

Утверждаю:



Директор НИИ «Энерго эффективных  
технологий» КГТУ им. А.Н.Туполева

Р.Р.Салахов

«16» февраля 2015 г.

## ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Наименование отчета: «Определение энергетических характеристик электронагревательного прибора РЭССИ-150»

Казань 2015

## Список исполнителей

д.т.н., профессор

Гуреев В.М.

подпись, дата

н.с.

Калимуллин Р. Р.

подпись, дата

м.н.с.

Салахов И.Р.

подпись, дата

н.с.

Гараев А.Р.

подпись, дата

техник

Макаров А.Н.

подпись, дата

## Реферат

Отчет с. 19, рис. 11, табл. 2

### ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬ, ТЕМПЕРАТУРА, МОЩНОСТЬ, КПД.

Объектом исследования является: электронагревательный прибор РЭССИ-150.

Цель работы — целью выполнения НИР является проведение серии экспериментов по определению энергетических характеристик испытуемого образца.

В отчете представлены результаты: фотографии тепловизионной съемки климатической камеры, таблицы с показаниями датчиков внутри климатической камеры, таблицы результатов калориметрических испытаний.

## Содержание

Основные условные обозначения и формулы	5
Введение	6
Аналитический отчет о проведении экспериментальных исследований	7
Заключение	18
Список литературы	19

## Основные условные обозначения и формулы

P - Вт, электрическая мощность;

I - А, сила тока;

U - В, напряжение;

Q<sub>п</sub> - Дж, количество теплоты, отданное массе воздуха за промежуток времени  $\tau$ ;

c<sub>p</sub> - Дж/(кг\*К), теплоемкость воздуха при постоянном давлении;

G<sub>τ</sub> - кг, масса воздуха, прошедшего за время  $\tau$ ;

$\rho$  - кг/м<sup>3</sup>, плотность воздуха;

v<sub>τ</sub> - м/с, средняя скорость потока воздуха за промежуток времени  $\tau$ ;

d - м, диаметр сечения трубы с анемометром;

m - кг/с, моментальный расход воздуха;

$\eta=Q/P$  - КПД;

W=F\*(1+i)\*Δt\*K - Вт, мощность необходимая для обогрева помещения;

F - м<sup>2</sup>, площадь отапливаемого помещения;

Δt - °C, разница температур между средней температурой атмосферного воздуха при отопительном сезоне и установленной ГОСТ30494-96 температурой в помещении;

K — Вт/(м<sup>2</sup>\*К), коэффициент рассеивания энергии, равный для помещений из дерева или металла без теплоизоляции 3÷4; из одинарной кирпичной кладки с небольшой теплоизоляцией 2÷2,4; из двойной кирпичной кладки со средней теплоизоляцией 1,0÷1,9; из кирпичной кладки и двойной теплоизоляцией 0,6÷0,9;

## Введение

Задача отопления помещения с минимальными затратами энергоресурсов всегда является актуальной. На сегодняшний день существует множество способов поддерживать оптимальную температуру помещения: отопление вентиляцией, водяное отопление от централизованных теплосетей или обогревательных котлов, электрическими нагревательными приборами.

Зачастую, некоторые из перечисленных выше способов недоступны в силу удаленности от тепловых, газовых сетей или перебоев в их работе. Однако, практически все отапливаемые объекты имеют доступ к электросетям. Это и становится основной причиной столь большой популярности электронагревательных приборов.

Рынок электронагревательных приборов весьма большой — от простых трубчатых электронагревателей до инфракрасных панелей, способных отапливать целые ангары и павильоны. Рассматриваемый в работе аппарат нацелен на аудиторию, стремящуюся к экономии электроэнергии при отоплении небольших площадей.

Испытываемый отопительный прибор совмещает в себе свойства как радиаторов, так и конвекторов.

## Аналитический отчет о проведении экспериментальных исследований

Согласно техническому заданию были проведены следующие виды работ:

- Тепловая мощность обогревателя при напряжении в 220 вольт.
- КПД обогревателя.
- Площадь и объем обогрева помещения данным обогревателем.
- Потребление обогревателем электроэнергии кВт\*ч на м<sup>2</sup> отапливаемой площади (или на 1 м<sup>3</sup>) через терморегулятор для поддержания температуры 21°C.
- Рассеивание тепла в зависимости от расстояния до обогревателя (тепловой поток).

