

**Space Solar Power Systems of Gyroscopic and Cyclic Functioning with
Element Compatibility of Components and New Algorithm of Conversion
of Thermal Radiation**

Yu.M. Mar'yinskykh

**Gyroscopic Solar Power Satellite with the New Thermal Conversion
System and Superconductive Generator**

DOI: 10.3103/ S0003701X19060070

**New Generation Thermodynamic Autonomously Managed Space Solar
Power Plant DOI:10.1134/S1810232814040109**

**The Material of the Working Fluid of the Solar Energy Heat Converter
for Space Application**

DOI: 10.2412/mmse.90.3.605



对于自动翻译，我们提前致歉

空间太阳能发电厂 (SPS) 热转换系统项目开发和实施中的问题

● 简要介绍与先前开发的波音公司和罗克韦尔国际公司在美国宇航局计划下获得诺贝尔奖获得者参与的陀螺和循环功能太空太阳能系统开发项目的科学和实践意义。P. Glazer。空间太阳能发电厂项目开发中的主要问题是热转换或光伏转换系统的选择。

● 尽管具有所有优点：热转换系统的效率高(高达39%)，已经掌握了具有发达工业基础的涡轮发电机的生产技术，使用了不稀少的材料来抵抗空间辐射的影响，有些因素阻碍了这些项目的实施。其中包括转换系统平均比重大，平均等于 $3.4 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1}$ 。太阳能卫星 (SPS) (请参阅表)

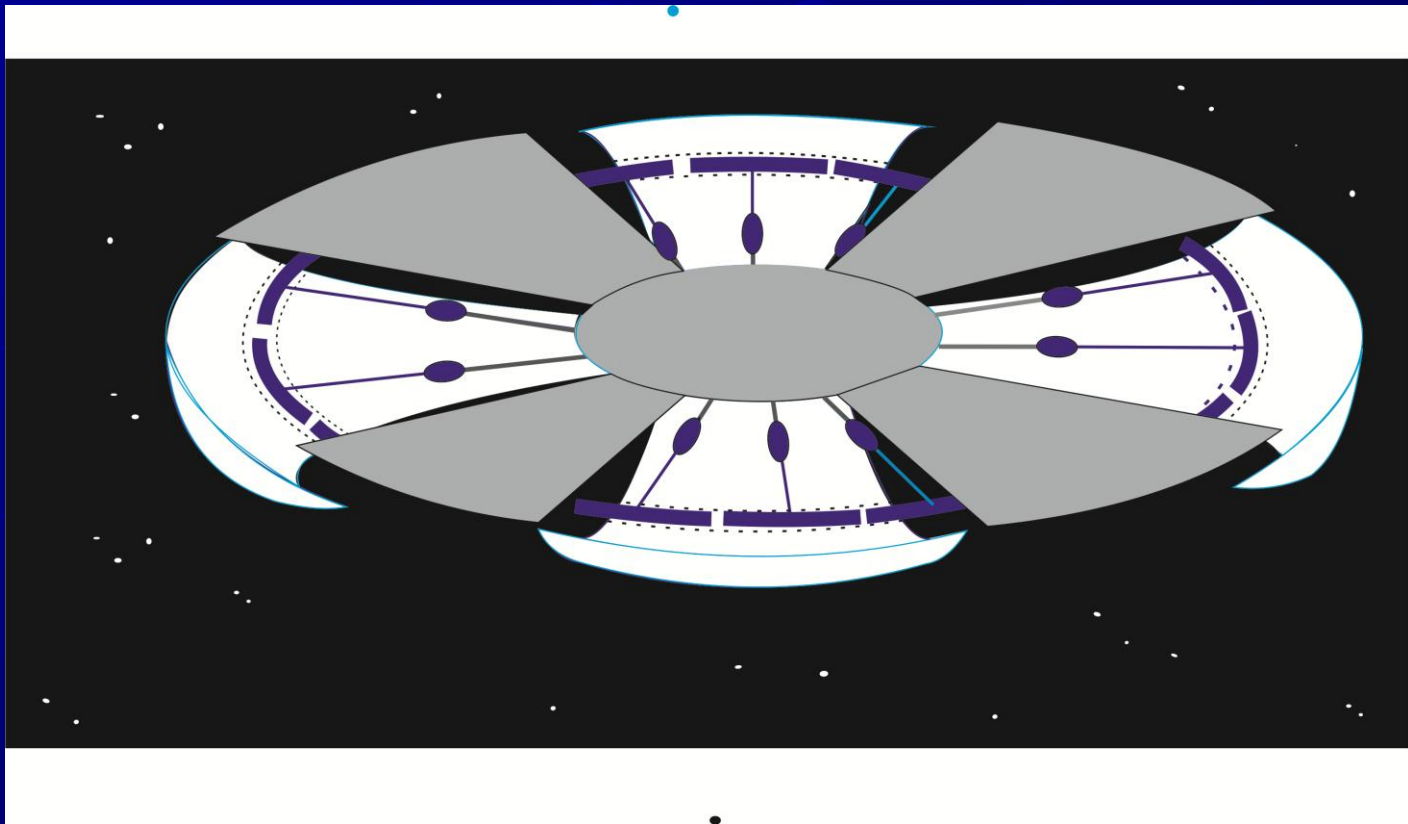
元素	质量
散热系统	10769
支撑结构	6254
工作体(钾)	6085
带有发电机的PTP	1933
构面	1837
辐射接收器	1000
次级电容器	324
合计	48175

SPS设计者（作者的假设）依赖于航天工业未来发展的战略，在这种战略中，运载火箭能够将具有所需重量和尺寸特征的有效载荷运载到对地静止轨道。因此，带有燃气轮机转换系统的项目（其设计旨在在地面接收整流天线的输出电总线上接收10 GW的电力）在热力系统方面会发生变化。结果，需要一种引导系统以将反射辐射包含在接收器开口的入口上方。开发了指导系统。该系统不是制导问题的解决方案，因为在GSPS的操作过程中，将发生机械振动，该振动尽可能接近共振，从而使预期效果为零。机械振动将通过转换系统传递，并可能导致单个谐振单元和GSPS部件损坏的可能性。在项目中不考虑此问题。

