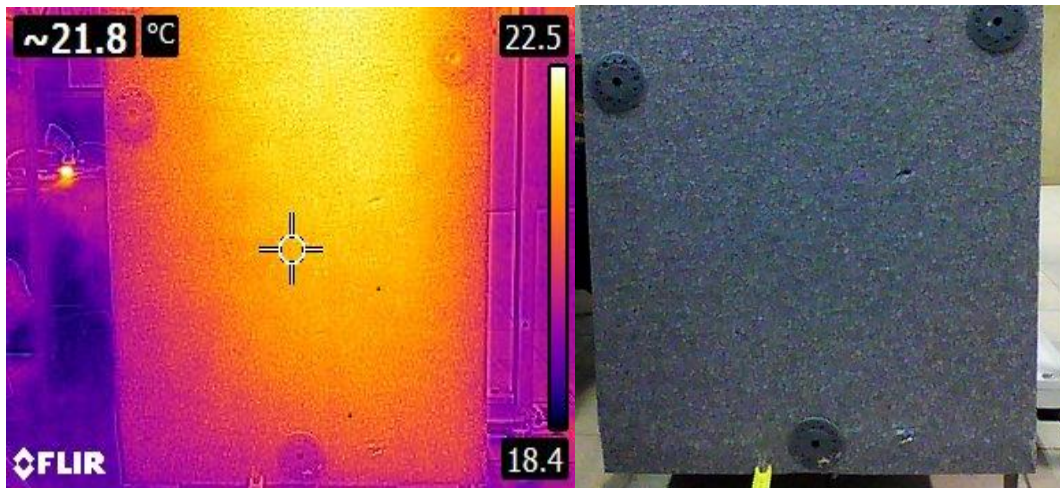


## ПЛАСТИНА I

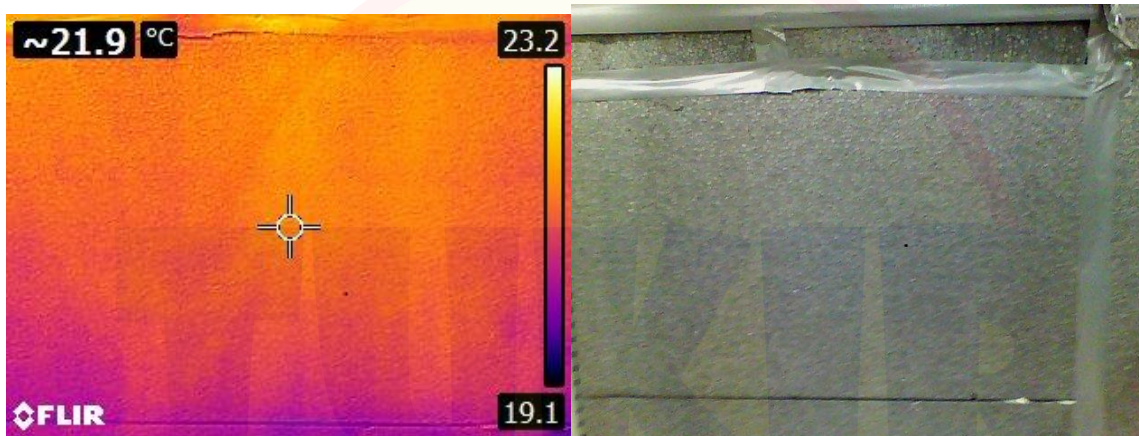
### 1. Схема расположения



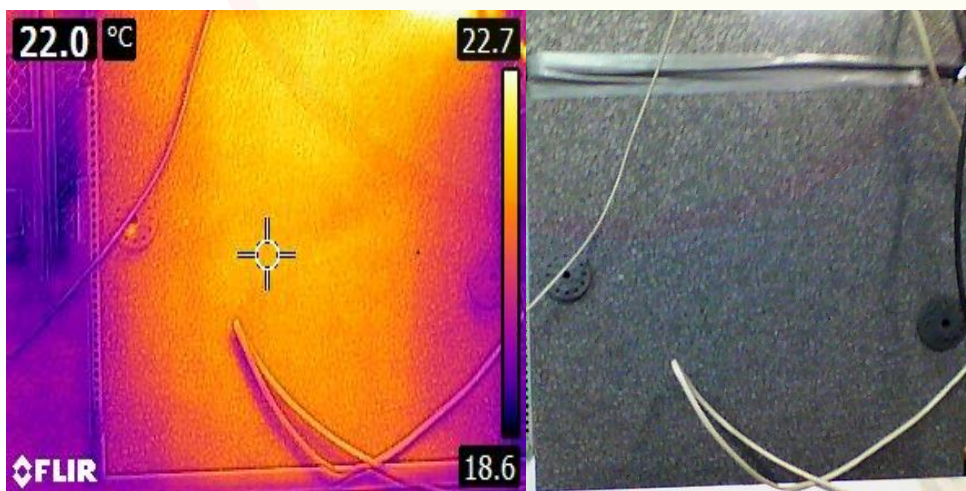
### 1. Оценка потери тепла в окружающую среду



Лицевая поверхность 1



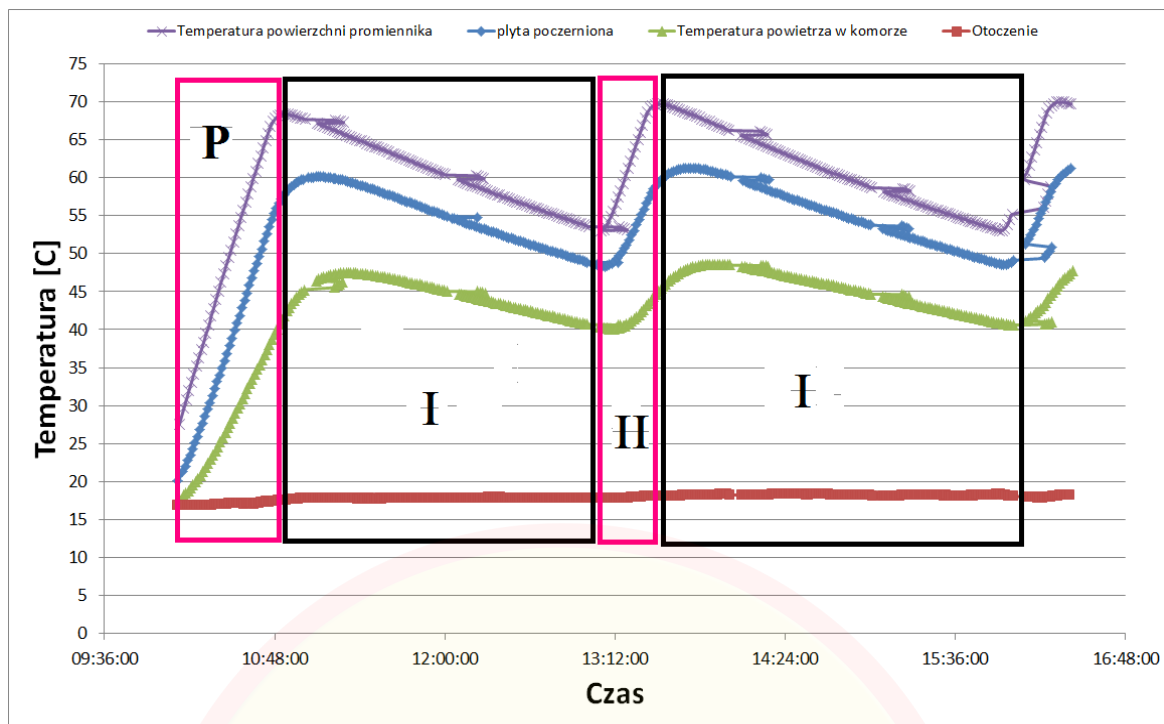
Боковая поверхность



Лицевая поверхность

Работа установки без нагрузки – компенсация потерь в окружающую среду





Temperatura powierzchni izлучателя  
 Зачерненная пластина  
 Температура поверхности в камере  
 Окружающая среда  
 Температура (C)  
 Время

**P - начало работы системы – разогрев излучателя**

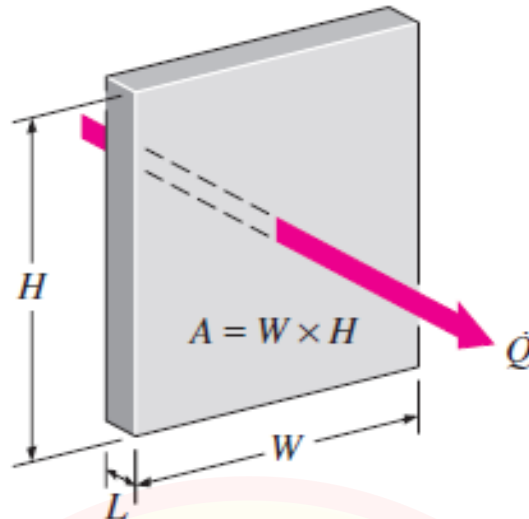
**I - Стабилизация – отсутствие потребления электрической энергии**

**II - Область соответствующей работы – незначительное потребление электроэнергии**

Для оценки соответствующих потерь в окружающую среду были приняты следующие принципы:

1. Температура на внешней поверхности пенополистироловой камеры (в соответствии с термографическими изображениями) около **22° C**
2. Температура внутри камеры равна температуре на внешней стороне пенополистироловой перегородки, принято среднюю, из измерений в областях стабилизации и правильной работы примерно **44,5° C**
3. Коэффициент теплопроводности для пассивного пенополистирола около **0,035 В/мК**
4. Толщина пенополистироловой изоляции **100 мм**
5. Размеры поверхности проводящей тепло
  - 2х лицевая поверхность с размерами:  $A_1=(W=0,5)\times(H=0,8\text{ м}), L=0,1\text{ м}$
  - 2х боковая поверхность:  $A_2=(W=1\text{ м})\times(H=0,6\text{ м}); L=0,1\text{ м}$

