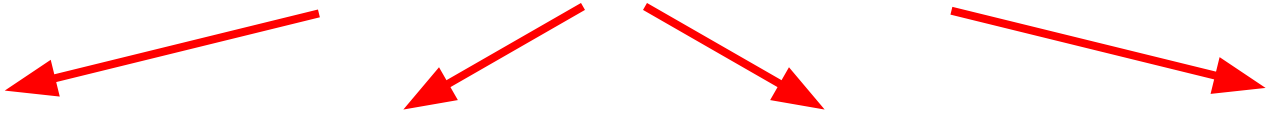
Лекция 8. Средства радиационного нагрева.

Классификация средств нагрева



Контактный нагрев	Объемный нагрев	Конвективный нагрев	Радиационный нагрев
Электрические источники	СВЧ-нагреватели, прямое пропускание тока	Аэродинамические трубы, газодинамические стенды на базе твердого и жидкого топлив, электродуговые установки	Электрические источники с твердым телом накала и газоразрядные, лазеры, солнечные печи, солнечно-лазерные системы

На стендах решаются задачи по определению

- теплофизических, оптических, механических, радиофизических и других свойств конструкционных и теплозащитных материалов;
- термической стойкости, деградации материалов и покрытий в условиях, воспроизводящих условия окружающей среды;
- несущей способности силовых конструкций при термомеханическом статическом или динамическом нагружении;
- верификации результатов математического моделирования температурного состояния конструкций в условиях, воспроизводящих условия окружающей среды, работу бортового оборудования, в том числе системы обеспечения теплового режима.

Конструкции нагревателей

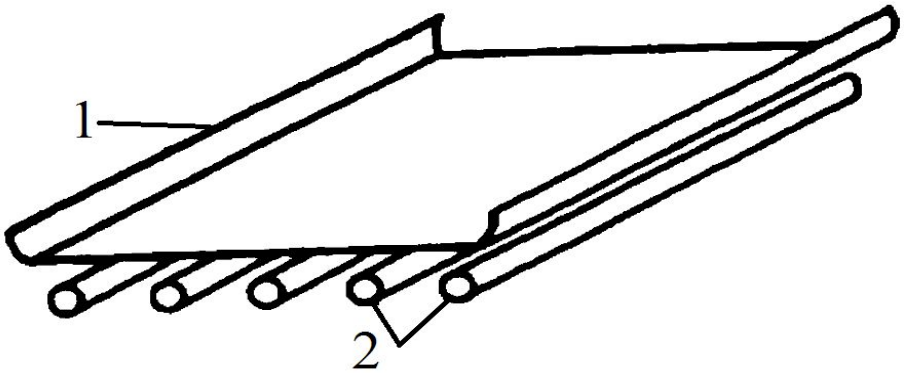


Схема инфракрасного нагревателя:
1 – рефлектор; 2 – излучатели

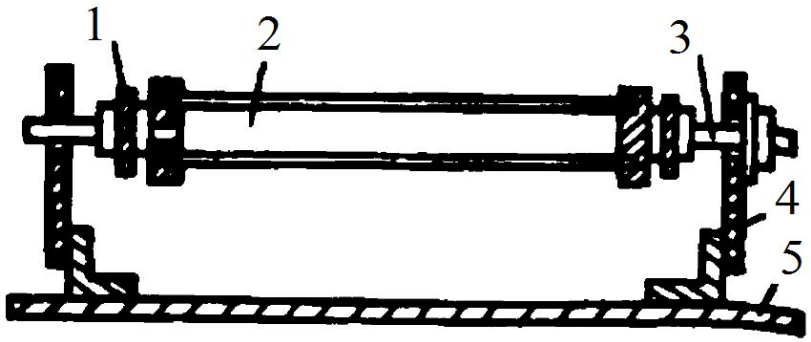


Схема крепления трубчатых излучателей:
1 – шина; 2 – излучатель; 3 – шпилька; 4 – державка; 5 – каркас

<u>Требования к конструкции нагревателей:</u>

1. Нагреватель должен быть легким, и не должен изменять прочность и жесткость испытуемой конструкции.