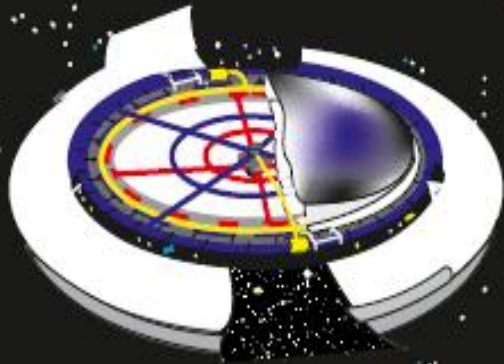
直接光电转换系统在部署空间中具有相对较低质量参数的柔性光电转换面板时具有许多优点。今天，这已成为优先事项，并且在空间能源领域的领先国家已开始部分实施。

但是，难以计算由其生产所需量的光转换材料和工作元件的成本。考虑到太空中太阳能电池的资源，轨道CSES产生的1千瓦电的成本没有任何歧义。这些因素以及太阳能热电厂项目的实施问题，为重新考虑由太阳能热电厂转换太阳能的传统方法奠定了基础。

在当前阶段，已经出现了使用由碳-碳复合材料制成的超强且轻质的结构材料来制造用于空间目的的动力系统的框架和承载元件的可能性。使用基于它们创建的高温超导体和超导发电机可以显著降低热转换系统超导SSES的重量和尺寸参数。



具有新的热转换系统（TCS）和超导发电机的陀螺卫星太阳能发电厂（GSPS）的独特功能



拟建项目的主要特点是能够按要求的比例将太阳能转换为机械能和电能。该项目提供了在人工重力受控的情况下在发电厂中放置和创建高科技产品的可能性，这解释了其名称。

与光转换GSPS相比，SPS 的特性包括在创建相对便宜的组件时成本低，对于光转换CIGS 而言，基于 $\text{Cu}(\text{InGa})\text{Se}_2$ 的异质结构(多层)柔性太阳能电池CIGS被认为是合适的。但是由于独特设备上工艺过程的复杂性，当它们由不同的制造商制造时，结果导致成本很高。这种昂贵的光电转换器的大表面无法免受电子，质子和流星雨的破坏作用。

具有新的热转换系统（TCS）和超导发电机的陀螺空间太阳能发电厂（GSPS）的项目的特征是，将太阳光全光谱能量转换为机械能和电能的根本不同方法所需的比值比以前在空间能源领域已经制定的要高。电厂的设计可用于在重力控制下创建和部署高科技产品。该设计使得不使用蒸汽和燃气轮机装置，导向系统以及散热器冰箱成为可能，其质量约为其总质量的一半。它们的作用是通过在“热阱”的圆形隧道腔中移动的热转换模块来发挥的，该腔具有透明的表面和低排放的涂层。在GSPS中使用高温超导体以及由含碳复合材料制成的耐热轻质结构材料，可显著改善其能量，重量和尺寸。与光转换SPS相比，使用相对便宜的组件制作时，它可能是便宜的。电厂的工作原理实现了将类似的转换器置于天体上的可能性。

Gyroscopic Solar Power Satellite with the New Thermal Conversion System and Superconductive Generator

Yu. M. Mar'yinskykh*

Department of System Engineering and Informational Technology, Sumy State University, Shostka Institute, Shostka, Sumskaya oblast, 41100 Ukraine