- 2хповерхность крышек (верхняя и нижняя):  $A_3=(W= 1\text{м})\times(H=0,5\text{ м}); L=0,1\text{ м}$



$$\dot{Q}_1 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_1 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} 2 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot (44,5 - 22) = 6,3W$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_2 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} 2 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot (44,5 - 22) = 9,45W$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_3 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} 2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (44,5 - 22) = 7,88W$$

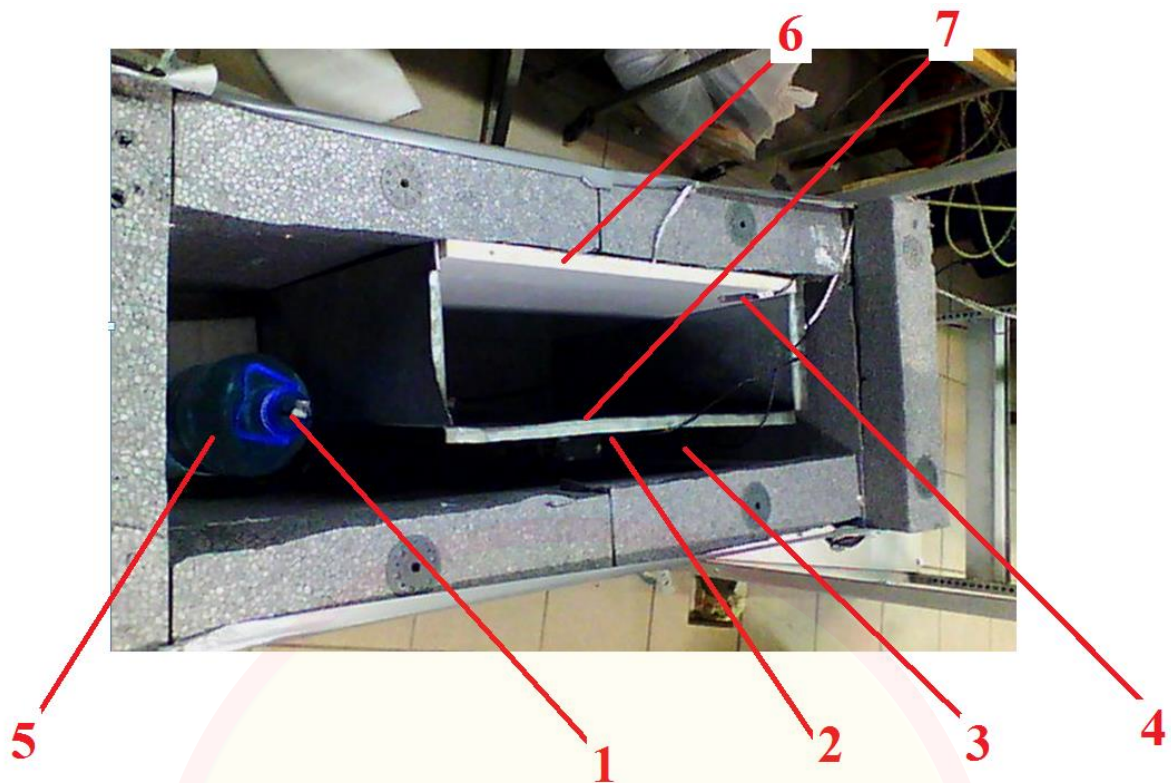
$$\dot{Q}_{start\ max} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 = 23,63\ W$$

### **Вывод:**

**I - Максимальные потери в окружающую среду для условий, установленных во времени не должны превышать 23,6 W. Это означает, что в течение часа система не должна „потратить” больше, чем 0,0236 КВт/ч**

### **3.Определение эффективности преобразования энергии через систему „излучателя тепла”**

Для оценки эффективности преобразования энергии через излучатель тепла, в изолированную камеру дополнительно вставлена емкость с ледяной водой с массой собственной воды 6 кг. Для интенсификации теплопередатчика в системе находится зачерненная пластина, непосредственно установленная для излучения устройства, таким способом, чтобы обеспечить „распространение тепла”, главным образом, путем свободной конвекции во всей системе. Точный вид системы измерения представлен ниже.

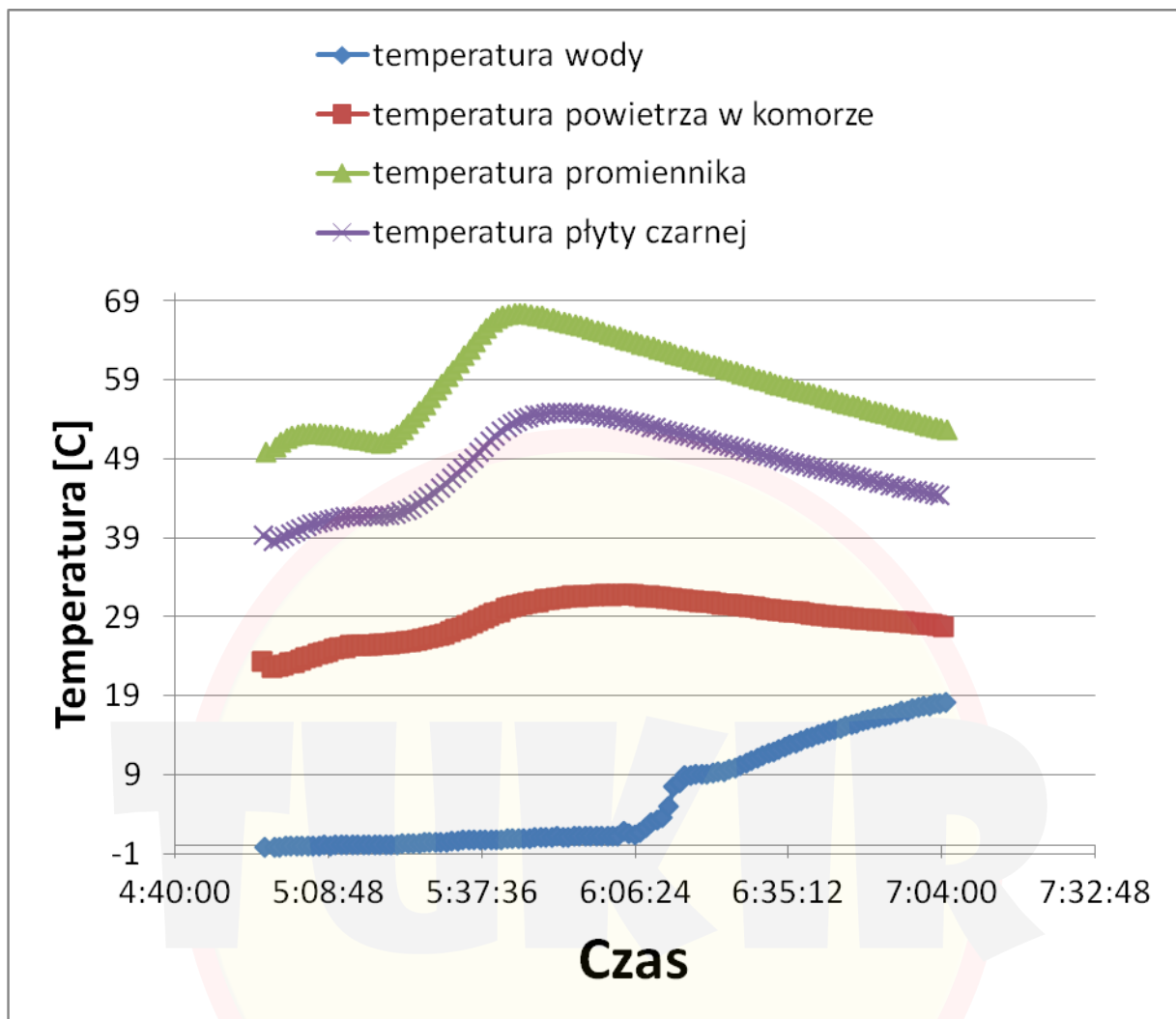


1 - Измерение температуры ледяной воды, 2 – измерение температуры на стальной зачерненной плите, 3 – измерение температуры воздуха внутри камеры, 4 – измерение температуры поверхности излучателя, 5 – емкость с ледяной водой, 6 – излучатель, 7 – стальная зачерненная пластина, площадью, равной излучателю

Для представленной таким образом системы можно предположить, что совокупность тепла, производимого „излучателем”, должна быть получена через воздух в камере и передана в емкость с водой, а также в окружающую среду (потери).

Для точной оценки эффективности преобразования энергии проводились исследования в установленных состояниях, и поэтому процессы имели долгосрочный характер. Кроме того, измерения проводились для системы излучателя после предварительной ее подготовки (работы в камере без „груза”), а также при „запуске холодной системы”.