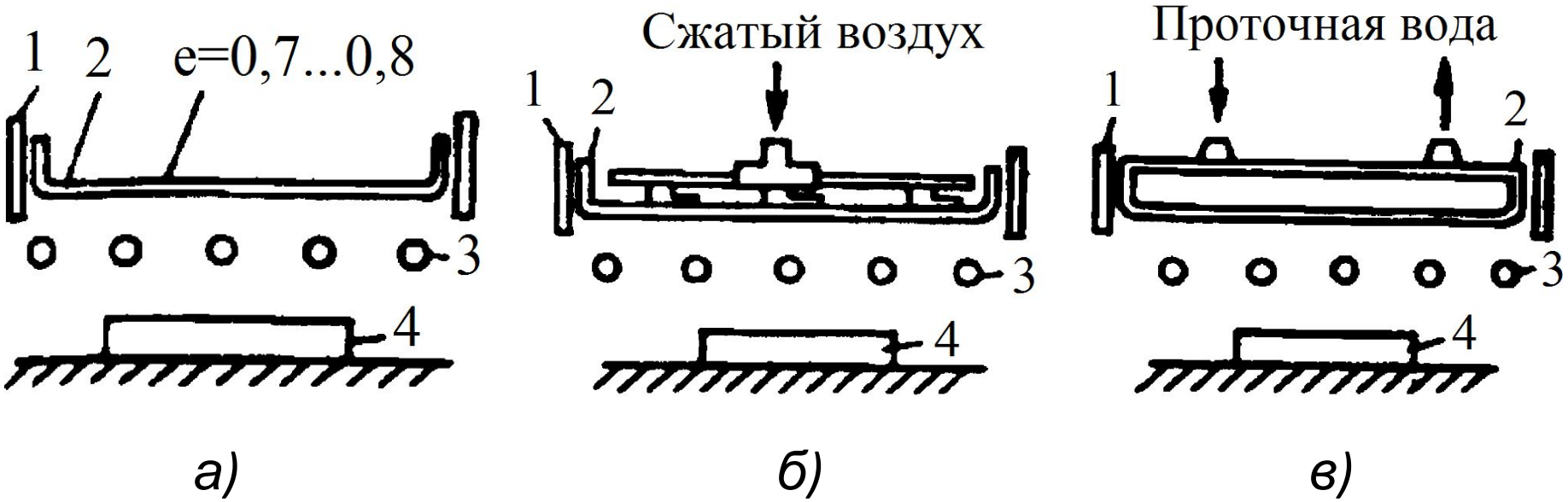
2. Нужно учитывать деформацию конструкции при тепловом испытании.

3. Один конец излучателя нужно закреплять, а другой должен иметь свободу перемещений.

4. При изготовлении трубчатого излучателя нужно, чтобы ширина сварного шва была минимальной. Сварка должна быть качественной, недопустима малая площадь контакта (возникает местный перегрев).

Конструкции нагревателей (продолжение)

В случае применения неохлаждаемого рефлектора его обратная сторона должна иметь высокую степень черноты для повышения интенсивности охлаждения за счет излучения (наносят термостойкие покрытия с высокой степенью черноты). Такие рефлекторы используются при нагреве конструкции до 1100 К, температура же самого рефлектора достигает значений 725 К (а). Если плотность теплового потока составляет от 200 до 300 кВт/м^2, можно использовать рефлекторы, охлаждаемые потоком сжатого воздуха (б). Если плотность теплового потока более 300 кВт/м^2, применяются рефлекторы, охлаждаемые водой (в).



а) *б)* *в)*

1 – корпус нагревателя; 2 – рефлектор; 3 – излучатели;
4 – нагреваемый объект

Типы источников излучения

1) Источники с твердым телом накала.

а) Источники излучения, выполненные из нихромовых (ХН20ЮС, Х20Н80-Н) и железохромалюминиевых (Х15Ю5, Х23Ю5) сплавов;

б) Источники излучения на основе вольфрама, молибдена, ниобия;

в) Карбидокремниевые источники (КЭН А, КЭН Б);

г) Источники излучения из дисилицида молибдена;

д) Хромитлантановые нагреватели;

е) Нагреватели с угольными и графитовыми излучателями.

