



Distr.: Limited  
9 February 2000  
Chinese  
Original: Russian

和平利用外层空间委员会  
科学和技术小组委员会  
第三十七届会议  
2000年2月7日至18日，维也纳  
议程项目6  
在外层空间使用核动力源

## 核动力源与空间碎片的碰撞

### 俄罗斯联邦提交的工作文件

1. 继1970-1988年期间发射载有核动力装置的空间装置之后，在距离地球700-1,100公里的轨道上，现有下列物体装载反应堆和核燃料：

(a) 配带撤离舱的核动力装置（29个），从宇宙-367号卫星到宇宙-1932号卫星的宇宙号卫星系列；

(b) 从反应堆舱体弹射出来后在脱离轨道上独立飞行的燃料元件棒束（13个）：始见于宇宙-1176号卫星；宇宙-1670号、宇宙-1677号和宇宙-1900号卫星尚无可确定为独立物体的燃料棒束；

(c) 空间装置机载核动力装置（2个），宇宙-1818号和宇宙-1867号卫星。

2. 在700-1,100公里的轨道上，装载反应堆和核燃料的物体的预期寿命如下：有撤离舱的核动力装置，约1,000年；燃料棒束，2,000年以上；空间装置的机载核动力装置：至少400年。宇宙-1900号卫星是例外，在700-750公里的轨道上，预计寿命120年。

3. 核动力装置的轨道倾角为64.70-66.10度，燃料棒束的轨道倾角为64.78-65.66度。

4. 核动力装置长时期留在较高轨道上时，核动力装置与空间碎片可能发生碰撞的后果，会构成一种潜在危害，对包括外层空间在内的环境造成放射性污染，还会积累更多的空间碎片。

5. 核动力装置与空间碎片中较大碎块发生碰撞时，可能产生以下不可挽回的后果：

(a) 核动力装置因制动作用而过早脱离长期轨道；

(b) 核动力装置的散热器毁坏，致使金属冷却液（钠-钾）从次级（非放射性）回流管中流出；

(c) 独立的燃料棒束毁坏，生成材料散射在轨道中，核燃料碎块沉降到地球表面。

6. 计算表明，假设可能的撞击速度是12公里/秒，与至少为60毫米的空间碎片的钢质

碎块和与至少为 85 毫米的铝质碎块发生碰撞时，核动力装置即可脱离高轨道。

7. 一旦核动力装置离开轨道，坠入地球大气层的较稠密层，在 64 – 74 公里的高度上，对核动力装置结构发生空气动力破坏（见图 1），在 50 – 64 公里的高度上，反应堆和燃料棒毁坏（见图 2），在 47 – 50 公里的高度上，核燃料飞散（见图 2），分解为直径不足 1 毫米的微粒。鉴于铀裂变产品碰撞时将发生衰变，以伽马自然本底作为比照，此种燃料微粒的沉降不会改变沉降区的辐射状况。

8. 核动力装置的散热器毁坏，会导致冷却剂外漏，形成钠 – 钾液滴，而如果在核动力装置绕横轴旋转产生的离心力的作用下压力上升，超过在散热器穿孔处坑穴内结成的液滴的表面张力所具有的压力，这些液滴就会脱离散热器。同时还应考虑到，从进入高轨道的时刻起，核动力装置绕其横轴旋转的速度，每过三年零六个月即减慢一半。

9. 对核动力装置与空间碎片碰撞时散热器元件（导管和集流环）（见图 3）毁坏情况的研究表明，在与 0.25 毫米以上的空间碎片钢制微粒和 0.45 毫米以上的空间碎片铝制微粒发生碰撞时，如果碰撞速度是 12 公里/秒，碰撞方向垂直于散热器表面，就会在导管上形成穿孔，但不会由于同此种微粒的碰撞而从坑穴中流出钠 – 钾液体。