## РАБОТА СИСТЕМЫ ПОСЛЕ ЕЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО «НАГРЕВАНИЯ»



Температура воды  
 Температура воздуха в камере  
 Температура излучателя  
 Температура черной пластины  
 Температура (C)  
 Время

- Система в течение всего цикла работы получила 0,211 кВт/ч электроэнергии.
- Время работы системы:  $\tau = 2$  часа 7 минут и 56 секунд = 2,13 ч
- Температура воды поднялась от 0° C до 18,2° C.
- Температура воздуха поднялась от 23,3° C до 27,8° C

Для точной оценки всей произведенной тепловой энергии оценивается также количество тепла, полученное непосредственно через воздух в камере

Объем камеры:

$$V = 1m \cdot 0,6m \cdot 0,3m = 0,18 m^3$$

Количество тепла, полученное через воздух:

Масса воздуха при принятой плотности  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$

$$m = V \cdot \rho = 0,18 \cdot 1,2 = 0,216 \text{ кг}$$

Устанавливаем удельную теплоемкость воздуха 1005 Дж/кг

$$Q_p = c_p \cdot m_p \cdot (t_{pk} - t_{pp}) = 1005 \text{ J/kgK} \cdot 0.216 \text{ kg} \cdot (27,8 - 23,3) = 976 \text{ Дж}$$

Рассчитываем количество тепла, полученного через воду

$$Q_w = m_w \cdot c_{pw} \cdot (t_{wk} - t_{wp}) = 6 \cdot 4200 \cdot (18,2 - 0) = 458640 \text{ Дж}$$

Рассчитываем максимальное количество потерь в окружающую среду во время работы системы

$$Q_{start\ max} = \dot{Q}_{start\ max} \cdot \tau = 23,6 \text{ W} \cdot 2,13 \text{ h} = 0,05 \text{ kWh} = 181153,6 \text{ Дж}$$

Суммарный поток произведенного тепла

$$Q_c = Q_p + Q_w + Q_{start\ max} = 640769,9 \text{ Дж}$$

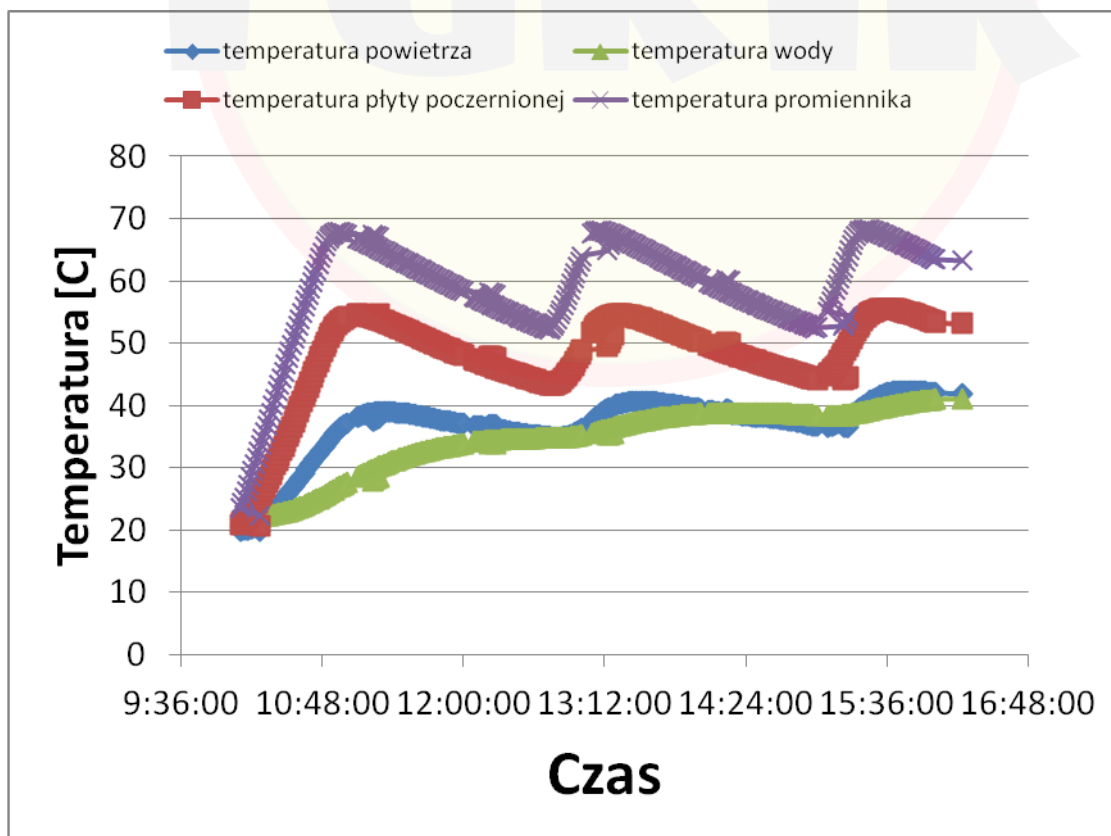
Общее количество электроэнергии полученной из сети

$$Q_e = 0,211 \text{ kWh} = 759600 \text{ Дж}$$

Оценка производительности системы:

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_e} \cdot 100\% = 84,4\%$$

## РАБОТА „ХОЛОДНОЙ” СИСТЕМЫ



Температура воздуха

Температура воды  
Температура зачерненной пластины  
Температура излучателя  
Температура (С)  
Время

- Система в течение всего цикла работы получила 0,358 кВт/ч электроэнергии.
- Время работы системы:  $\tau=5$  часов 58 минут и 1 секунд = 5,96 ч
- Температура воды поднялась от 18,19° С до 41,06° С.
- Температура воздуха поднялась от 19,88° С до 41,94° С

Количество тепла, полученное через воздух:

$$Q_p = c_p \cdot m_p \cdot (t_{pk} - t_{pp}) = 1005 \text{ J/kgK} \cdot 0.216 \text{ kg} \cdot (41,94 - 19,88) = 4788,785 \text{ Дж}$$

Рассчитываем количество тепла, полученное через воду

$$Q_w = m_w \cdot c_{pw} \cdot (t_{wk} - t_{wp}) = 6 \cdot 4200 \cdot (41,06 - 18,19) = 576324 \text{ Дж}$$

Рассчитываем максимальное количество потерь в окружающую среду во время работы системы

$$Q_{start\ max} = \dot{Q}_{start\ max} \cdot \tau = 23,6 \text{ W} \cdot 5,96 \text{ h} = 0,14 \text{ kWh} = 506361 \text{ Дж}$$

Суммарный поток произведенного тепла

$$Q_c = Q_p + Q_w + Q_{start\ max} = 1087474 \text{ Дж}$$

Общее количество электроэнергии, полученной из сети

$$Q_s = 0,56 \text{ kWh} = 1288800 \text{ Дж}$$

Оценка производительности системы:

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_s} \cdot 100\% = 84,37\%$$

РЕЗУЛЬТАТЫ В ОБОИХ СЛУЧАЯХ БЫЛИ ПОДТВЕРЖДЕНЫ.

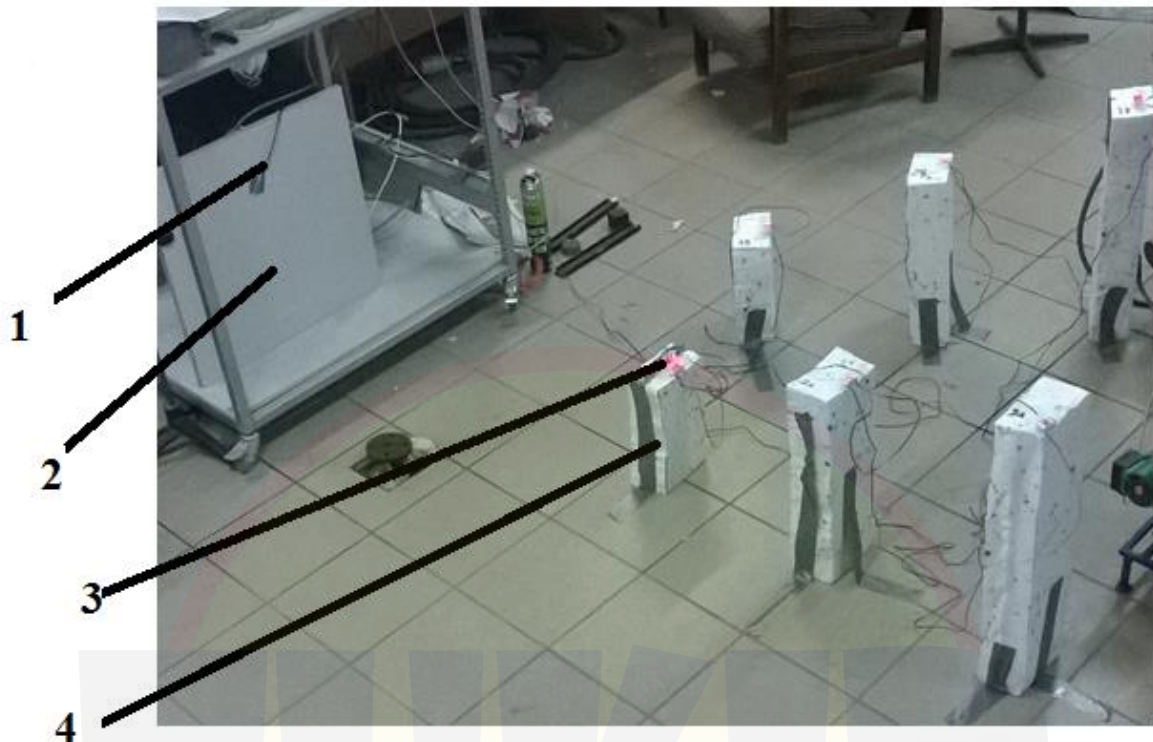
МАКСИМАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОСТАВЛЯЕТ БОЛЕЕ ЧЕМ 84%

#### 4. Определение процентного количества энергии, излучаемой с испытуемого образца

Для определения количества тепла, излучаемого телом путем радиации, была построена специальная измерительная система, представленная на рисунках ниже. Эта система состоит из ряда пластин, „зачерненных” краской, расположенных перпендикулярно к „излучателю” и под углом 30°. Элементы, которые поглощают радиоактивное излучение,



были закреплены на „столбиках” из пенопласта и измеряются индивидуально, для определения их температур. Во время измерений мерялась также температура испытуемого предмета, определялась излучательная способность, а также количество потребляемой электроэнергии во времени.