ж) Галогенные лампы

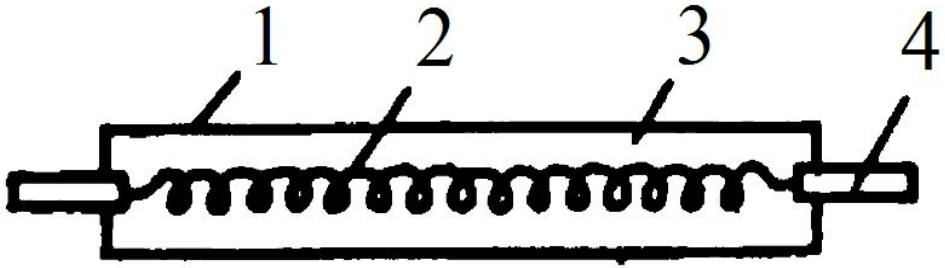
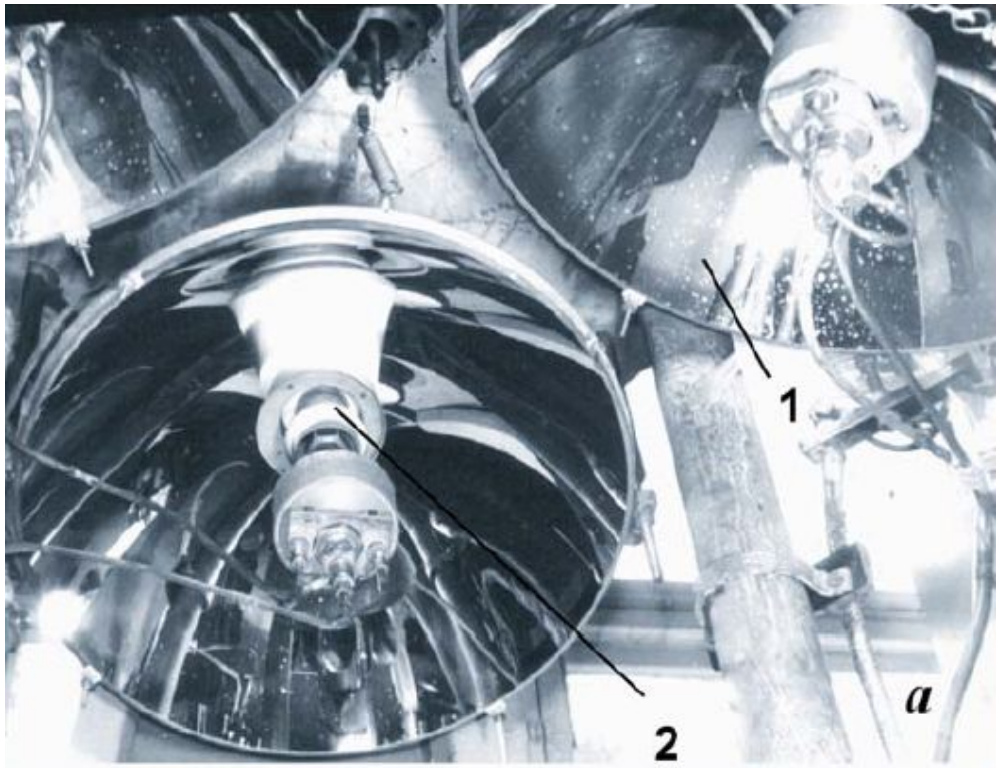


Схема лампы: 1 – кварцевая колба; 2 – вольфрамовая спираль; 3 – пары аргонно-йодовой смеси; 4 – молибденовые выводы