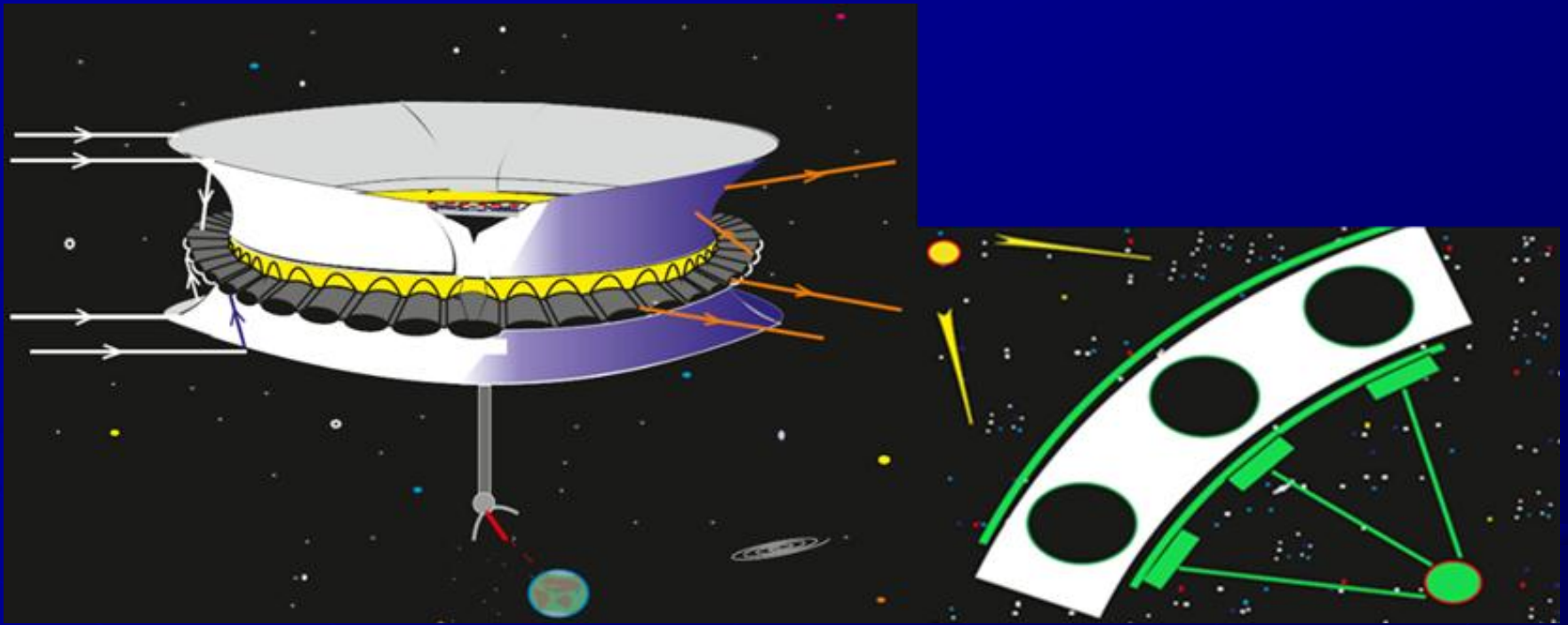
**e-mail: mymth44@gmail.com*

Received February 7, 2019; revised June 12, 2019; accepted August 15, 2019

Abstract—The analysis of solar energy conversion methods in the projects of solar power satellites (SPS) has been conducted and the problems restraining their implementation analysed. Therefore, the article provides grounds for using promising heat-resistant materials of carbonic nanocomposite and low-temperature superconductors in the scheme of solar energy conversion with the purpose of creating SPS projects of a new type with improved weight and size parameters and physical and technical characteristics. The difference between the gyroscopic solar power satellites (GSPSs) with the new thermal conversion system (TCS) and superconductive generator projects and the previous ones lies in the absence of steam and gas turbine plants, a thermal radiator and a system of direction to the sun. The results of assessment of their energy and weight and size parameters have been presented: the thermal efficiency of conversion by the helium as working fluid at concentration of the solar energy of 74 and by the water steam at 38 has made 85% and 62.7% respectively; the specific weight of the entire thermal conversion system has made 2.17 kg/kW and 2.61 kg/kW; its specific capacity — 12.3 and 6.79 kW/m², the specific weight of the GSPS with the new TCS and superconductive generator has made 0.46 and 0.38 kW/kg. The suggested principle of functioning may be used in space power plants, being based on planets and the Moon.

Keywords: gyroscopic solar power satellite, heat conversion module, load-bearing frame, superconducting generator, thermal conversion system

DOI: 10.3103/S0003701X19060070



已经掌握了生产方法的第二代高温超导体（HTSC）在电厂中的使用以及由碳复合材料制成的耐热轻质结构材料大大改善了其能量，重量和尺寸。高温散热器和发电机的低温超导电路（位于隔热屏后面的阴影区域）相结合，可以在整个生命周期中设定所需的空

陀螺空间太阳能发电厂

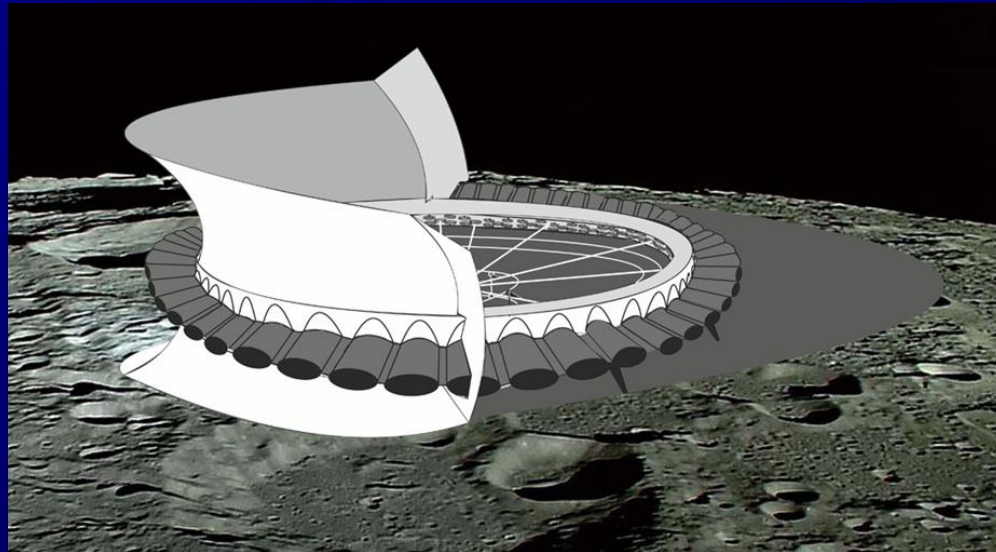
新的热转换系统和超导电性

发电机

DOI : 10.3103 / S0003701X19060070

注解

分析了空间太阳能发电厂项目中的太阳能转换方法，并分析了阻碍其实施的问题。其功能的效率由其设计特征以及使用由碳复合材料制成的超强材料，圆形隧穿腔“热阱”的透明低排放磁控管涂层和高温超导体来说明。详细介绍了发电厂的设备和工作原理。对能量，重量和尺寸参数进行了评估，根据太阳能的集中程度和工作流体的类型对运行中的具体指标进行了计算。给出以下评估结果：在太阳能74和38的水蒸气浓度下，氦作为工作介质的转化热效率分别为85%和62.7%；整个热转换系统的比重分别为 $2.17 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}$ 和 $2.61 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}$ 。其比功率为 $12.3 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $6.79 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ，发电厂的比重为 $0.46 \text{ kW}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.38 \text{ kW}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。



GSPS 结构的主要部分

在已开发项目的设计中，通过结构的相同部分执行功能过程的组合被用于将太阳辐射全光谱的能量按所需比例转换为机械和电气。

电厂的设计是技术结构的统一体系结构，包括4个部分：
第一个是带有热转换模块的圆形系统；
第二个是超导发电机，是同步电机；
第三是不完整的圆形抛物柱面聚光器形式的太阳能聚光系统；
第四个是GSPS动力机架上方的密闭空间，设有生产，技术和服务室。