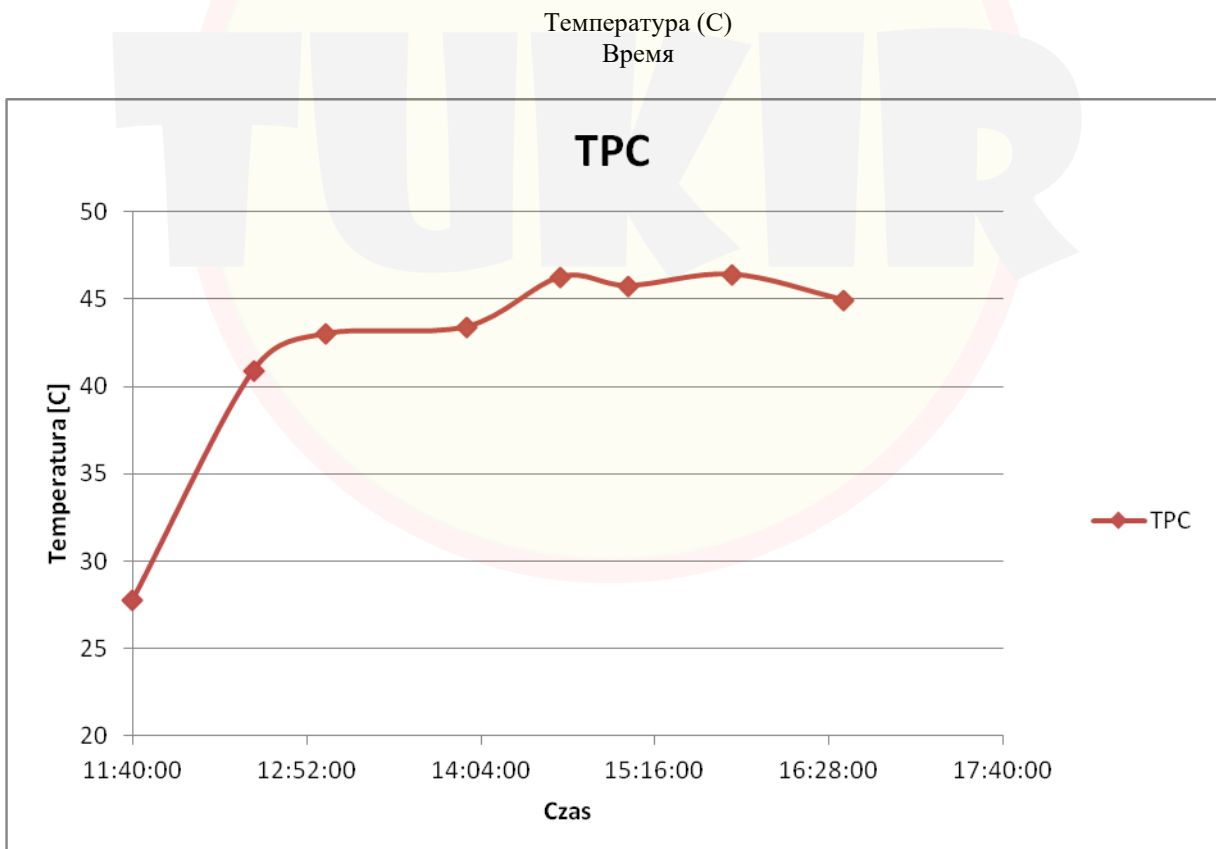
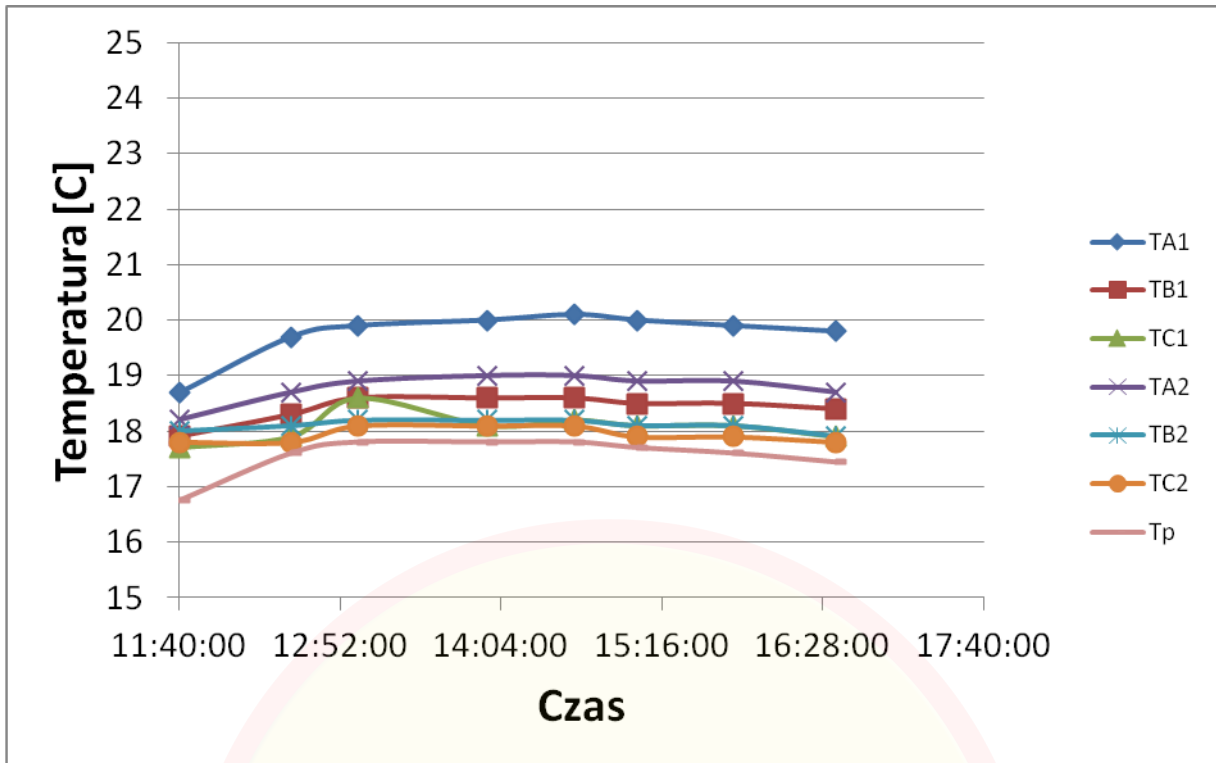
1 - Измерение температуры испытуемого элемента, 2 – испытуемый элемент, 3 – измерение температуры на зачерненной измерительной пластине, 4 – установка измерительного элемента





Результаты экспериментальных исследований:

TA1	TB1	TC1	TA2	TB2	TC2	TPC	Tr	Расход энергии	Время
С	С	С	С	С	С	С	С	kWh	-
18,7	17,9	17,7	18,2	18	17,8	27,75	16,75	0,093	11:40:00
19,7	18,3	17,9	18,7	18,1	17,8	40,9	17,6	0,372	12:30:00
19,9	18,6	18,6	18,9	18,2	18,1	43	17,8	0,488	13:00:00
20	18,6	18,1	19	18,2	18,1	43,4	17,8	0,724	13:58:00
20,1	18,6	18,2	19	18,2	18,1	46,25	17,8	0,953	14:37:00
20	18,5	18,1	18,9	18,1	17,9	45,75	17,7	1,113	15:05:00
19,9	18,5	18,1	18,9	18,1	17,9	46,4	17,6	1,333	15:48:00
19,8	18,4	17,9	18,7	17,9	17,8	44,94	17,44	1,571	16:34:00



Температура (C)  
TPC  
Время

Из анализа измерительных данных и графиков четко видно, что система приходит к стабильности примерно через 2 часа и 57 минут после включения. В связи с этим, к расчетам будут приняты значения температур и расхода электроэнергии для достижения этой стабильности.

Для определения составляющей от излучения и потерь тепла в окружающую среду следует воспользоваться приведенной ниже методикой:

$$\dot{Q}_r = 5,67 \cdot \varepsilon_{1-2} \cdot A_1 \cdot \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Где:

$Q_r$  – количество тепла, полученное путем радиации через модельное тело

$C_0=5,67 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  – Постоянная Стефана Больцмана для абсолютно черного тела

$\varepsilon_{1-2}$  – излучательная способность системы тел – излучающее тело, – поглощающее тело,

$T_1$  – температура излучательного тела в К

$T_2$  – температура поглощающего тела в К

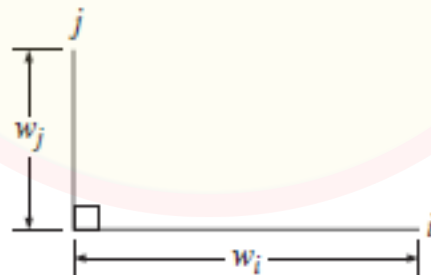
$A_1$  – площадь поглощающего тела

Рассчитываем эквивалентную излучательную способность системы тел при определениях:

- излучательная способность тела была определена на основании измерений на 0,95
- излучательная способность зачерненного тела 0,99

Определяем средний коэффициент конфигурации для системы тел как на схеме:

В нашем случае мы имеем две системы конфигурации, первая из них представлена ниже