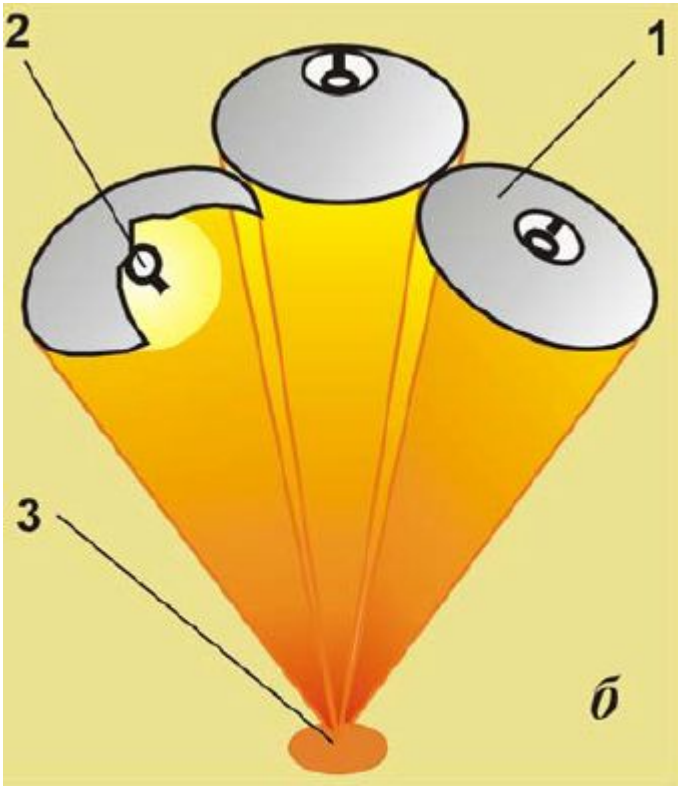


Схема установки «Кристалл-М»: 1 – эллипсоидные отражатели; 2 – лампы;
3 – фокальная зона радиационных излучателей

2) Газоразрядные источники

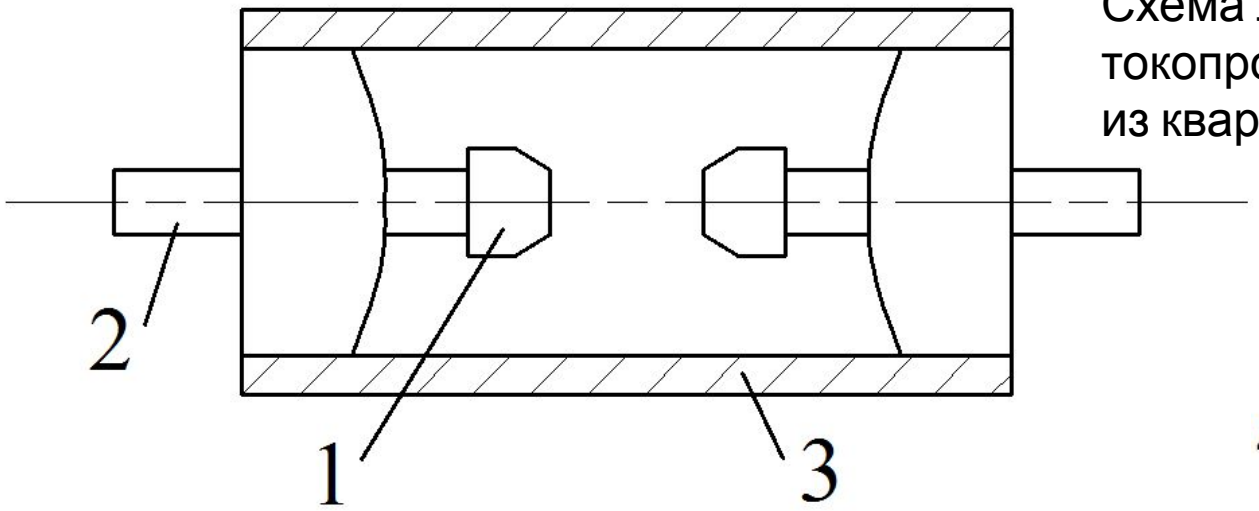


Схема лампы: 1 – электроды; 2 – токопроводы; 3 – разрядная трубка из кварцевого стекла с водным охлаждением

3) Лазеры.

4) Гелиоустановки.