Для снятия энергетических характеристик электроотопительного прибора «РЭССИ-150» было использовано следующее оборудование: цифровой мультиметр MAS838, крыльчатый анемометр АКТАКОМ ATT-1005 с возможностью определения температуры окружающей среды, тепловизор Guide IR928, электрический счетчик Меркурий 201, электрический терморегулятор с датчиком температуры UTH-200, мультивольтметр В7-58/2, лабораторный ЛАТР М1, регистратор РМТ-59 с термометрами сопротивления Pt100/

Технические характеристики мультиметра MAS838 (рис. 1)



Рис. 1 - Мультиметр MAS838

- Постоянное напряжение: 200m/2/20/200V:  $\pm 0.5\%$ , 1000V:  $\pm 0.8\%$
- Переменное напряжение: 200/750V:  $\pm 1.2\%$
- Постоянный ток: 200 $\mu$ /2m/20mA:  $\pm 1.0\%$ , 200mA:  $\pm 1.5\%$ , 10A:  $\pm 3\%$
- Сопротивление: 200/2K/20K/200K $\Omega$ :  $\pm 0.8\%$ , 2M $\Omega$ :  $\pm 1.0\%$
- Температура (MAS838): -20°C — 1000°C
- Коэффициент усиления транзисторов по току: 1 - 1000

Технические характеристики анемометра АКТАКОМ ATT-1005 (рис. 2)



Рис. 2 - АКТАКОМ ATT1005

- Измерение скорости воздушного потока в диапазоне 0,8...25,0 м/с с разрешением 0,1 м/с;
- Погрешность  $\pm(0,2+0,05V)$  м/с, где V – скорость воздушного потока;
- Измерение объема воздушного потока в диапазоне 0...999900 м<sup>3</sup>/мин с разрешением 0,001...100 м<sup>3</sup>/мин;

- Измерение температуры в диапазоне 0°...50 °C с разрешением 0,1 °C;
- Температурный датчик: прецизионный термистор;
- Последовательный интерфейс RS-232.

Технические характеристики тепловизора Guide IR928 (рис. 3)



Рис. 3 - Тепловизор Guide IR928

- Диапазон измерений: От -20 °C до 250 °C;
- Минимально различимая разность температур 0,1 °C (при 30°C);
- Точность измерений ±2 °C или ±2% от значения показаний;
- Детектор: детектор матричного типа, без охлаждения, устанавливается в фокальной плоскости объектива (микроболометр);
- Спектральный диапазон: 8-14 мкм;
- Поле зрения: I.F.O.V. 1,5 мрад;
- Диапазон фокусировки: от 50 см до ∞;
- Угловое поле зрения: 27,0 0 (Г) x 20,0 0 (В) ±5% ;
- Частота кадров: 60 кадров/с;

## Технические характеристики Электрического счетчика Меркурий 201.

- Номинальное напряжение 230В
- класс точности 1,
- ЖК-дисплей (два знака после запятой),
- Однотарифный температурный режим от -40 до +55
- размер 105/105/65



Рис. 4 - Электрический счетчик Меркурий 201

## Технические характеристики терморегулятора UTH-200

- Номинальное рабочее напряжение, В 220
- Диапазон допустимых напряжений, В 85 ... 265
- Диапазон контролируемых температур, °C +1 ... +60
- Максимальный ток коммутации, А 18.5
- Максимальная коммутируемая нагрузка, кВт 4.0
- Датчик температуры пола NTC (5 кОм)
- Габаритные размеры, мм 120\*70\*30



Рис. 5 - Терморегулятор UTH-200

#### Технические характеристики мультивольтметра В7-58/2

- Питание 220 В/50 Гц
- Диапазон рабочих температур окружающей среды +5...+40°C
- Габаритные размеры 75 x 240 x 234 мм
- Диапазоны измерения 200 мВ; 2; 20; 200; 700 (2000) В
- Разрешающая способность 100 мВ; 1; 10; 100 мВ; 1 В
- Основная погрешность измерения 0,6 %
- Диапазон частот 20 Гц - 100 кГц
- Входной импеданс 10 МОм / 50 пФ



Рис.6 - Мультивольтметр В7-58/2



Рис.7 - лабораторный ЛАТР М1



Рис.8 – Регистратор РМТ-59

Для определения мощности прибора в цепь был подключен параллельно вольтметр MAS838, а также подключенный последовательно мультивольтметр В7-58/2. Т.к. фактическое напряжение сети составляло 229В, то для испытаний прибора отопления напряжение доводилось до 220В при помощи лабораторного автотрансформатора ЛАТР - 1М. Дополнительно в цепь был последовательно подключен терморегулятор. Электрическая мощность определялась по формуле  $P=I \cdot U$  Вт, где I – сила тока, U – напряжение.

При испытаниях напряжение подаваемое на конвектор колебалось от 219В до 221В. Результаты приведены в ниже в таблице 1.