Размеры излучающей пластины:

$$W_i = 0,5 \text{ м}$$

$W_{дж1А}$  – (в соответствии со снимками, первый датчик находящийся ближе всего к пластине, установлен в нее перпендикулярно)

$$W_{дж1А} = 1 \text{ м}$$

$$W_{дж1В} = 1,5 \text{ м}$$

$$W_{дж1С} = 2 \text{ м}$$



$$\varphi_{i-j} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 + \frac{W_j}{W_i} - \left[ 1 + \left( \frac{W_j}{W_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\varphi_{1A} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{0,5} - \left[ 1 + \left( \frac{1}{0,5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} = 0,38$$

$$\varphi_{1B} = 0,29$$

$$\varphi_3 = 0,23$$

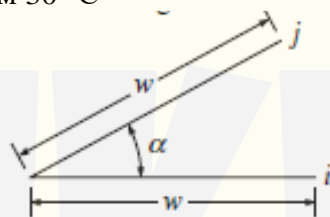
Отдельные излучательные способности равны:

$$(\varepsilon_{1-2})_{1A} = 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,38 = 0,36$$

$$(\varepsilon_{1-2})_{2A} = 0,28$$

$$(\varepsilon_{1-2})_{3A} = 0,22$$

Аналогично для системы под углом  $30^\circ$  C



$$\varphi_{2A} = 1 - \sin \frac{1}{2} \alpha$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\varphi_{2A} = 0,35$$

$$\varphi_{2A} = \varphi_{2B} = \varphi_{2C}$$

Отсюда:

$$(\varepsilon_{1-2})_{2A} = (\varepsilon_{1-2})_{2B} = (\varepsilon_{1-2})_{2C} = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,35 = 0,33$$

Все зачерненные пластины имели размеры 10 см на 10 см, отсюда площадь  $A_1 = 0,01 \text{ м}^2$

Рассчитываем отдельные потоки тепла:

$$\dot{Q}_{r1A} = 5,67 \cdot 0,36 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{46,25 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{20,1 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r1A} = 0,6 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r1B} = 5,67 \cdot 0,29 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{46,25 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{18,2 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r1B} = 0,52 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r1c} = 5,67 \cdot 0,22 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{46,25 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{19 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r1c} = 0,61W$$

$$\dot{Q}_{r2A} = 5,67 \cdot 0,35 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{46,25 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{18,2 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r2A} = 0,63W$$

$$\dot{Q}_{r2A} = 5,67 \cdot 0,35 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{46,25 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{18,1 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r2A} = 0,63W$$

Затем определяем потери тепла в окружающую среду для каждой из пластин:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda}$$

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$g$  = ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$\beta$  = коэффициент термической расширяемости 1/К ( $\beta = 1/T_{ch}$ ) идеальный газ

$T_s$  = температура разогретой поверхности, °С

$T_f$  = температура воздуха, °С

$L$  = высота, м

$\nu$  = коэффициент кинематической вязкости м<sup>2</sup>/с

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{\lambda}$$

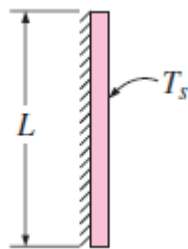
$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$T_{ch} = \frac{(T_s + T_f)}{2}$$

Таблица свойств для воздуха

t	$\rho$	$c_p$	$10^2 \lambda$	$10^6 a$	$10^6 \nu$	Pr
°C	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	$\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	—
0	1,293	1 004	2,44	18,81	13,28	0,707
10	1,247	1 004	2,51	20,06	14,16	0,705
20	1,205	1 004	2,59	21,42	15,06	0,703
30	1,165	1,004	2,61	22,86	16,00	0,701
40	1,123	1 004	2,76	24,31	16,96	0,699
50	1,093	1 004	2,83	25,72	17,95	0,698
60	1,060	1 004	2,90	27,20	18,97	0,696
70	1,029	1 006	2,97	28,56	20,02	0,694
80	1,000	1 006	3,05	30,20	21,09	0,692
90	0,972	1 006	3,13	31,89	22,10	0,690
100	0,946	1 006	3,21	33,64	23,13	0,688
120	0,898	1 009	3,34	36,84	25,45	0,686
140	0,854	1 013	3,49	40,34	27,80	0,684
160	0,815	1 017	3,64	43,89	30,09	0,682
180	0,779	1 022	3,78	47,50	32,49	0,681
200	0,746	1 026	3,93	51,36	34,85	0,680
250	0,674	1 038	4,27	61,00	40,61	0,677
300	0,615	1 047	4,61	71,56	48,33	0,674
350	0,566	1 059	4,91	81,87	55,46	0,676
400	0,524	1 068	5,21	93,12	63,09	0,678

Для горизонтальной пластины, заизолированной с одной стороны, число Нуссельта можно определить при помощи уравнения:



$$\text{Nu} = \left\{ 0.825 + \frac{0.387\text{Ra}_L^{1/6}}{[1 + (0.492/\text{Pr})^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$T_{ch} = \frac{(T_s + T_f)}{2} = \frac{17,8 + 20}{2} = 18,9$$

$$Gr = \frac{10 \cdot \frac{1}{291,9} \cdot (20 - 17,8) \cdot 0,1^3}{(15,06 \cdot 10^{-6})} = 5$$

Pr=0,703

$$Ra = 5 \cdot 0,703 = 3,52$$

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\} = 2,3$$

$$\frac{Nu \cdot \lambda}{L} = \alpha$$

Отсюда:

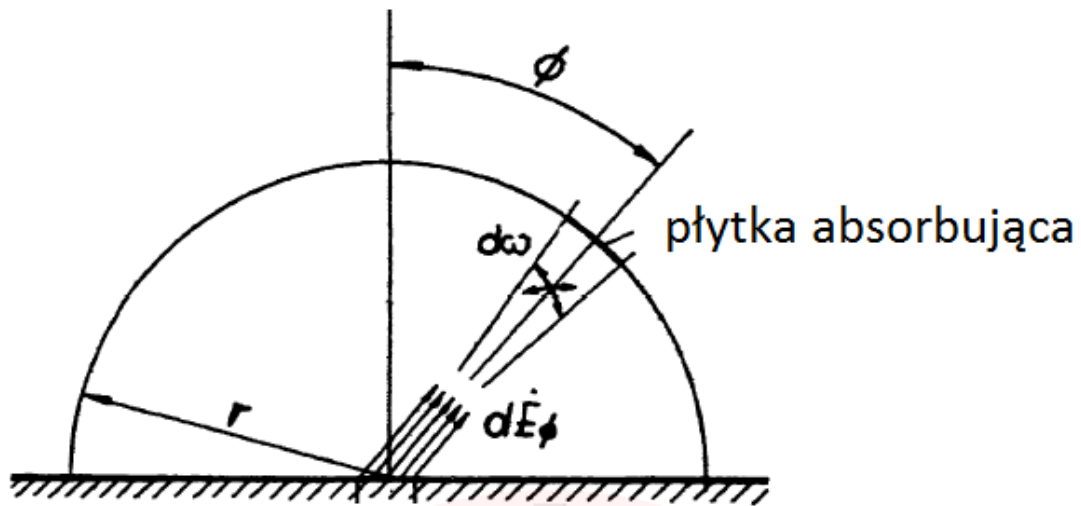
$$\alpha = \frac{2,3 \cdot 2,59 \cdot 10^{-2}}{0,1} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Принимаем расчетную ситуацию для средних значений. На основании предыдущих расчетов можно принять, что для поверхностей, перпендикулярных к нагревательной пластине, количество поглощенной энергии составляет около 0,6 В, аналогичной является ситуация и для поверхностей, расположенных под углом до излучателя.

Рассчитываем количество тепла, которое бы поглотила поверхность полусферы с радиусом 1 м

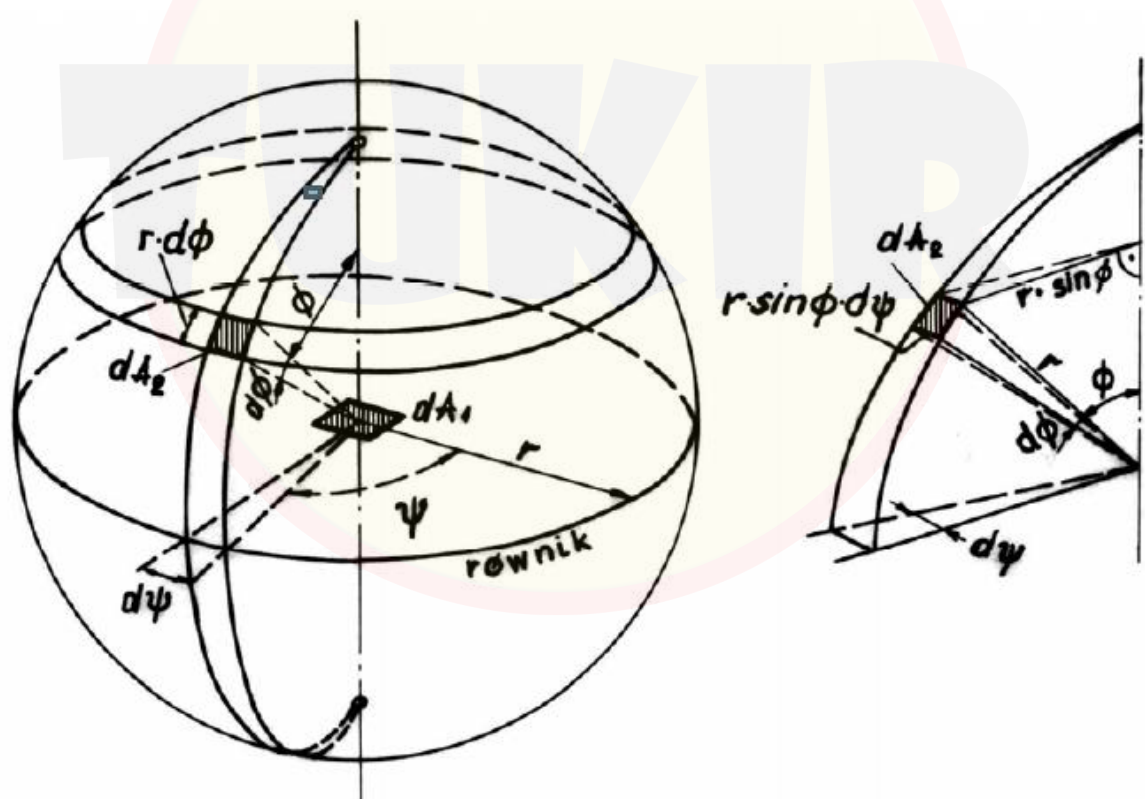
$$P = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \right) \cdot r^3 =$$