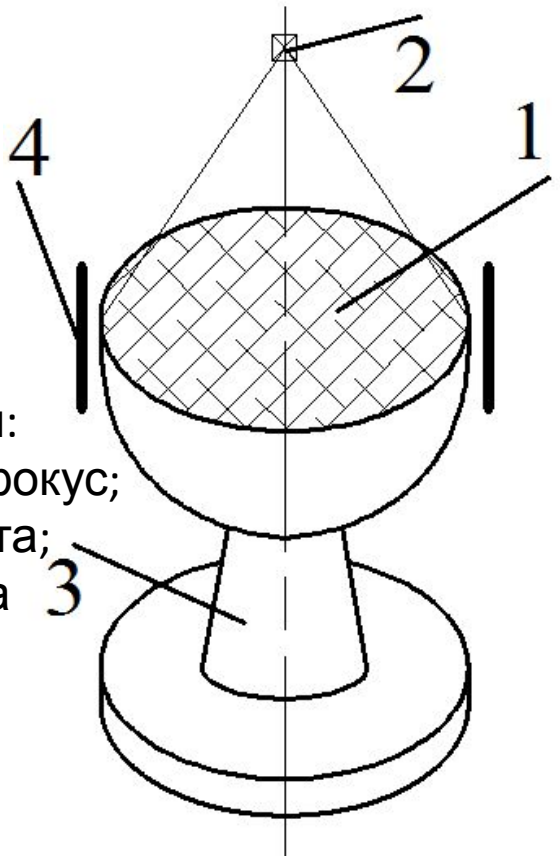


Схема гелиоустановки:
1 – концентратор; 2 – фокус;
3 – устройство поворота;
4 – датчик слежения за солнцем

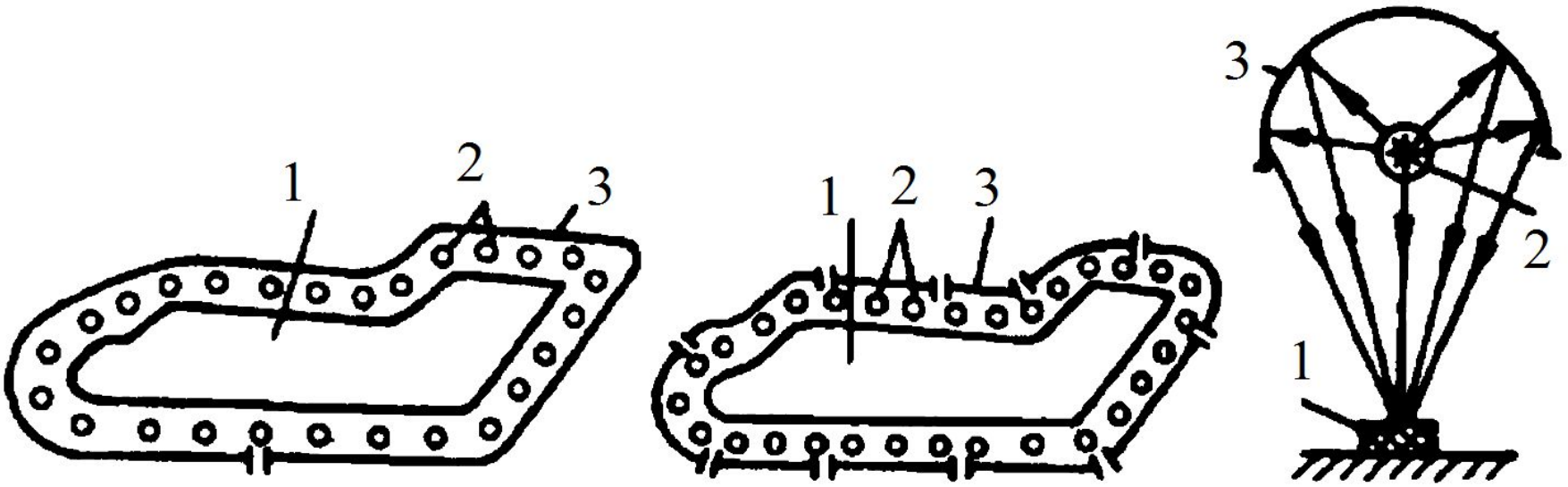
5) Солнечно-лазерные системы.

