

# DIE STABILITÄT DES ATOMREAKTORS

M. A. Кабанова

*Polytechnische Universität Tomsk*

## Einleitung

Die Kernenergetik hat vier Probleme: Treibstoff, Abfall, Sicherheit und Nonproliferation (Nichtverbreitung von Atomwaffen). Das erste Problem wurde bisher mithilfe der billigen Uranförderung gelöst, das zweite Problem – durch Vergrößerung der Lager für radioaktive Abfälle, das dritte Problem – durch Errichtung der Spaltbarrieren und Verschärfung der Sicherheitsanforderungen an das Personal und die Ausstattung, das vierte Problem – durch Erhöhung der Kontrolle über die Plutoniumproduktion. Jetzt hat man den Punkt erreicht, wo die Entscheidung fallen muss, wie die Zukunft aussehen wird.

Die Ringbildung kann mit Uran und Plutonium die Kernkraftwerkskapazität erhöhen, aber leider keine Funktionsdauer. Nur der sukzessive Einsatz der Schnellreaktoren wird ein AKW mit Brennstoff versorgen. In jedem Fall muss die Energieversorgung optimiert werden.

Reaktoren unterteilen sich in Forschungs-, Experimental- und Kernkraftwerksreaktoren. Ein Kernkraftwerksreaktor besteht aus einem Kern und Streumantel. Als Kern wird ein Teil des Reaktors bezeichnet, wo selbständige Kettenreaktionen ablaufen. Als Streumantel werden alle an den Kern anliegenden Materialien (Leichtwasser, Deuteriumoxid, Graphit, Beryllium) bezeichnet.

Als Schutzsystem gilt eine Regelkassette, die einen großen Neutronenabsorptionsquerschnitt hat. Reaktoren haben immer Endformen, darum können Neutronen austreten. Sie werden bei der Neutronenbilanz und Abbrandstabilität des Atomreaktors berücksichtigt. Effektiver Multiplikationsfaktor ( $k_{\text{Ef}}$ ) ist für diesen Prozess verantwortlich.

Das Verhältnis der Neutronenzahl der letzten Generation zur jetzigen ist wie folgt.

$k_{\text{Ef}} = \mu\varphi\theta\nu$ , das ist die Formel der vier Multiplikatoren, wo:

$\mu$ - der Schnellspaltfaktor als Spaltneutronenzugabe für Uran I (238) zu allgemeinen Neutronen ist,

$\varphi$ - der Resonanzfluchtfaktor für Uran I (238) ist,

$\theta$ - Nutzungsfaktor der thermischen Neutronen ist,

$\nu$ - schnelles Neutron ist, der produziert wird, wenn der Brennstoff ein thermisches Neutron einfängt.

Wenn  $k_{\text{Ef}} = 1$  ist, bleiben die Pile-Neutronen. Dieser stationäre Zustand ist kritisch. Wenn  $k_{\text{Ef}} > 1$  und  $k_{\text{Ef}} < 1$ , tritt entsprechend überkritischer und unterkritischer Zustand ein.

Dieser effektive Multiplikationsfaktor hängt von den speziellen Größe und Kontur des Reaktors. Das wird als kritische Größe bezeichnet.

**Die Gleichung für die kritische Größe wird wie folgt berechnet**

$$-\nabla D \nabla \varphi_0 + \Sigma_a \varphi_0 - \Sigma_f \varphi_0 \nu_f = 0.$$

Wir haben eine Reaktorgleichung in der Eingruppen-Diffusionsnäherung.  
Die Teile der Gleichung sind:

$\nabla D$ - vektorielle Gradienteder Diffusion,

$\nabla \varphi_0$ -vektorielle Gradiente des Neutronenflusses,

$\Sigma_a, \Sigma_f$  - makroskopischer Neutronenabsorptions-undSpaltquerschnitt,  $\text{cm}^{-1}$ ,

$\nu_f$ - die Reaktionswahrscheinlichkeit,

Die Stabilität des Atomreaktors wird hiermitnach der Formel unten berechnet

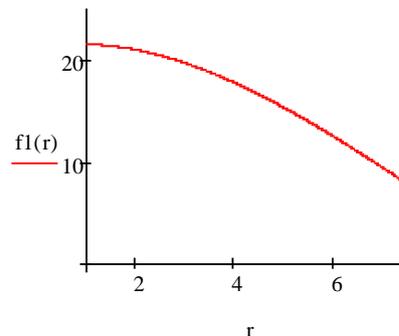
$$\chi^2 = B_0^2, \varphi(\text{Re}) = 0.$$