Badana płyta

Абсорбирующая пластина  
Испытуемая пластина



Доступную поверхность мы делим на площадь одной пластины, для которой мы знаем количество поглощаемого тепла  $N=2,09/0,01=209$

$$\dot{Q}_r = 209 * 0,6W = 125,4W$$

Рассчитываем количество потерь тепла в окружающую среду для средней разницы температур 2 К.

$$\dot{Q}_{str} = \alpha \cdot A \cdot \Delta T = 0,6 \cdot 209 \cdot 0,01 \cdot 2 = 2,5W$$

Совокупность поглощаемого тепла составляет

$$\dot{Q}_a = \dot{Q}_r + \dot{Q}_{str} = 127,9W$$

Устройство работает циклически, но его средняя мощность, потребляемая от электрической сети, составляет около 323 W.

Устанавливая эффективность устройства на 84%, мы имеем

$$\dot{Q}_c = 0,84 \cdot 323 = 271,3W$$

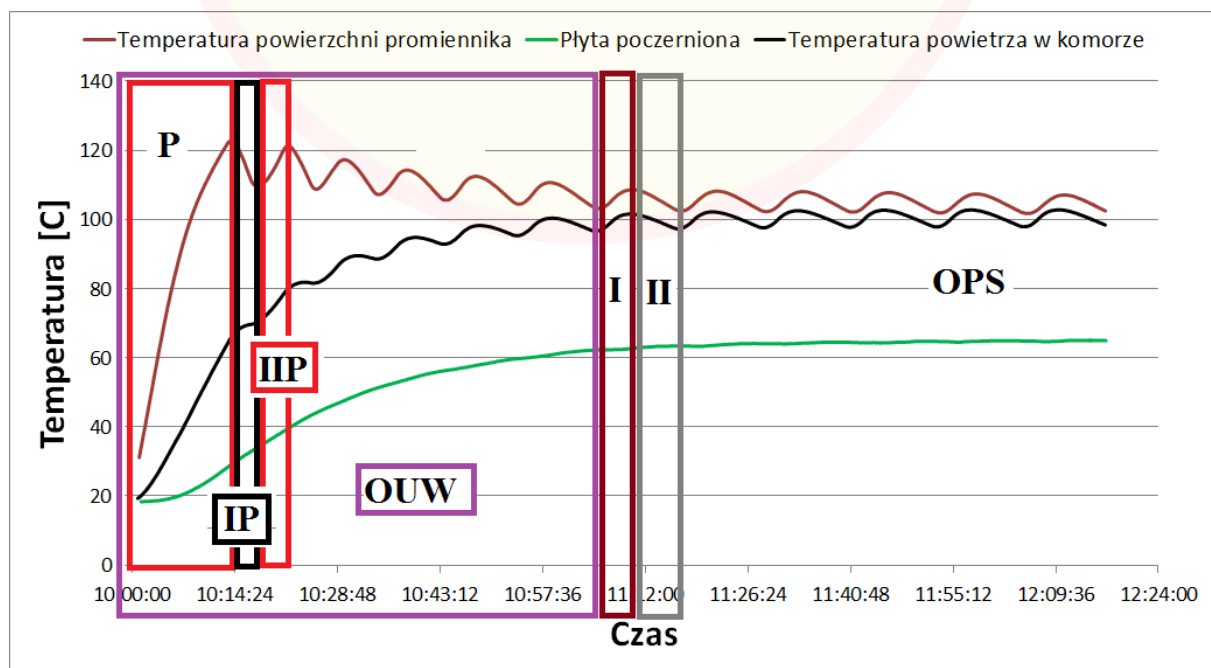
Рассчитываем процентную долю радиационного излучения в балансе устройства.

$$\eta_r = \frac{127,9}{271,3} \cdot 100\% = 47\%$$

## ПЛАСТИНА II

### 1. Оценка потерь тепла в окружающую среду

Работа установки без нагрузки – компенсация потерь в окружающую среду



Температура поверхности излучателя  
Зачерненная пластина

Температура воздуха в камере  
Температура (С)  
Время

## OUW – Область Определения Условий

**Р** - начало работы системы – разогрев излучателя

**IP** - Стабилизация – отсутствие потребления электрической энергии (начальный период),

**IP** - Область соответствующей работы – небольшое потребление электроэнергии (начальный период)

## OPS – Область Стабильной Работы

**I** - Область соответствующей работы – незначительное потребление электроэнергии

**II** - Стабилизация – отсутствие потребления электрической энергии

Температура на внешней поверхности пенополистироловой камеры (в соответствии с термографическими) изображениями около **20° С**

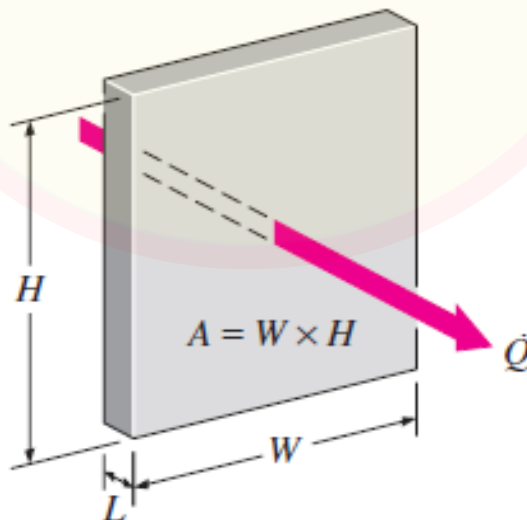
Температура внутри камеры равна температуре на внешней стороне пенополистироловой перегородки, установлено среднее из измерений в областях стабилизации и правильной работы примерно на **65° С**

Коэффициент теплопроводности для пассивного пенополистирола около **0,035 В/мк**

Толщина пенополистироловой изоляции **100 мм**

Размеры поверхности, проводящей тепло

- 2хлицевая поверхность с размерами:  $A_1=(B=0,5)\times(H=0,8\text{ м})$ ,  $L=0,1\text{ м}$
- 2хбоковая поверхность:  $A_2=(B=1\text{ м})\times(H=0,6\text{ м})$ ;  $L=0,1\text{ м}$
- 2хповерхность крышек (верхняя и нижняя):  $A_3=(B=1\text{ м})\times(H=0,5\text{ м})$ ;  $L=0,1\text{ м}$



$$\dot{Q}_1 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_1 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot (65 - 20) = 12,6W$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_2 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot (65 - 20) = 18,9W$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{\lambda}{L} \cdot 2A_3 \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,035}{0,1} 2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (65 - 20) = 15,75W$$

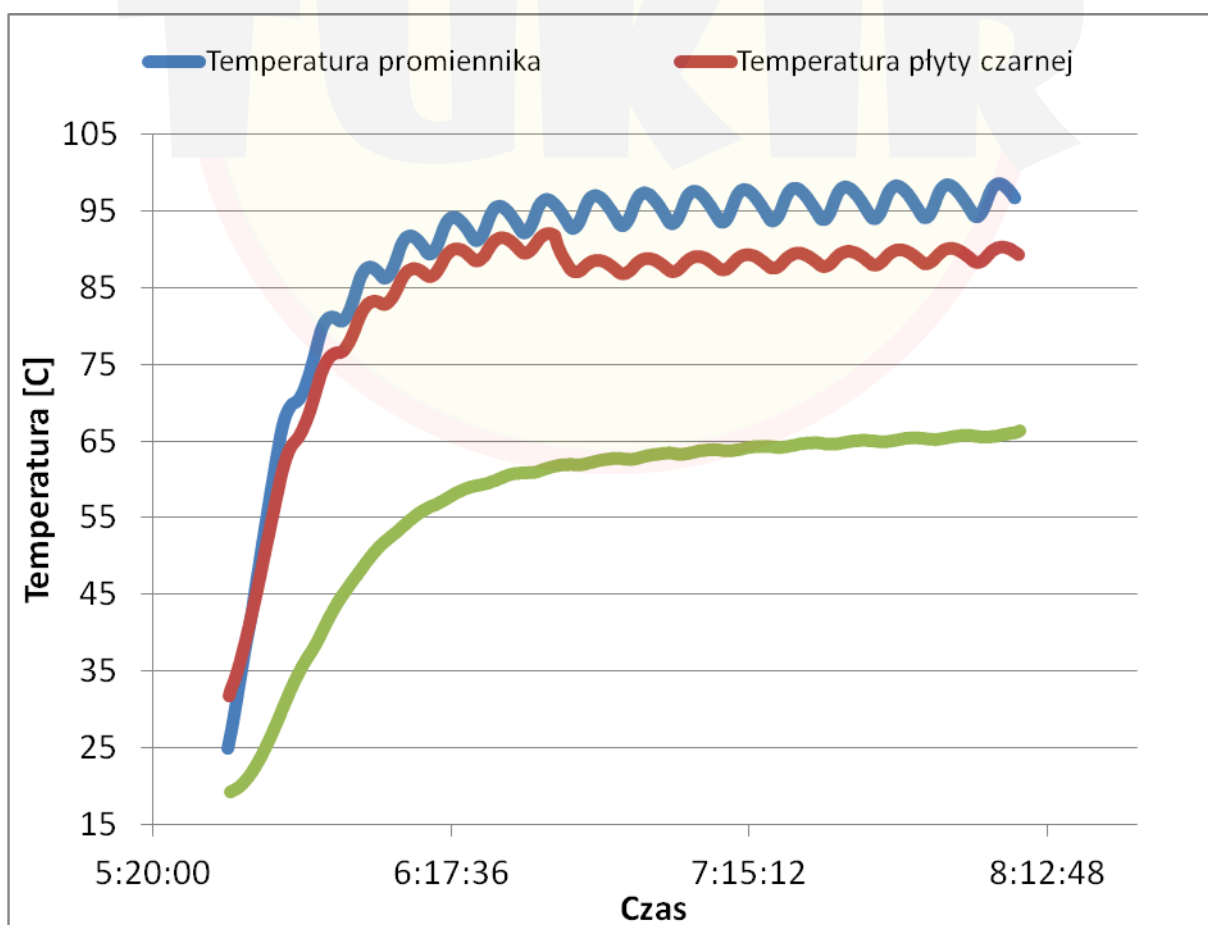
$$\dot{Q}_{start\ max} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 = 47,25\ W$$