Таблица 1. Определение электрической мощности

<b>U, В</b>	<b>I, А</b>	<b>P, Вт</b>
220,0	0,68	149,60
220,0	0,67	147,40
220,0	0,67	147,40
224,0	0,68	152,32
220,0	0,67	147,40
221,0	0,67	148,07
219,0	0,67	146,73
220,0	0,67	147,40
218,0	0,67	146,06
220,0	0,67	147,40
219,0	0,67	146,73
219,0	0,67	146,73
215,0	0,66	141,90
220,0	0,67	147,40
223,0	0,68	151,64

Среднее значение мощности составило 147,6 Вт, что составляет 98,4% от номинальной мощности отопительного прибора.

Теплоизолированным помещением выступила терmostатированная комната со следующими габаритами: 5500 мм в длину, 3600 мм в ширину и 2100 мм в высоту.

Для определения тепловой мощности и количества энергии, отданной прибором

«Рэсси-150» за 1 час при температуре в комнате 21°C, был собран

теплоизолированный бокс (рис. 9). В данный бокс с одного торца при помощи вентилятора нагнетался воздух из помещения, с противоположного торца находится выходной патрубок, с площадью проходного сечения  $0,00216 \text{ м}^2$ , в который вмонтирован анемометры ATT1005. Во время испытаний бокс располагался таким образом, чтобы панель «РЭССИ-150» располагалась в нем горизонтально.



Рис. 9 — Теплоизолированный бокс для проведения калориметрических испытаний и расположение испытуемого электронагревателя в теплоизолированном боксе.

Данное расположение аппарата и габариты теплоизолированного бокса позволяют задействовать конвекти́вный и радиационный теплообмен испытуемого объекта при проведении калориметрических испытаний.

Для определения КПД нагревательного прибора «РЭССИ-150» он был

помещен в герметичный теплоизолированный бокс. Под КПД понимается отношение затраченной обогревателем электрической мощности к тепловой мощности, отданной обогревателем воздуху. Одновременно происходило измерение электрического напряжения  $U$  и силы тока  $I$  – для получения электрической мощности  $P$ ; измерение температуры воздуха на входе  $t_1$  и выходе  $t_2$  из бокса и скорость истечения воздуха  $G$  (расход) – для определения тепловой мощности  $q$ .

Формулы для вычислений  $P=IU[\text{Вт}]$ ,  $q=G*Cp(t_1-t_2)[\text{Вт}]$ .

Таблица 2. Определение КПД отопительного прибора

$t_1$	$t_2$	$F, \text{м}^2$	$G, \text{кг}/\text{с}$	$q, \text{Вт}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$P, \text{Вт}$	$\eta, \%$
40,8000	20,2800	0,00216	0,007123803	146,9113	220,00	0,67	147,4000	0,9967
40,5600	20,2200	0,00216	0,007052823	144,1717	218,00	0,67	146,0600	0,9871
40,7000	20,2100	0,00216	0,00710097	146,2264	220,00	0,67	147,4000	0,9920
40,4900	20,2000	0,00216	0,007128382	145,3581	219,00	0,67	146,7300	0,9906
47,4700	20,4800	0,00216	0,005326018	144,4680	219,00	0,67	146,7300	0,9846
49,3400	20,8800	0,00216	0,005135224	146,8792	220,00	0,67	147,4000	0,9965

$Cp = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$  – теплоемкость воздуха.

Среднее значение КПД приближается к 100% и составляет 98,46-99,67%. Отклонение от 100% объясняется погрешностью измерительного оборудования.

Определение площади отапливаемого помещения. При условии, что напряжение в электрической сети 220 В, измеренная мощность прибора составила 145,7 Вт. При данной мощности прибор «РЭССИ-150», если принять за среднюю температуру отопительного сезона  $-5,2^\circ\text{C}$ , температуру внутри помещения  $21^\circ\text{C}$  и следующие коэффициенты -  $K=1,4$  и  $i=0,35$ , отапливаемая площадь составит  $F=P / [(1+i)\cdot\Delta t\cdot K] = 145,7 / [(1+0,35)\cdot(21-(-5,2))\cdot 1,4] = 2,95 \text{ м}^2 \approx 3 \text{ м}^2$

Далее определим удельное потребление электрической энергии за час работы прибора в режиме поддержания температуры  $21^\circ\text{C}$ . Была проведена серия экспериментов. Далее приводится измерение потребления электроэнергии за два часа и определяется потребление за час. За два часа

показания счетчика изменились с 9,16 до 9,42 кВт\*ч.

Разницу показаний счетчика за два часа делим на два:  $(9,42 \text{ кВт*ч} - 9,16 \text{ кВт*ч})/2 = 0,130 \text{ кВт*ч}$  – потребление электроэнергии, необходимое для обогрева комнаты объемом 41,6 куб.м.(терmostатированная комната 3,6\*5,5\*2,1). Вычисляем удельное потребление на 1 м<sup>3</sup>:  $130/41,6 = 3,125 \text{ Вт*ч/м}^3$ .