10. 当导管（直径 5 毫米）同 6 毫米以上的空间碎片的微粒碰撞横向断裂时，上面提到的条件即可满足——即在离心力的作用下压力上升，超过液滴表面张力所具有的压力。这种情况只在 1988 年放入高轨道的宇宙 – 1900 号和宇宙 – 1932 号卫星上发生过。如果导管上的孔洞比导管的横截面大（与大于 6 毫米的空间碎片的微粒相撞，在与散热器表面成小角度时，这种情况就会发生），那么 1984 年以后放置在高轨道上的核动力装置，首先是宇宙 – 1579 号卫星的核动力装置，在离心力压力较小的情况下，也会发生钠钾熔体外漏。

11. 对独立燃料元件棒束毁坏情况进行研究时假设的条件是，在燃料元件上形成一个可达管口直径（20 毫米）一半的孔洞，致使核燃料微粒和碎块射出。空间碎片钢质微粒大于 2.5 毫米，空间碎片铝质微粒大于 5 毫米时，在 12 公里/秒的撞击速度下，这些条件即可实现，随即导致核燃料（铀）碎块射出，微粒大小的分布范围在 7 – 20 毫米之间。

12. 速度冲量为 60 – 1,000 米/秒时，伴随核燃料碎块的散射会出现下面两种情况，视冲量的方向而定：

(a) 与空间碎片碰撞后约一小时，燃料碎块进入大气稠密层；

(b) 核燃料碎块出现在椭圆轨道中，轨道的近地点是碰撞瞬间燃料棒的飞行高度（900 公里），远地点高达 7,000 公里。

13. 核燃料碎块进入大气稠密层后，空气动力将碎块分散成微粒，最后的大小在 0.9 – 8.0 毫米之间，换句话说，从放射性沉降区的外部伽马辐照量来看，这些微粒几乎不构成辐射危害，但需同时考虑到燃料中铯 137 的含量，它决定着燃料及其碎块的伽马辐射量（另外假定，与空间碎片碰撞时，燃料寿命在 50 年以上）。

14. 如果铀在高大气层的飞行过程中初步氧化，核燃料碎块进入地球大气稠密层时的空气动力分散情况就会发生变化。

15. 铀碎块表面形成耐溶性铀氧化物薄膜后，碎块的空气动力分散过程，需等到薄膜破裂，铀熔体溅出之后，才能在更低的高度开始。直径 20 毫米，长度 5 – 55 毫米的铀燃料碎块，最后变成 2.4 – 4.5 毫米的放射性沉降微粒。直径 20 毫米，厚度不到 3 毫米的碎块，在表面氧化的情况下，进入大气稠密层时不会破碎、

16. 如果是宇宙 – 1176 号卫星到宇宙 – 1932 号卫星的独立燃料棒束，到 1999 年，未被击毁的核燃料碎块的放射性，不超过铯 137 的 10 毫居里，按照对人口中每个人伽马辐照