Способы построения нагревателей из излучательных элементов

1) Интегральный способ (а)

2) Модульный способ (б)

3) Индивидуальный способ



а) *б)* *в)*

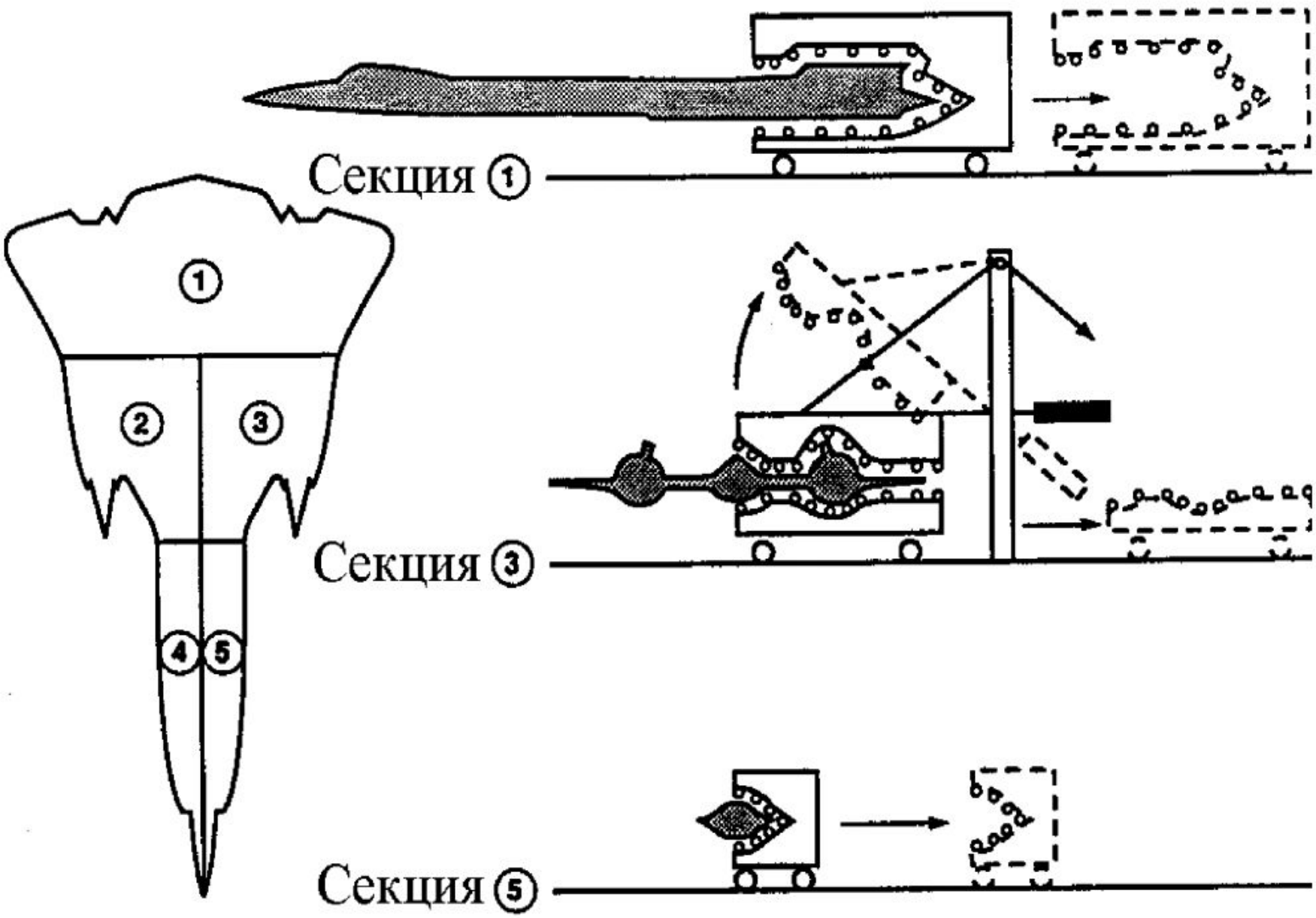


Схема стенда НИЦ Драйдена НАСА для натурных испытаний самолета YF-12

Основные характеристики нагревателей

1) Плотность лучистого потока кВт/м^2 и зависимость ее от подводимой электрической мощности q=f(W).