带有集中器的GPS计划

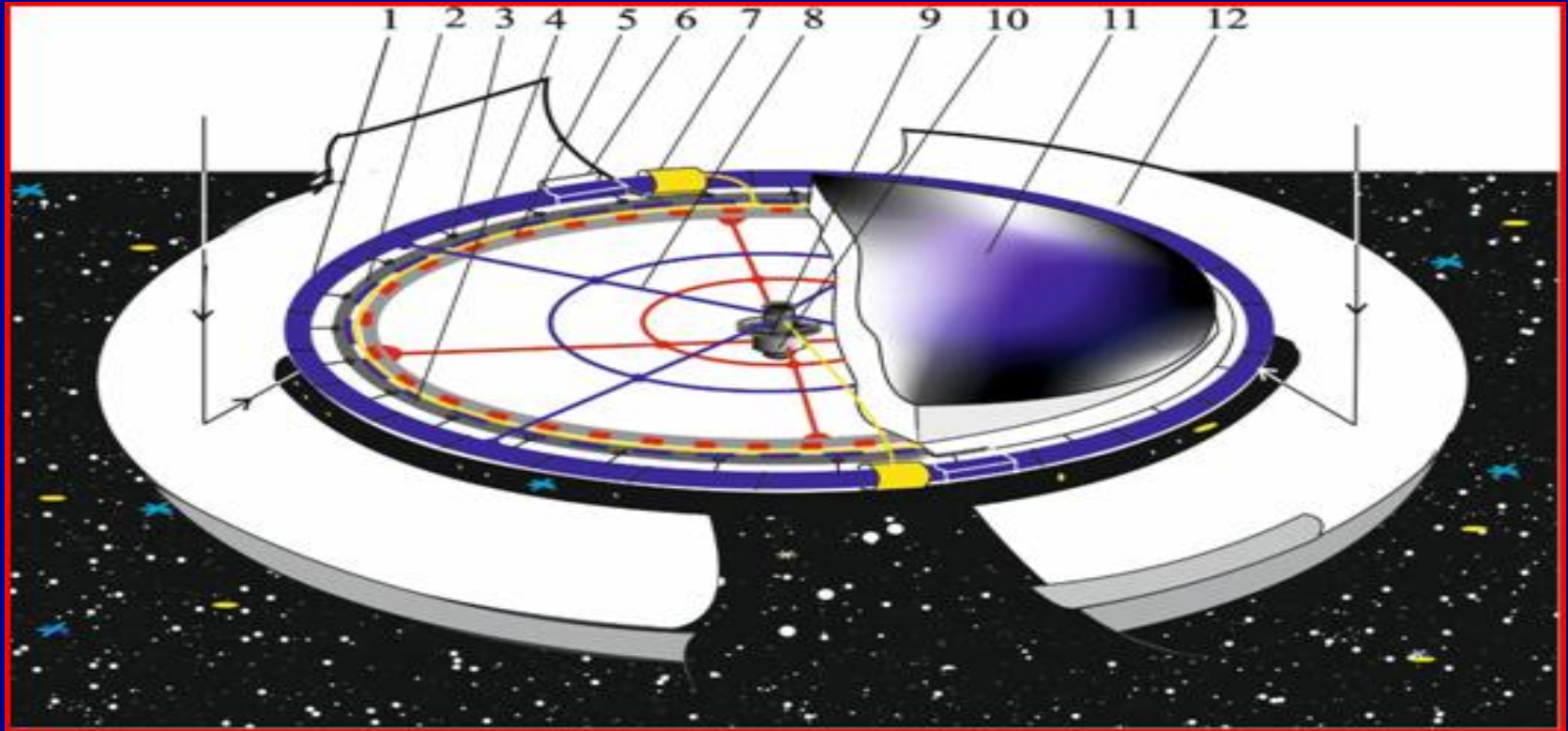
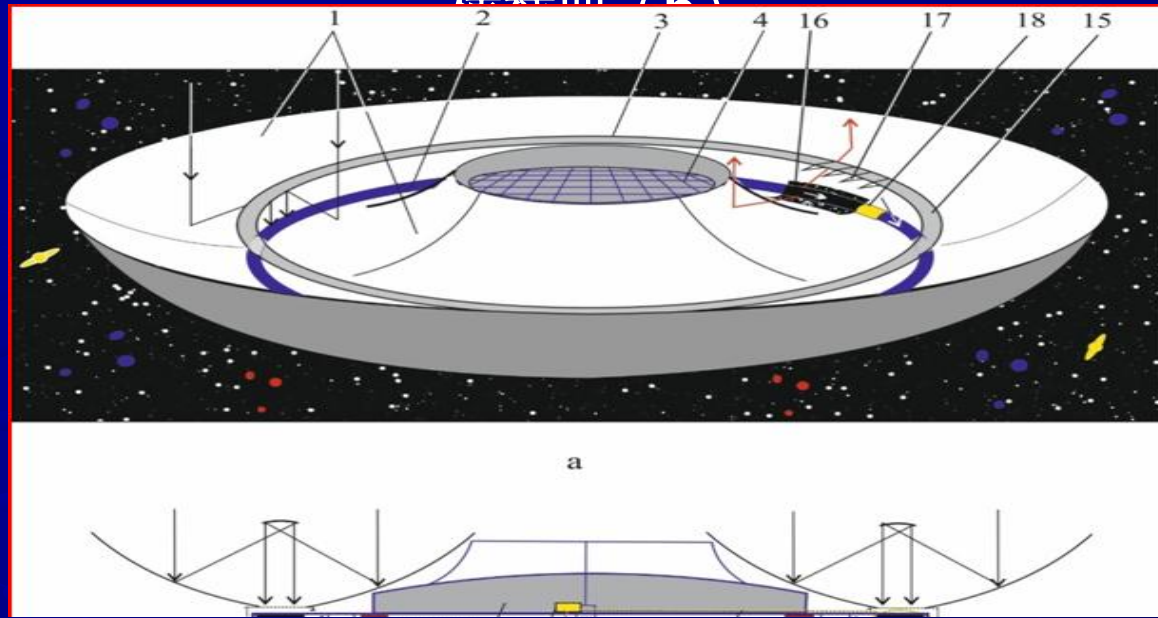


图1.杆的平移运动转换为动力装置支撑架旋转运动的示意图

1-具有热转换模块和超导定子绕组6的轴承架；超导转子的2-承载框架；3-运动学转换的对接单元；4-活塞杆；5-转子极；7-放置在超导发电机中心的选项，可指示连接到定子和转子框架的轴的旋转方向相反。

GSPS和位于受热器上方的太阳辐射复合薄膜集中器 (a)，电厂横截面 (b)



数字： 3. GSPS和受热器上方的太阳辐射复合膜集中器 (a)，电厂横截面 (b)

1-圆形抛物面浓缩器； 2-换热模块的电路； 3-集中太阳辐射的抛物面反射镜； 4-太阳能电池； 5-换热模块； 6-运动连接对接单元； 7-铝箔防护罩； 8-定子绕组； 9-技术室； 10-低温恒温器； 11.12-定子和转子动力机架的轴； 13-氟利昂循环轮廓； 14-超导转子线圈； 15-3处的导流板； 16-散热区中的模块（取决于发电厂的大小，可能会有几个这样的区） 17-反射型系统，用于集中太阳能辐射落在低温恒温器18后面的“热阱”的表面上，其中在工作循环之后，带有模块的活塞将转换为原始状态。