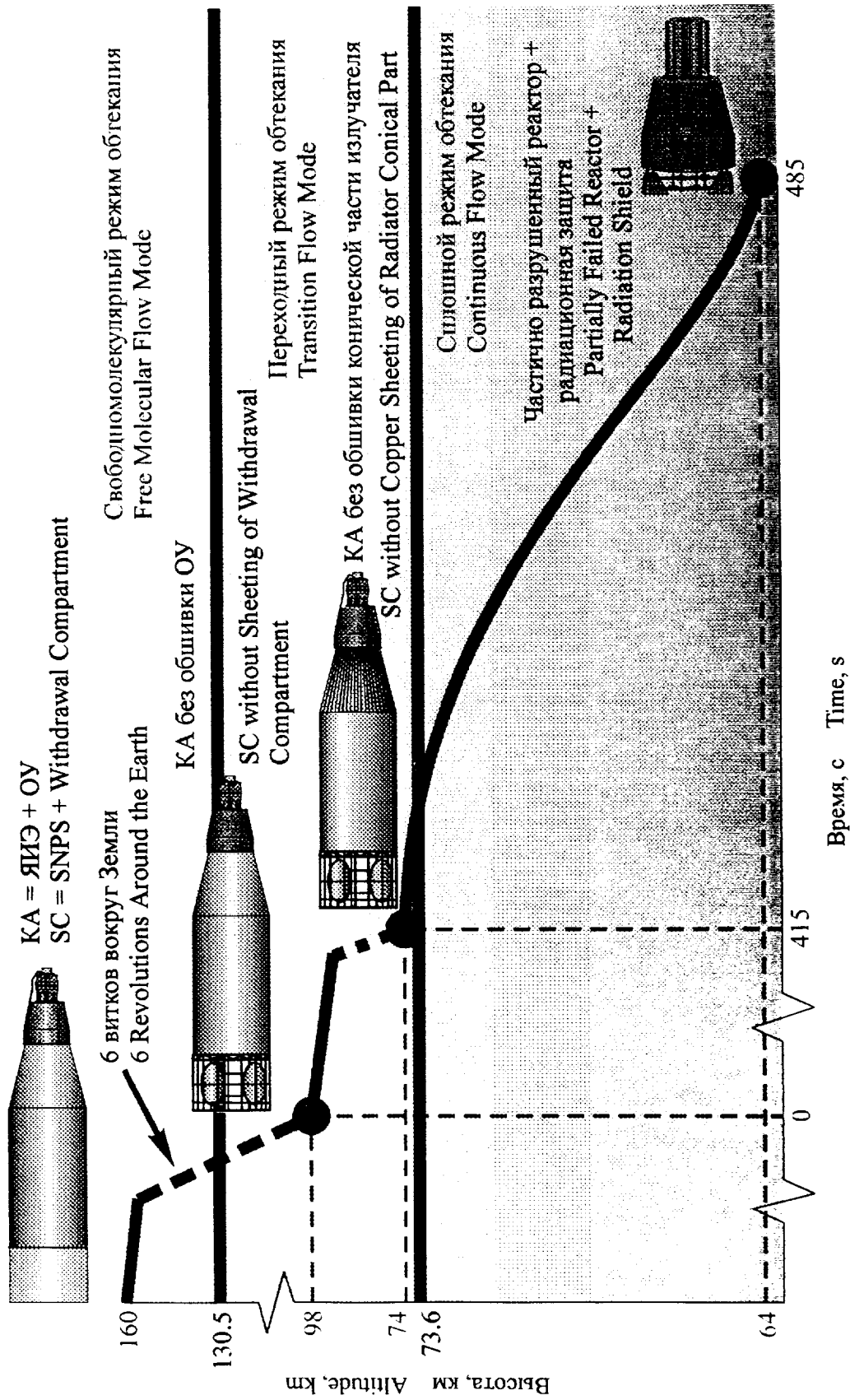


Рисунок 1 - Последовательность разрушения КЯИЭ при спуске в плотных слоях атмосферы  
Figure 1 - Sequence of Disruption for SNPS under Re-entry