Для определения рассеивание тепла в зависимости от расстояния до обогревателя была проведена съемка телевизором Guide IR928. Для поглощения выделяемого отопительным прибором излучения была использована бумага со степенью черноты 0,95. А так же вертикально была установлена рейка из полиуретана. На рис. 10 представлено распределение теплового потока на расстоянии 1,1 м., так как на большем расстоянии прогрев поверхности за счет теплового излучения практически не заметен. Это связано с увеличением расстояния от источника излучения и уменьшением угла падения излучения. Однако надо понимать, что поверхность пола поглотит всю излучаемую прибором теплоту, т.к. обогреватель располагается параллельно с ним. На рис. 11 показано распределение температуры по линии L1 на полиуретановой рейке. Температура на поверхности нагревателя 61 °C.

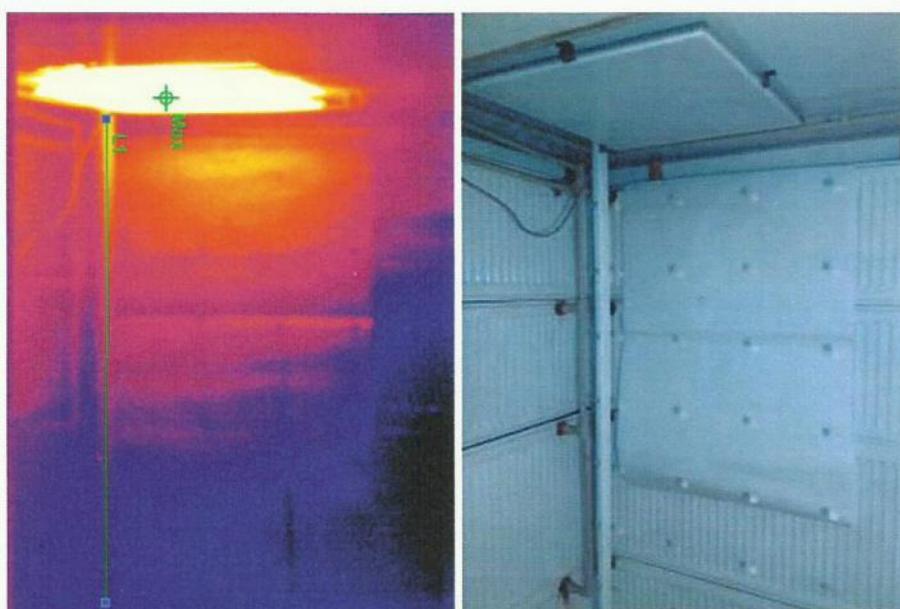


Рис. 10– Картина рассеивания теплоты в инфракрасном и видимом диапазонах.

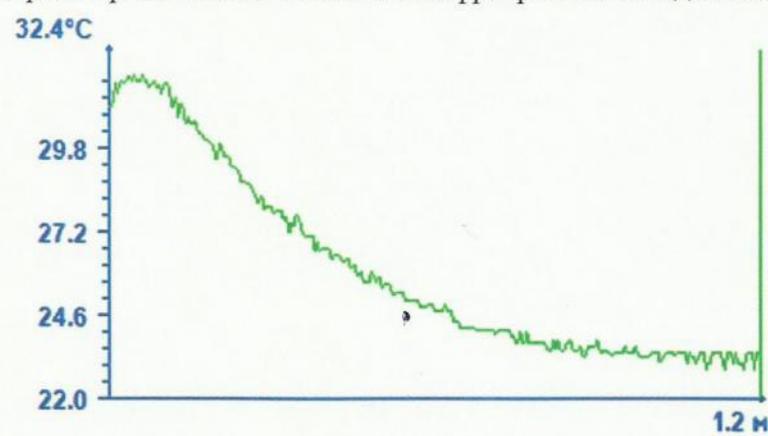


Рис. 11 – Изменение температуры поверхности на расстоянии 1,2 м.

прибора.

## Заключение.

- По итогам проведенных исследований установлено:
- Потребляемая мощность прибора — 147,6 Вт ( $\pm 5\%$ );
- Выделяемая тепловая мощность — 145,7 Вт ( $\pm 5\%$ );
- КПД прибора — 98,46-99,67 ( $\pm 3\%$ );
- Возможная площадь отопления для средне утеплённого помещения — 3 м<sup>2</sup>;
- Потребление обогревателем электроэнергии кВт\*ч на м<sup>3</sup> отапливаемой площади через терморегулятор 1,87 Вт\*ч/ м<sup>3</sup>

### Список литературы

1. Бакластов А.М. И др. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок: Учебн. Пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 336 с.
2. Рыбкин Н.П., Орлова М.П., Баранюк Н.К., Измерительная техника. 1974. № 7. С. 29.
3. Кирьянов К.В. Калориметрические методы исследования. Н.Новгород. Образование. 2007. 78 с.