换热器的循环：氦作为致动介质（A），水蒸汽作为致动介质（B）

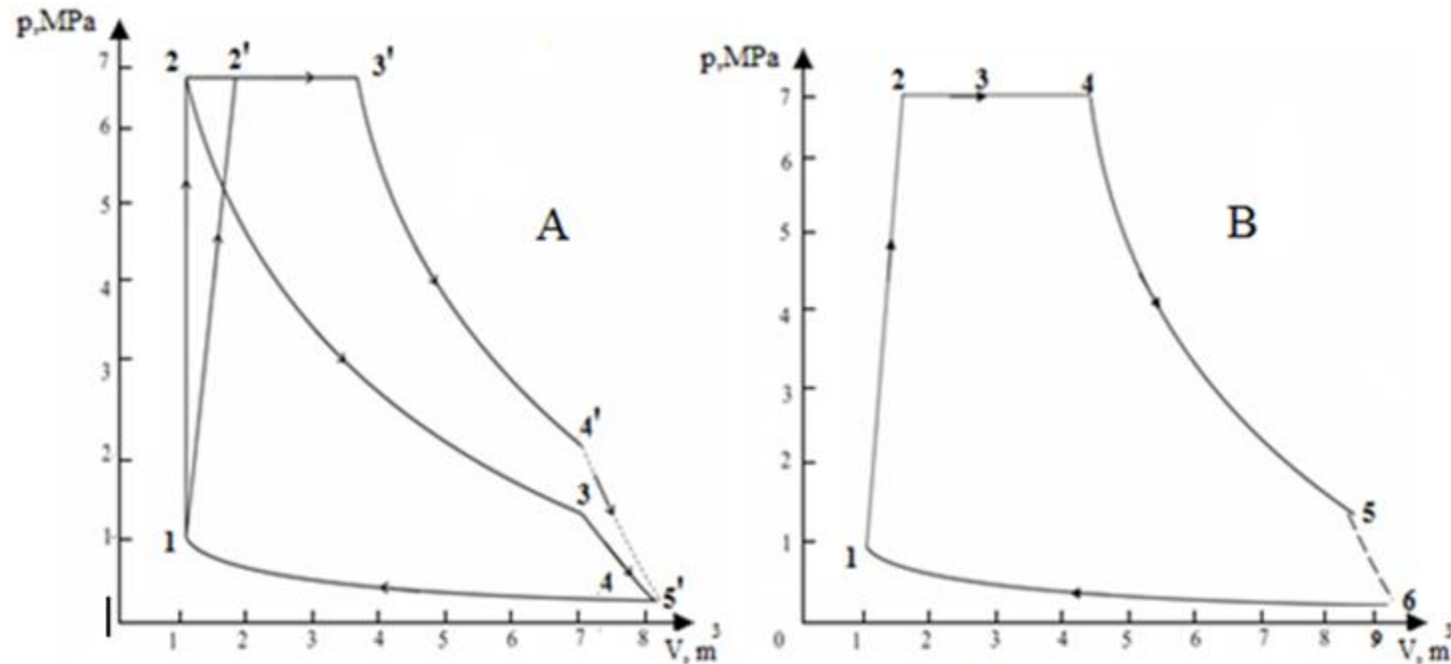


图 4.热转换器循环：工作介质氦（A），工作介质水蒸气（B）

图 4.换热器的循环：氦作为致动介质（A），水蒸气作为致动介质（B）

1-2'-3'-4'-5'-太阳能高度集中时热转换器运行周期的变化形式，斜率1-2'取决于负载值与太阳能浓度的比值（A）

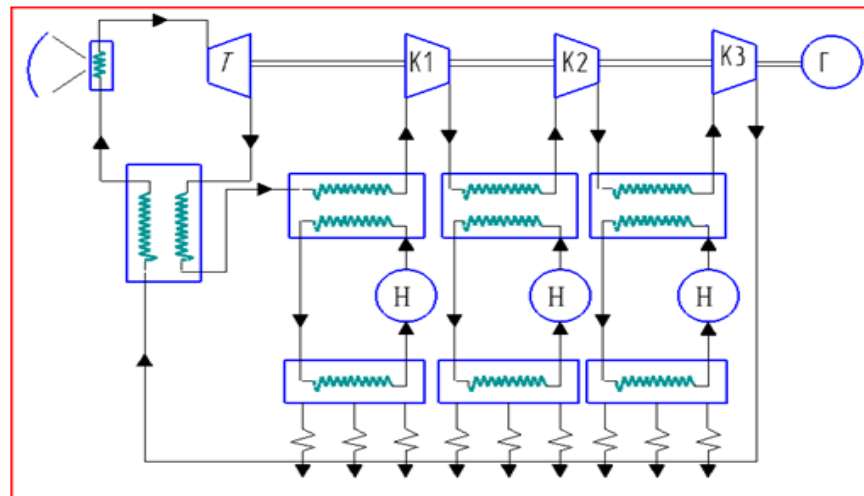
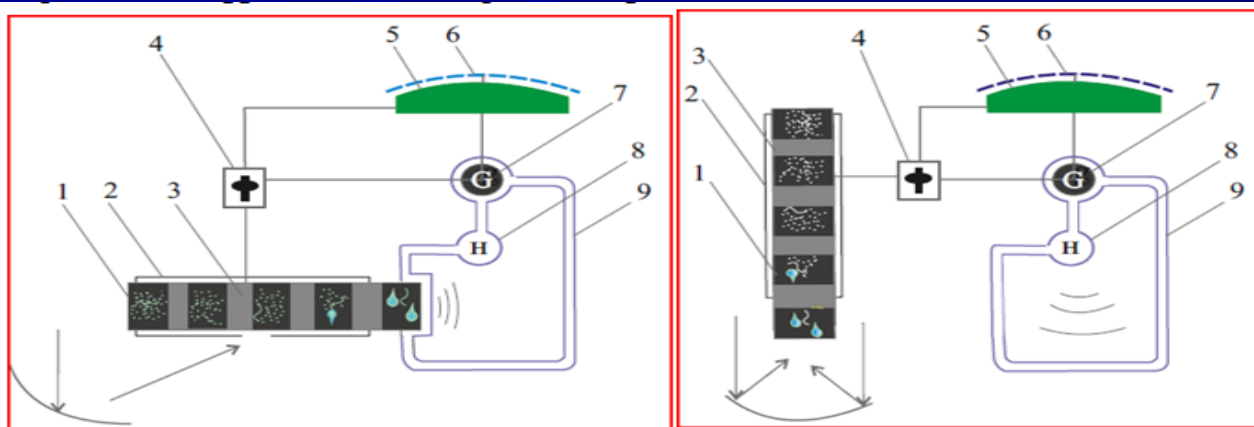
1-2-将水加热到第2点的沸点；2-3-等压-等温过程中的沸腾；3-4-蒸汽过热；在腔室体处于较高温度的情况下，随着工作流体的升高，初始区域产生4-5强烈的热释放；