## **Вывод:**

**I - Максимальные потери в окружающую среду для условий, установленных во времени, не должны превышать 47,25 Вт. Это означает, что в течение часа система не должна „потратить” больше, чем 0,04725 кВт/ч**

## **7.Определение эффективности преобразования энергии через систему „излучателя тепла”**

Для оценки эффективности преобразования энергии, через излучатель тепла, в заизолированную камеру вставлена дополнительно емкость с ледяной водой с массой собственной воды 6 кг (методология, так как в п. 3).





Температура излучателя  
Температура зачерненной пластины  
Температура (С)  
Время

- Система в течение всего цикла работы получила 0,447 кВт/ч электроэнергии.
- Время работы системы:  $\tau=2$  часа 34 мин = 2,57 ч
- Температура воды повысилась от 18° С до 46° С.
- Температура воздуха повысилась от 18° С до 66° С

Для точной оценки всей, производимой тепловой энергии оценивается также количество тепла, полученное через сам воздух в камере

Объем камеры:

$$V = 1m \cdot 0,6m \cdot 0,3m = 0,18 m^3$$

Количество тепла, полученное через воздух:

Масса воздуха, при определении плотности ( $T_{char}$ )  $\rho=1,11$  кг/м<sup>3</sup>

$$m = V \cdot \rho = 0,18 \cdot 1,11 = 0,198 kg$$

Определяем удельную теплоемкость воздуха (для  $T_{char}$ ) 1007 Дж/кг

$$Q_p = c_p \cdot m_p \cdot (t_{pk} - t_{pp}) = \frac{1007J}{kgK} \cdot 0,198kg \cdot (65-18) = 9619 Дж$$

Рассчитываем количество тепла, полученное через воду

$$Q_w = m_w \cdot c_{pw} \cdot (t_{wk} - t_{wp}) = 6 \cdot 4200 \cdot (38 - 18) = 702156J$$

Рассчитываем максимальное количество потерь в окружающую среду во время работы системы

$$Q_{start max} = \dot{Q}_{start max} \cdot \tau = 23,6W \cdot 2,13 h = 0,05kWh = 446292J$$

Суммарный поток производимого тепла

$$Q_c = Q_p + Q_w + Q_{start max} = 1158067J$$

Общее количество электроэнергии, полученной из сети

$$Q_e = 0447kWh = 1620000J$$

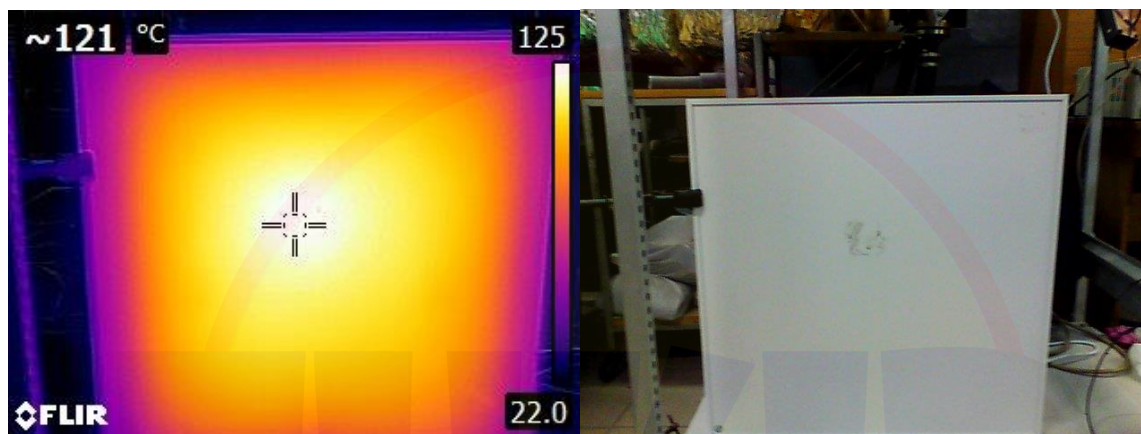
Оценка производительности системы:

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_e} \cdot 100\% = 71,5\%$$

МАКСИМАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ  
БУДЕТ НЕ БОЛЬШЕ, ЧЕМ 71,5%

## Определение процентного количества энергии, излучаемой с испытуемого образца

Для определения количества тепла, излучаемого телом путем радиации, была построена специальная измерительная система, показанная на рисунках ниже. Эта система состоит из ряда пластин, „зачерненных” краской, расположенных перпендикулярно к „излучателю”, а также под углом 30°. Элементы, поглощающие радиационное излучение, которые были закреплены на „столбиках” из пенопласта измеряются индивидуально, для определения их температур. Во время измерений мерялась также температура предмета, определялась его излучательная способность, а также количество потребляемой электроэнергии во времени.



Результаты экспериментальных данных:

TA1	TB1	TC1	TA2	TB2	TC2	TPC	Тр	МОЩНОСТЬ
С	С	С	С	С	С	С	С	W
19,4	19,1	19,2	19,5	20,1	19,4	18,1	21,8	446
23,1	21,1	19,9	21,5	20,2	19,9	18,75	57,8	457
23,6	21,4	20,2	21,7	20,4	20,1	19,0	58,7	457
23,8	21,5	20,1	22,0	20,4	20,1	18,8	88,7	454
23,6	21,4	20,1	21,7	20,3	20,1	18,7	91,25	454
23,1	19,7	19,8	21,6	20,0	19,6	18,7	91,3	453
23,6	20,7	19,7	21,7	20,1	19,6	18,7	93,7	451
24,2	21,5	20,6	22,0	20,7	20,4	19,2	97,8	451

Из анализа измерительных данных и графиков видно, что система работает короткими циклами  $j$ . В связи с этим, для расчетов могут быть приняты значения температур и потребления электрической энергии из последней серии измерений (после более чем 5 ч работы).

Для определения составляющей от излучения и потерь тепла в окружающую среду следует воспользоваться приведенной ниже методикой:

$$\dot{Q}_r = 5,67 \cdot \varepsilon_{1-2} \cdot A_1 \cdot \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Где:

$\dot{Q}_r$  – количество тепла, полученное путем радиации через модельное тело

$C_0=5,67$  Вт/м<sup>2</sup>К – Постоянная Стефана Больцмана для абсолютно черного тела

$\varepsilon_{1-2}$  – излучательная способность системы тел – излучающее тело, – поглощающее тело

$T_1$  – температура излучающего тела в К

$T_2$  – температура поглощающего тела в К

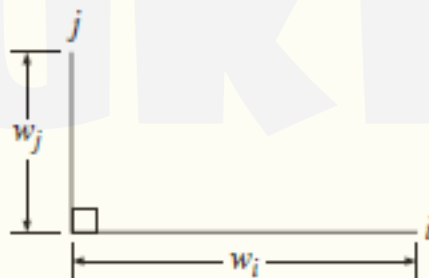
$A_1$  – площадь поглощающего тела

Рассчитываем излучательную способность системы тел за принципом:

- излучательная способность радиоактивного тела была определена на основании измерений на 0,9
- излучательная способность зачерненного тела 0,99

Определяем средний коэффициент конфигурации для системы тел как на схеме:

В нашем случае мы имеем две системы конфигурации, первая из них представлена ниже



