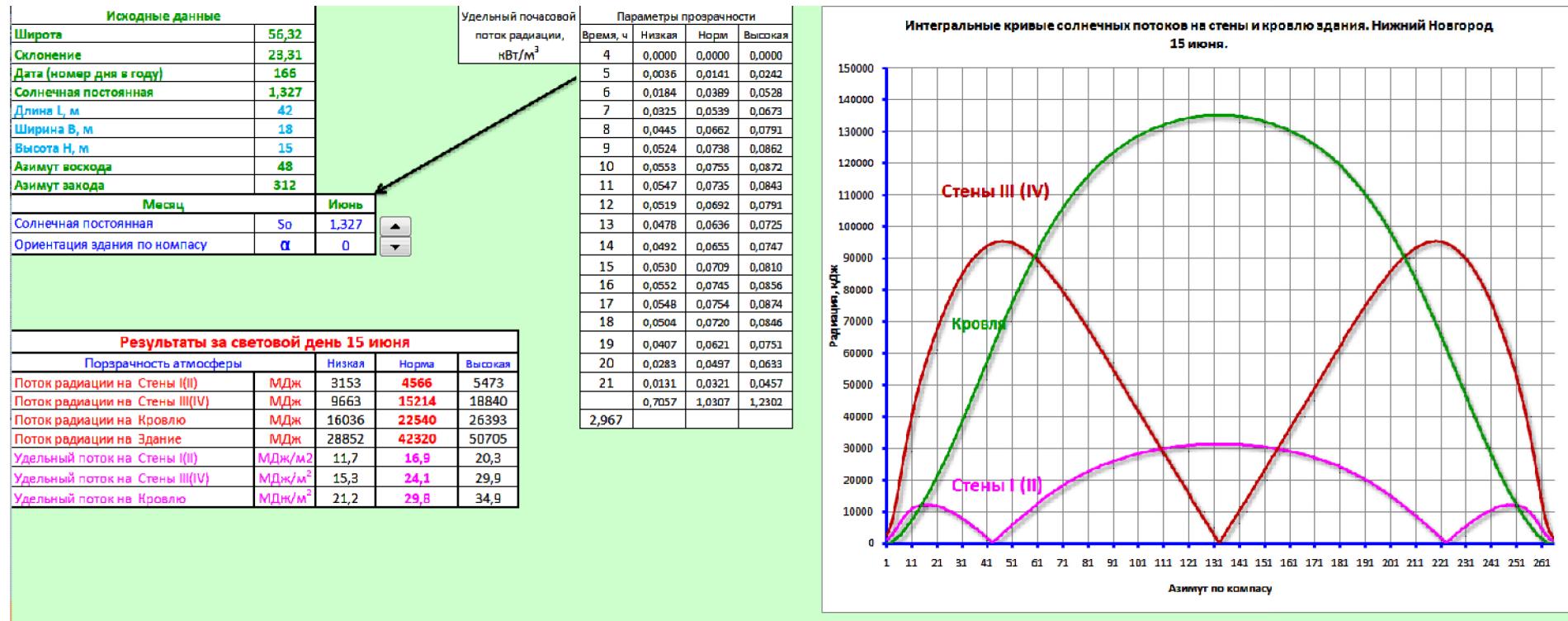


Рисунок 2

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

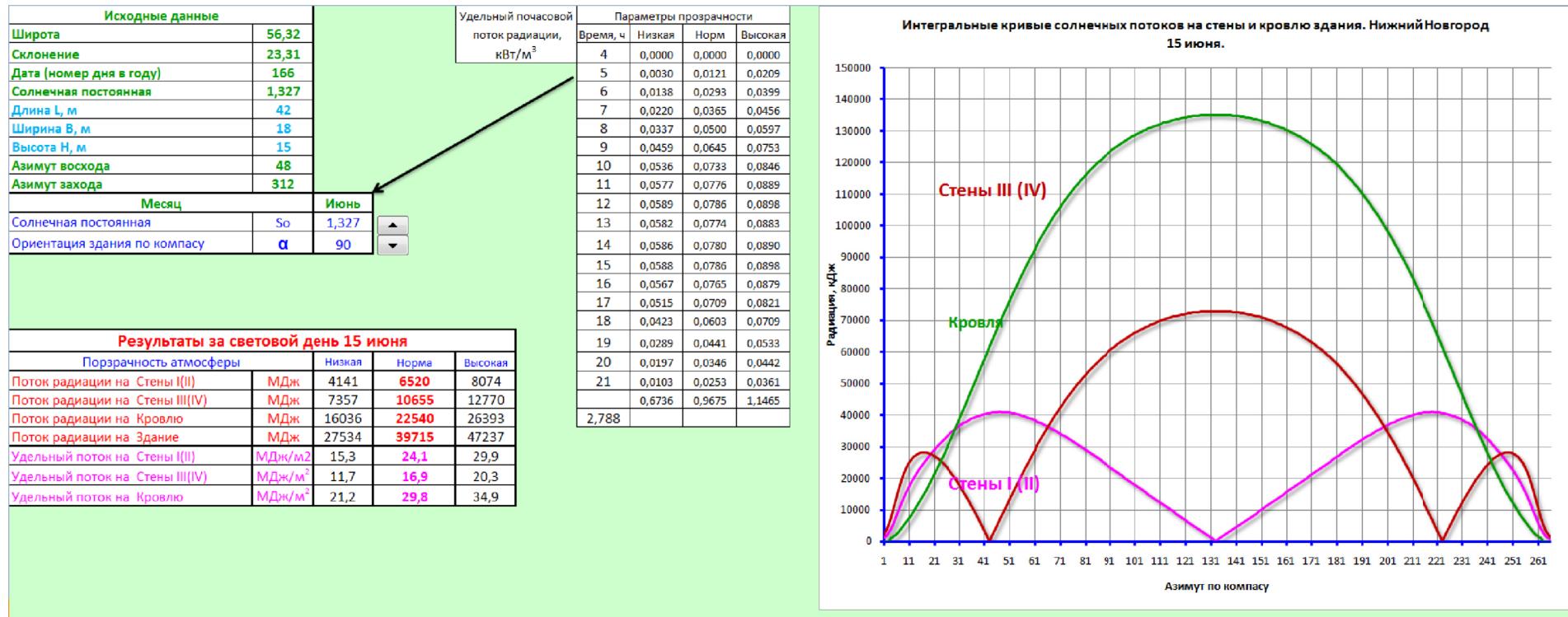


Рисунок 3

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 устраниены 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 расчитывать 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.