5-6-冰箱中的蒸汽凝结完成；6-1-将活塞和冷凝液转移到初始位置并

状态（B）

比较GSPS（带有两个选项的受热器）和KSES的热转换方案

1-带有工作流体的集热器模块； 2格的散热器 3个模块的连接元件； 4运动传感器，将运动转换为旋转运动； 5栋用于生产和技术用途的建筑物； 6-光转换表面； 7超导发电机； 8泵 9冷冻箱。



在KSES热转换系统中，重量的散热量占总质量的一半以上。|

带有新型TCS和超导发电机的GSPS的能量和尺寸指示器

太阳辐射热转换器的效率 $W_{t.c.}$ ，超导体发电机的功率效率 W_g 。以及基于太阳能浓度值的特定性能

n	30	32	34	36	38	40	42	44	72
容量 $t.c.$, kW	60	67	73	79.4	85.5	91.5	97.4	103	158
容量 g , 千瓦	57	63.6	69.4	74.6	82.2	87.8	93.5	99	152
比容量 kW / kg	0.24	0.28	0.3	0.33	0.36	0.38	0.4	0.43	0.66

带有新型TCS和超导发电机的GSPS的能源特性，重量和尺寸

工作液	氮	水蒸气	
太阳光	74	38	
电厂太阳能热转换系统直径, m	150	150	
所有能源模块的数量和容量, 兆瓦	205/11.4	145/12.8	
工作液和/模块重量, kg	3	66	
	118	165	
最高和/最低循环温度, K	1300	1000	
	200	373	
循环时间, s	276	662	
通过工作流体进行的能量转换效率, %	54	With phase change 13	Without phase change 17
热循环效率, %	85	62.7	
太阳能热转换系统的重量/功率比, kg / kW	2.17	2.61	
太阳能热转换系统的表面功率密度, kW / m ²	12.3	6.79	
电厂太阳能热转换系统重量/功率比 kW / kg	0.46	0.38	

热转换系统中大量SPS和GSPS的比较特征

发电机输出为1.1 GW的元件	重量, 吨	GSPS重量, 吨1.1 GW
散热系统	30960	-
辐射接收器	9070	876-890
换热器和热交换器	4380	-
发电机	4320	993
刻面	4200	Hub 109
设计	2730	78
涡轮增压器	1950	-
发电机冷却系统	820	-
总	58430	2102

在现阶段，已经出现了使用由碳-碳复合材料制成的超强轻质结构材料来制造SPS的框架和承重元件的可能性。使用基于它们创建的高温超导体和超导发电机可以显著降低热转换系统超导SPS的重量和尺寸参数。



将GPS放置到近地轨道的运输问题的解决方案

1、2-薄膜式集中器和带有弹性元件的集热器，可从运输位置展开；3-热量接收模块；4-运动传感器；5-承重电力桁架；6-发电机。

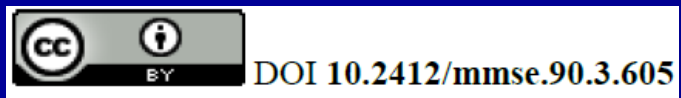
将GKSE零件放置在直径为6.36 m，长度为13 m的运载火箭有效容积中的开发方法，使其可以在轨道上部署到具有以下参数的工作状态：模块之间的直径距离 $L = 70$ m，圆形抛物线形圆柱状集中器的外径 $D = 120$ m，内径 $d = 10$ m，在热区“窗口”中的损耗 $W = 3.2$ MW，通过热转换系统的太阳辐射功率 $W = 11.74$ 兆瓦。

自动生成新的热力学

表2.能量特性的太阳能电池为使用在空间和热力学部分的所述自主地管理空间太阳能动力厂

主要特征	半导体太阳能电池			太阳能转换成电力由自主地管理的空间的热力学部分solarpowerplant
	镓砷化物	单晶	非晶态	
规格音响C功率, 千瓦/米 ²	0.37 - 0.38	0.23	0.10	4.30 - 4.33
规格音响C功率, 千瓦/千克	0.1 - 0.3	0.09 - 0.16	0.09	0.76 - 0.77
规格音响C重量, 公斤/米 ²	2 - 2.5	1.7 - 1.85	0.3 - 0.4	5.5 - 5.6
	对于其他太阳能电池4 - 6			
规格音响C重量, 公斤/千瓦	4 - 6			1.32 - 1.33
规格音响空间电厂的C重量, 公斤/千瓦	高达10			8.9
工作电流degrada - 灰率超过了操作寿命, % (5 - 10年)	15 - 25	20 - 30	7	不降解

用于空间用途的热太阳能转换器的工作体材料



研究的结果是开发一种在功能性材料（工作流体）的作用下连续生产有用的机械能的方法，该方法是在吸热区中通过太阳辐射对其进行加热，并在“散热”中进行冷却最佳设计温度范围内的区域。用于定量研究热太阳能转换器（TSEC）空间用途中工作流体角色，生热板中功率金属片段的理论研究。

拟议的解决方案可以通过改善分段材料的物理和技术特性来显著提高TSEC的有效性。结果表明，有希望将表征分段材料的一系列参数中的百分之一改变，这可能导致光转换系统在效率上进行竞争，但前提是必须将几个参数进行最佳组合。

由于人类生活条件的舒适，有限和不可替代的地球能源及其消耗增加，导致产生的有用能源成本增加，这迫使我们寻找使用可再生能源的非常规方法来获取能源。

持续不断地进行有用工作的机制

(3)