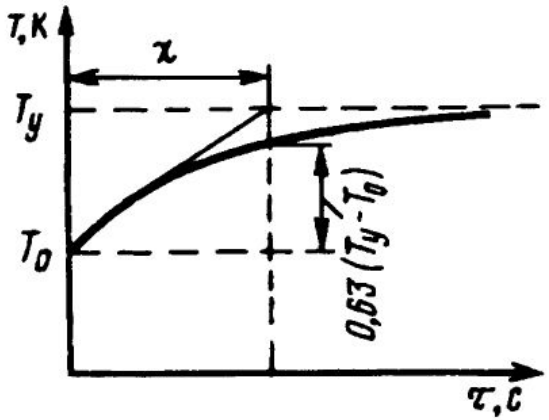
2) Степень неравномерности плотностей лучистых потоков. На нее влияют форма и состояние рефлектора и облучаемой поверхности.

3) Инерционность излучателей (свойство сохранять постоянную температуру) – определяется теплоемкостью излучателей, рабочей температурой и степенью черноты поверхности излучателя, а также конвективным теплообменом с окружающей средой, теплоемкостью рефлекторов и токопроводящей арматуры.

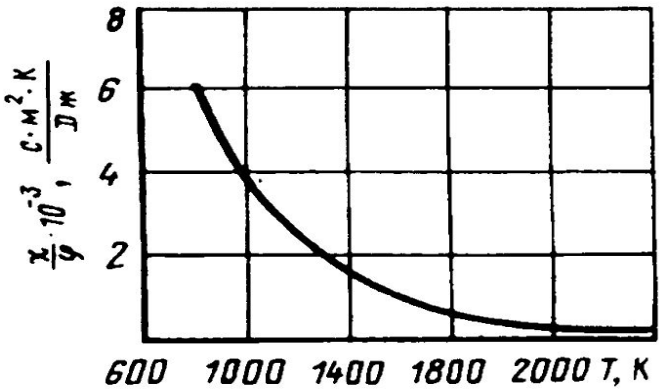
χ / φ – параметр

$\varphi = \frac{c \cdot \delta \cdot \rho}{\varepsilon}$ – характеристика излучателя

где c – удельная теплоемкость материала излучателя при температуре T, Дж/(кг·К); e – степень черноты поверхности излучателя при температуре T; d – определяющий размер излучателя, м; d=V/S; V – объем материала излучателя, м; S – площадь излучающей поверхности материала, м ; в – плотность материала, кг/м^3.



χ – постоянная времени при увеличении от текущей температуры T_0 до T_y



4) Срок службы излучательных элементов.

При определении облика нагревателя решают две задачи:

1. Полагая, что плотность теплового потока от излучателей задана и электрическая мощность используемых установок не ограничивает возможность эксперимента, находят или плотности тепловых потоков, падающих на конструкцию и на рефлектор, или плотности тепловых потоков, аккумулируемых конструкцией и рефлектором в условиях стационарного лучистого теплообмена.

2. Определяют время, за которое создаваемый инфракрасный нагреватель может нагреть испытываемую конструкцию до заданной температуры (строят кривую нагрева)

Тип инфракрасного нагревателя	Рабочая температура излучателя T, К	Максимальная плотность лучистого потока q, кВт/м^2	Максимальная температура поверхности нагреваемой конструкции T, К	Постоянная времени χ, с
Нагреватель с трубчатыми излучателями из сплава ЭИ 868 (диаметр 25 мм, толщина фольги 0,2 мм)	1350	120	1100	2
Нагреватель с силитовыми излучателями (диаметр 14 мм)	1850	350	1500	7
Нагреватель с кварцевыми лампами (диаметр спирали 0,13 мм, диаметр нити 0,25 мм)	3000	600	1400	0,4
Нагреватель с охлаждаемыми колбами кварцевых ламп и рефлекторами	3000	1500	1800	—
Нагреватель с ленточными излучателями из молибдена (ширина ленты 30 мм, толщина 0,2 мм)	2273	—	—	4
Нагреватели с трубчатыми излучателями из графита (диаметр 18 мм, толщина трубки 3,5 мм)	3000	—	—	2