Rebezeichnetden ermittelten Radius,  $B_0^2$ - geometrische Größe. Das bedeutet, dass sich der Neutronenstrom an der extrapolierten Grenze zur Null entwickelt.

$$\frac{d^2 \varphi(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi(r)}{dr} + B_0^2 \varphi(r) = 0.$$

**Die Erforschung der Auswirkung der Öffnung des unendlichen Zylinderreaktors bei diesem Radius und Neutronenstrom**

Z.B. das Schaubild der Strömungsverteilung wird im Reaktor mit dem Radius 1 cm gezeichnet.



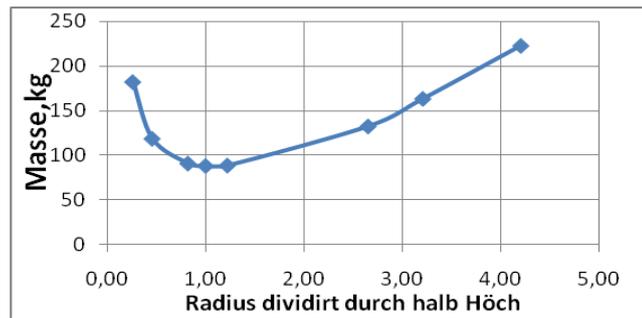
**Abbildung1.** Die Strömungsverteilung mit dem Radius 1 cm

Der Radius der Öffnung wird erhöht, wodurch sich die Größe des Reaktors auch erhöht, also bildet sich der Neutronenabfluss.

**Optimale kritischen Masse für den homogenen endlichen Zylinderreaktor**

Der Zylinderreaktor hat einen kritischen Radius und Höhe. Sie sind gleich 8,2 cm und 13,2 cm. Der Brennstoff heißt U235 mit der Dichte 19,04  $\text{g/cm}^3$ . Die kritische Masse ist gleich, wenn Pi mit dem Radius hoch zwei, mit Höhe und mit der Dichte multipliziert wird. Die Masse beträgt 100,6 kg.

Das Schaubild zeigt verschiedene Daten.



**Abbildung 2.** Die Abhängigkeit der kritischen Masse von der kritischen Größe

Es wurde erwiesen, dass Reaktoren optimale kritische Masse haben, wenn der Radius die Hälfte der Höhe beträgt.

### **Kritische Masse und Größe für verschiedene Konzentration U<sup>235</sup> im Brennstoff**

Angenommen, dass die Konzentration U<sup>235</sup> von 95% bis 0,711% (das Natururan) beträgt. Makroskopischer Querschnitt und Diffusionskoeffizienten ermittelt werden. Die Brennstoffanreicherung kann nicht unter als 7,5% liegen. Der Zustand ist kritisch, wenn die Neutronen immer gleich sind.

Aus dem kritischen Gesetz, wenn die Konzentration des U<sup>235</sup> verringert wird, wird ebenfalls die Reaktionswahrscheinlichkeit der Spaltung verringert.

### **Abschließende Bemerkungen**

Es wurden kritische Parameter der kritische Masse und des Zylinderreaktors je nach der Konzentration und Geometrie des Reaktors ermittelt. Der Neutronenabfluss wird mit der Erhöhung der Öffnung des unendlichen Zylinderreaktors erhöht. Die kritische Masse steigt mit der sich vergrößernden Öffnung des endlichen Zylinderreaktors.

Die kritischen Mindestmaße gleich 88 kg für das endliche Zylinderreaktor, indem der kritischen Radius die Hälfte betragen soll. Die Konzentration wird in diesem Fall geändert, woraus sich folgern lässt, dass der Zylinderreaktor keine kritische Masse bei einer Konzentration unter 7,5 % hat. Das verringert die Wahrscheinlichkeit der Urankernspaltung und Urananreicherung. Der kritische Zustand wird für eine Atombombe modelliert, damit ein Unfall verhindert werden kann.

### **LITERATUR**

1. Бартоломей Г.Г., Бать Г.А., Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. М.: 1982. – 511 с.
2. Абагян Л.П., Базазянц Н.О., Бондаренко И.И. Групповые константы для расчета ядерных реакторов. М.: 1964. – 139 с.