处于热阱中的高能材料(热弹性金属板)的活性介质用于进行连续有用功的机制在于,入射的太阳辐射在其表面周期性地转变,其热特性接近于由于在离开热阱时在阴影区进行冷却期间的热膨胀和收缩,因此绝对是黑体。段的材料必须与实现其主要功能目的相对应:连续进行机械工作,具有最小的比热和密度,并在物理应力下具有最大的热膨胀系数,弹性模量(板表面的黑色度接近于统一,并且有可能将其放置在热阱的吸热区中,而将其放置在遮光区的外面。

在加热过程中分段执行工作时的功率:

$$P = \frac{\int_0^T 2VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^T \frac{h(c\rho + 2E\alpha^2 T)}{nG - \varepsilon\sigma T^4} dT}$$

图1显示了在 $n = 1$ 和 $n = 2$ 的浓度下，分别在350 K至530 K的较高温温度范围内从250 K到430 K的温度值加热期间，段的功率的依赖性图。

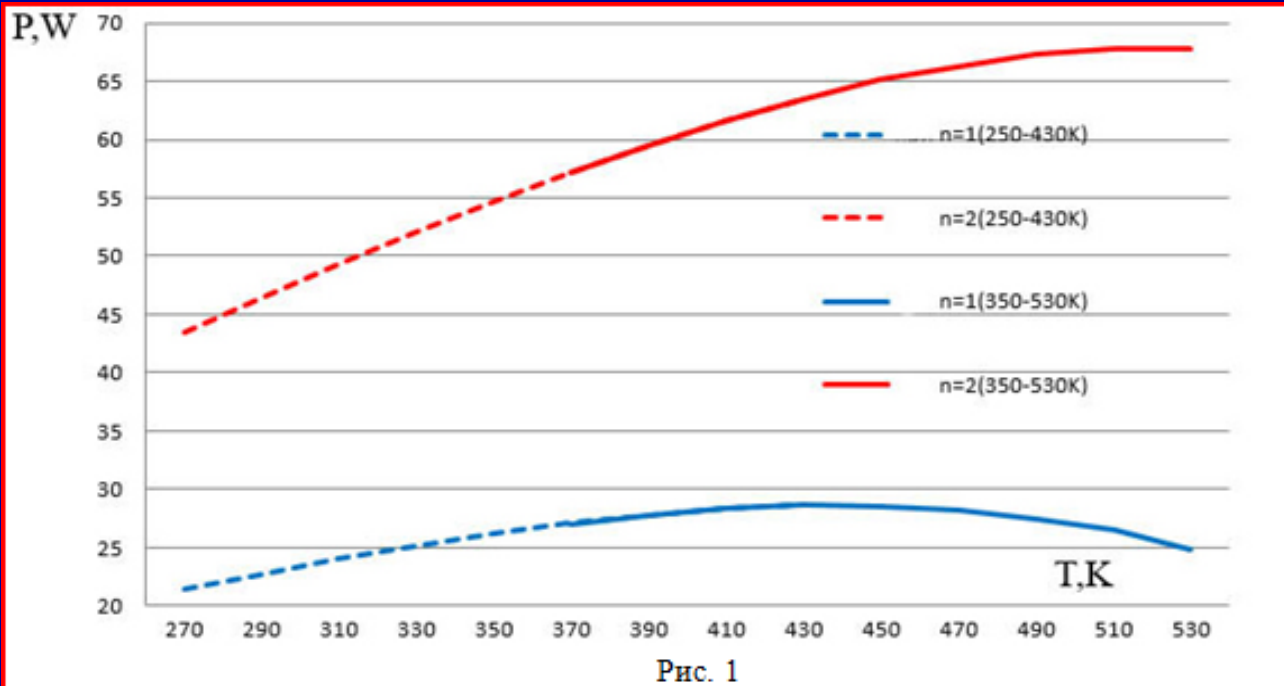


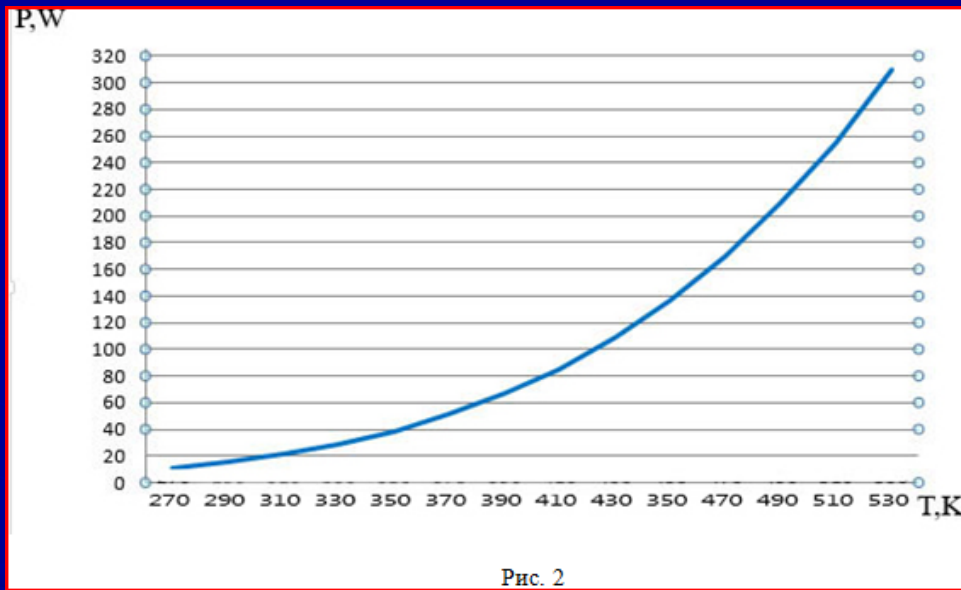
Рис. 1

В в用于确定面板节段冷却时间的表达式(5)的分母中，系数2表示除阴影中的热阱之外，散热表
e1 面的面积增加了两倍。

тепловой ловушки в затенении:

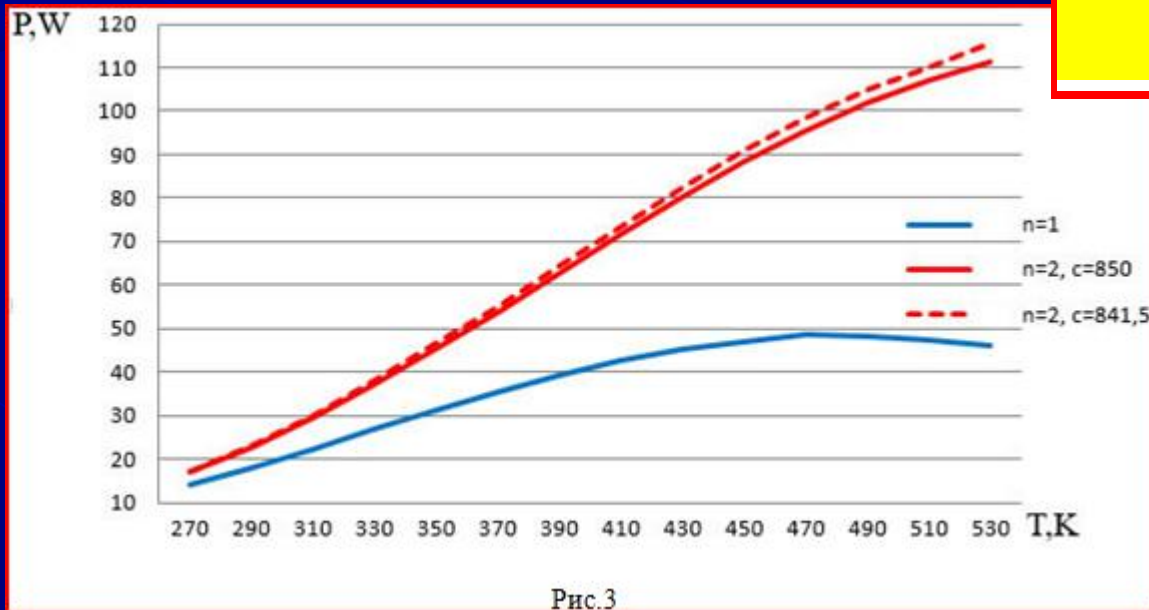
$$\tau' = \int_T^{T_0} \frac{h(c\rho - 2\epsilon\alpha^2 T)}{2\epsilon\sigma T^4} dT.$$

散热(冷却)过程中段的功率由关系(6)确定(图2)。



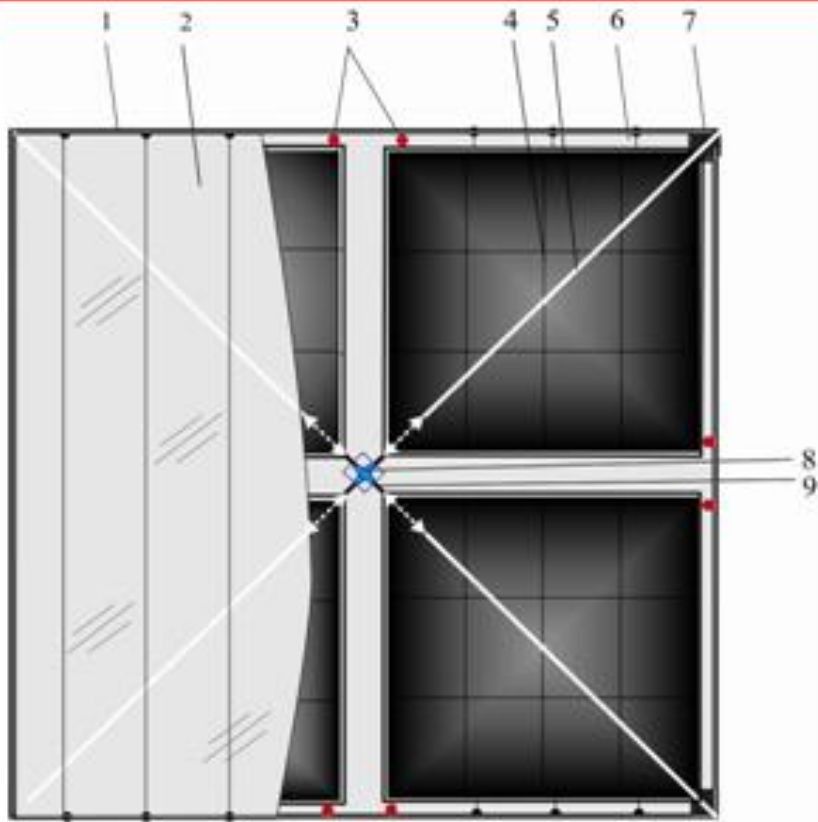
$$P' = \frac{\int_{T_0}^T 2VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^T \frac{h(cp - 2E\alpha^2 T)}{2\varepsilon\sigma T^4} dT}$$

$$P'' = \frac{\int_{T_0}^T 4VE\alpha^2 T dT}{\int_{T_0}^T \frac{hcp + 2Eh\alpha^2 T}{nG - \varepsilon\delta T^4} dT + \int_T^{T_0} \left(\frac{hcp - 2hE\alpha^2 T}{2\varepsilon\delta T^4} \right) dT}$$

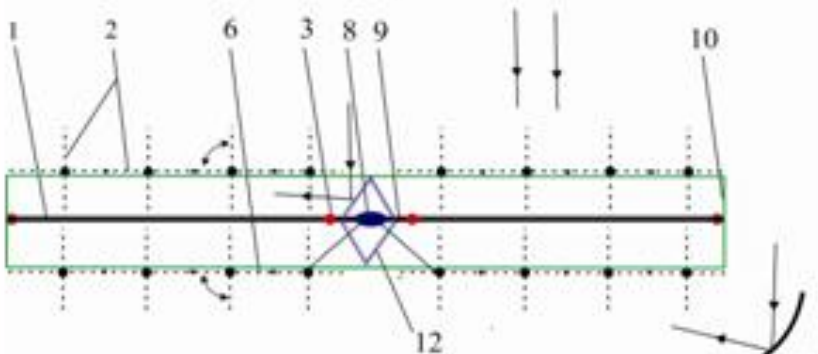


一个段的吸热和放热过程的一个周期的功率由表达式(7)确定, 相应的依赖性如图3所示。

连续功能能源系统的总体概述



A



B

1.5-刚性碳纤维框架，其侧面和对角线带有反射涂层，可作为引导其两端沿其移动的导向； 3-飞机； 4-热转化活性材料段； 2.6-框架10中的热阱的相对表面； 7-刚性连接； 8-双轴发电机； 9-发电机杆； 11-太阳能集中器； 12-辐射反射器。



感谢您的关注