Размеры излучающей пластины:

$$W_i = 0,5 \text{ м}$$

$W_{\text{Дж1А}}$  – (в соответствии со снимками, первый датчик, находящийся ближе всего к пластине, установлен в нее перпендикулярно)

$$W_{\text{Дж1А}} = 1 \text{ м}$$

$$W_{\text{Дж1В}} = 1,5 \text{ м}$$

$$W_{\text{Дж1С}} = 2 \text{ м}$$

$$\varphi_{i-j} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 + \frac{W_j}{W_i} - \left[ 1 + \left( \frac{W_j}{W_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\varphi_{1A} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{0,5} - \left[ 1 + \left( \frac{1}{0,5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} = 0,38$$

$$\varphi_{1B} = 0,42$$

$$\varphi_3 = 0,44$$

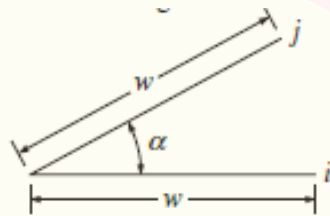
Отдельные излучательные способности равны:

$$(\varepsilon_{1-2})_{1A} = 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,38 = 0,34$$

$$(\varepsilon_{1-2})_{2A} = 0,37$$

$$(\varepsilon_{1-2})_{3A} = 0,39$$

Аналогично для системы под углом  $30^\circ$



$$\varphi_{2A} = 1 - \sin \frac{1}{2} \alpha$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\varphi_{2A} = 0,3497$$

$$\varphi_{2A} = \varphi_{2B} = \varphi_{2C}$$

Отсюда:

$$(\varepsilon_{1-2})_{2A} = (\varepsilon_{1-2})_{2B} = (\varepsilon_{1-2})_{2C} = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,35 = 0,31$$

Все зачерненные пластины имели размер 10 см на 10 см, отсюда площадь  $A_1 = 0,01 \text{ м}^2$

Рассчитываем отдельные потоки тепла:

$$\dot{Q}_{r1A} = 5,67 \cdot 0,36 \cdot 0,01 \cdot \left( \left( \frac{97,8 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{24,2 + 273}{100} \right)^4 \right)$$

$$\dot{Q}_{r1A} = 2,4 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r1B} = 2,7 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r1C} = 2,85 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r2A} = 2 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r2B} = 2,02 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{r2c} = 2,03W$$

Затем определяем потери тепла в окружающую среду для каждой из пластин:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda}$$

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$g$  = ускорение свободного падения,  $m/c^2$

$\beta$  = коэффициент теплового расширения,  $1/K$  ( $\beta = 1/T_{ch}$ ) идеальный газ

$T_s$  = температура разогретой поверхности,  $^{\circ}C$

$T_f$  = температура воздуха,  $^{\circ}C$

$L$  = высота,  $m$

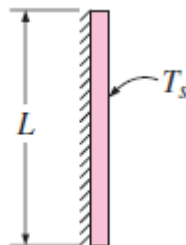
$\nu$  = коэффициент кинематической вязкости  $m^2/c$

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{\lambda}$$

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$T_{ch} = \frac{(T_s + T_f)}{2}$$

Для горизонтальной заизолированной пластины с одной стороны, число Нуссельта можно определить по формуле:



$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$



$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$T_{ch} = \frac{(T_s + T_f)}{2} = 21,7$$

$$Gr_{1A} = 9,1$$

$$Pr = 0,703$$

$$Ra = 5 \cdot 0,703 = 3,52$$

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\} = 1,27$$

$$\frac{Nu \cdot \lambda}{L} = \alpha$$

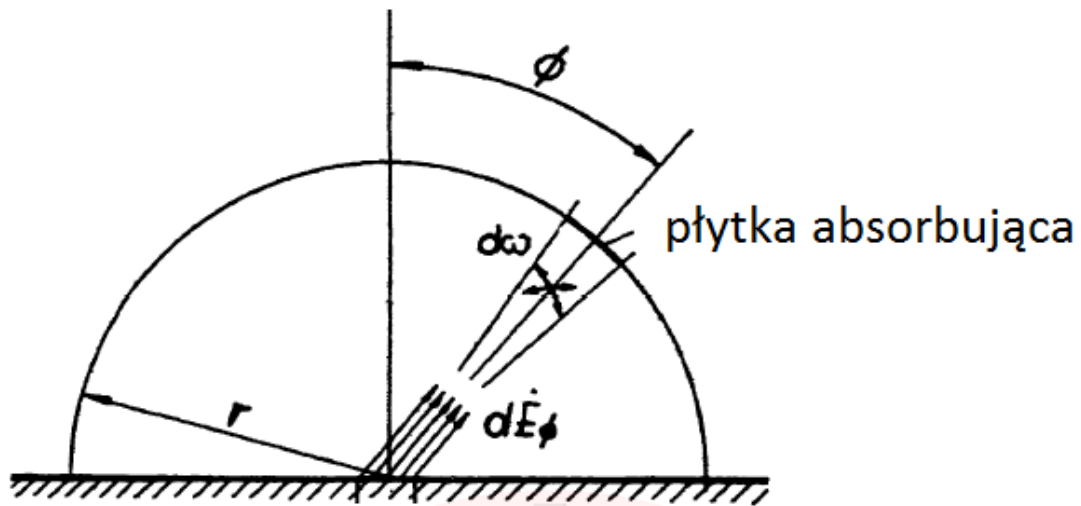
Отсюда:

$$\alpha = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Принимаем ситуацию расчетов для средних значений. На основании предыдущих расчетов можно оценить, что для поверхностей, перпендикулярных к нагревательной пластине, количество поглощенной энергии составляет около 1,5 В, аналогичная ситуация и для поверхностей, расположенных под углом к излучателю.

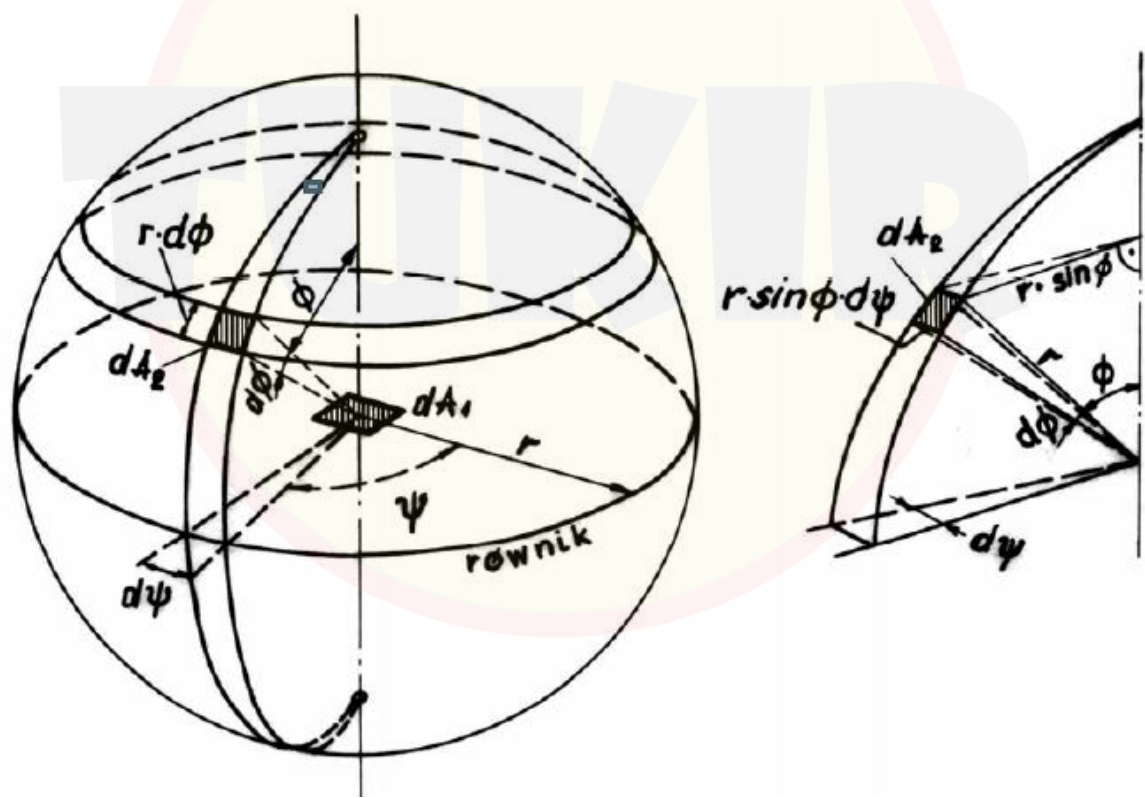
Рассчитываем количество тепла, которое поглотила бы поверхность полусферы с радиусом 1м

$$P = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \right) =$$



Badana płytka

Абсорбирующая плита  
Испытуемая плита



Доступную поверхность мы делим на площадь единичной пластины, для которой мы знаем количество поглощаемого тепла

$$N = 2,09 / 0,01 = 209$$

$$\dot{Q}_r = 307 \text{ W}$$

Рассчитываем количество потерь тепла в окружающую среду для средней разницы температур 3 К.

$$\dot{Q}_{str} = \alpha \cdot A \cdot \Delta T = 1,6W$$

Все поглощаемое тепло составляет

$$\dot{Q}_a = \dot{Q}_r + \dot{Q}_{str} = 308,9W$$

Средняя потребляемая устройством мощность составляет 450 Вт.

Зная, что КПД устройства составляет 71,5%, мы имеем

$$\dot{Q}_c = 0,715 \cdot 450 = 321,8 W$$

Рассчитываем процентную долю радиационного излучения в балансе устройства.

$$\eta_r = \frac{308,9}{321,8} \cdot 100\% = 96\%$$

Дополнительные неучтенные потери.

Пояснение!

1. В данных расчетах мы не учли и не считали тепло переданное от пластины (плиты №1) стенке согласно эффекта молекулярного резонанса кристаллических решёток углерода и керамики в связи с отсутствием такой возможности в наших условиях.
2. Предоставляемая пластина (плита №1) внутри не обрабатывалась специальным составом увеличивающим инфракрасный поток внутри плиты на поглощение дополнительного тепла распространяемого от нити до керамической поверхности пластины.
3. Плита №1 не была вакуумированна внутри.
4. Состав используемой керамики из-за своих не высокотемпературных свойств , не позволили внутри пластины (плиты № 1) повысить температуру нагрева нити в 2-3 раза для увеличения инфракрасного излучения.