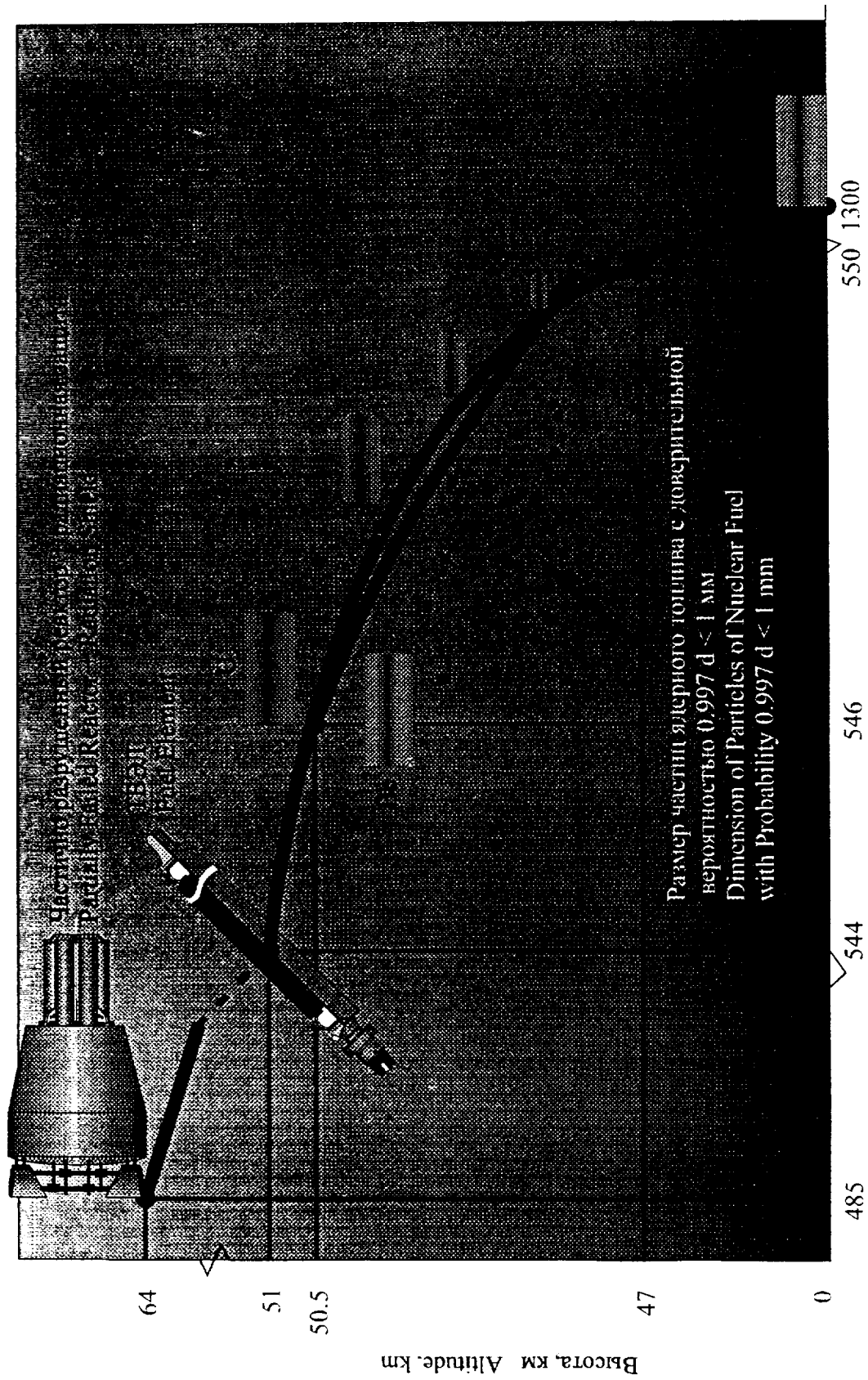


Рисунок 2 - Последовательность разрушения КЯИЭ при спуске в плотных слоях атмосферы  
Figure 2 - Sequence of Disruption for SNPS under Re-entry

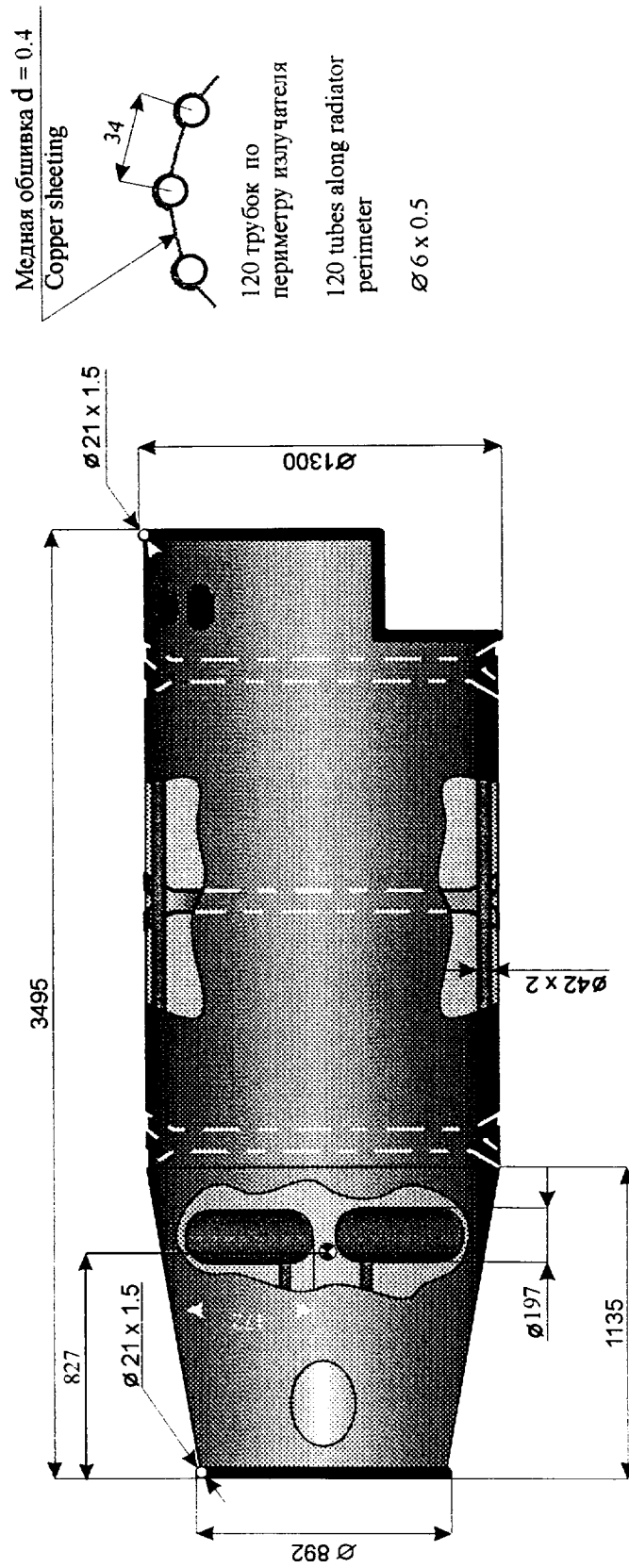


Рисунок 3 - Расчетная схема излучателя ЯЭУ.  
Figure 3 - Calculation scheme of NPS radiator.

量的标准假设，这将产生 1 毫西弗特的年辐照量。

17. 核动力装置和独立的燃料组件与空间碎片实际碰撞后产生这些后果的概率，是根据有关物体的大小，空间碎片的碎块的大小，700 - 1,100 公里范围内的轨道中空间碎片的分布情况以及对空间碎片积累情况的预测数来确定的。

18. 空间碎片与装载反应堆和核燃料的物体碰撞后产生上述种种后果，其概率如下：

(a) 核动力装置过早离开长期轨道：100 年 0.2 次；

(b) 核动力装置的散热器毁坏，形成（钠 - 钾）冷却剂液滴：每年 0.007 次，只到 2010 年。2010 年后，排除钠 - 钾液滴形成和分离的可能性，除非散热器元件（集流环）与空间碎片中 12 毫米以上的碎块碰撞后严重毁坏，而出现此种情况的概率是每年 0.002 次；

(c) 独立燃料棒束毁坏：每 100 年 0.12 次。

19. 因此，可以这样说，对核动力装置和独立燃料棒束与空间碎片碰撞后遭受毁坏的研究表明，在地球表面上可能沉降的任何核燃料碎块，不会构成放射性危害。

---