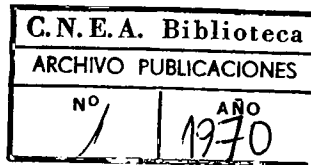


Institut für Angewandte
Kernphysik
M.J. Abbate



30. Juni 1970/px

Booster-Notiz Nr. 18

DIE DICKE DES ABSCHIRMUNGSBETONS DES BOOSTERS

1. Einleitung

Es soll die Dicke der Gesamtabschirmung des Boostercores und wichtiger Boosterteile abgeschätzt werden, wobei die Reaktorleistung 100 kW beträgt /1/. Die Abschirmung soll so bemessen sein, daß die Dosis in der Experimentierhalle maximal 100 mrem/Woche oder 2.5 mrem/Stunde beträgt /8/. Die bei Verwendung allgemeiner Annahmen gewonnenen Ergebnisse sind in Abschnitt 6 gegeben. Als Parameter werden die Betondicke und der Abstand zwischen Core und Abschirmungsfläche (d, s. Abschn. Nr. 3) verwendet.

2. Grundsätzliche Annahme zu den Rechnungen

Es werden nur schnelle Neutronen und Gamma-Strahlung berücksichtigt.

2.1 Neutronen

Es wird die "fast-removal theory" /3/ benutzt, die besagt, daß der Neutronenfluß in der Abschirmung exponentiell abfällt. Das bedeutet für eine Punktquelle

$$\phi = \frac{S_0}{4\pi r^2} e^{-\Sigma_r x}$$

Dabei gilt

ϕ = Neutronenfluß (n/cm²sec)

S_0 = Quellstärke (n/sec)

r = Abstand von Quelle zum Detektor in cm

Σ_r = Removal-Querschnitt für schnelle Neutronen ($\frac{1}{\text{cm}}$). Dieser ist eine Funktion des Abschirmungsmaterials.

x = Dicke der Abschirmung

Diese Gleichung hat den Vorteil einer einfachen Form und ist zunächst unabhängig von Abschirmungsmaterial und Geometrie.

2.2 Gamma-Strahlung

Für eine erste Schätzung kann die Abschwächung eines Gamma- oder Energie-Flusses mit einem einfachen Exponentialkern einer Punktquelle beschrieben werden, der in die Gleichungen für verschiedene Geometrien eingebaut wird.

Es gelte für die Dosis bei einem Abstand r von einer Punktquelle:

$$D = \frac{B S_Y}{K 4 \pi r^2} e^{-\mu x}$$

Dabei gilt

D = Dosisleistung (mrem/Stunde)

S_Y = Quellstärke (MeV/sec)

K = Umrechnungsfaktor von Gammafluß in Dosisleistung

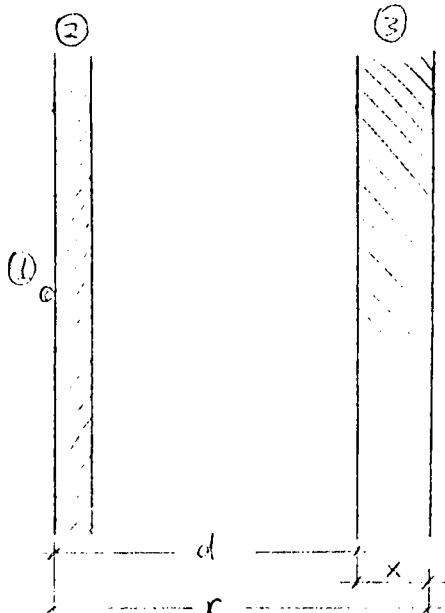
B = Dosis-build-up-Faktoren, Funktion von Material und Energie

r = Abstand zwischen Quelle und Detektor (cm)

μ = Linearer Schwächungs-Koeffizient ($\frac{1}{\text{cm}}$), ebenfalls abhängig von Material und Gamma-Energie

x = Dicke der Abschirmung

3. Geometrie und Materialien



① Strahlenquelle -

② Reflektor: Dicke: 6 cm /7/
Material: Wolfram /7/

③ Abschirmung:
Dicke: x cm
Material: Beton

4. Wichtige Annahmen

4.1 Die Hauptstrahlenquelle befindet sich während des Betriebes im Core.

4.1.1 Die Spaltneutronenquelle

Eine Schätzung der Quellstärke ergibt

$$S_0 = 10^{16} \text{ n/sek} \quad \text{mit} \quad \bar{\nu} = 2.9 \text{ n/sp.}, \text{ Pu}^{239} \text{ [2,4,5]}.$$

Leistung = 100 kW

Spaltspektrum = Mittlere Energie zur Umrechnung von $\text{n/cm}^2\text{sek}$ in mrem/Stunde : 2 MeV [2,5].

4.1.2 Die verzögerten Neutronen der Spaltprodukte

Diese Quelle errechnet sich zu

$$S_0 = 2 \cdot 10^{13} \text{ n/sek}$$

Dabei gilt

Ausbeute = 0.0061 n/sp. [5]

Mittlere Energie = ca. 0.5 MeV [3].

Diese Neutronen sind in den prompten Neutronen enthalten, da der Faktor β alle Neutronen pro Spaltung berücksichtigt.

4.1.3 Die prompten Spalt-Gammas des Pu²³⁹

Diese Quellstärke beträgt

$$S_\gamma = 24 \cdot 10^{15} \text{ MeV/sek}.$$

Dabei ist 7.8 MeV/Spaltung angenommen, außerdem eine mittlere Energie von 2.5 MeV [3], da 95.5 % der Gesamtenergie durch Gammas mit Energien zwischen 1 und 4 MeV [5] abgeführt werden. Das heißt, es wird nur eine Energiegruppe berücksichtigt.

4.1.4 Die Gammas der Spaltprodukte

Mit 7.2 MeV/Spaltung $\sqrt{3,5}$ ergibt sich die Quellstärke

$$S_Y' = 22 \cdot 10^{15} \text{ MeV/sek.}$$

Auch diese Quelle wird durch eine Energiegruppe dargestellt. Dabei ist eine mittlere Energie von 1 MeV angenommen, da 53.8 % der Gesamtenergie durch 0.8 MeV Gammas abgegeben wird und 71.6 % durch Gammas von weniger als 1 MeV.

4.2 Neutronenstrahlenquellen im Core während des Boosterbetriebes

Es gibt auch andere Strahlenquellen im Core, z.B. die Photoneutronen, die Aktivierungs-Gammas, die Gammas aus inelastischen Stößen der schnellen Neutronen, die Vernichtungs-Gammas von β^+ , die Einfang-Gammas, usw. In dieser Näherung werden diese Quellen nicht berücksichtigt.

4.3 Strahlenquellen aus dem Core

Auch diese werden nicht berücksichtigt.

5. Bemerkungen

Die Gamma-Schwächung in Luft ist vernachlässigbar. Die genaue Berücksichtigung der Build-up-Faktoren in Reflektor und Beton trägt weniger als 1 % zum Ergebnis bei.

6. Endergebnisse (siehe nachfolgende Tabelle Seite 5)

7. Schlußfolgerung

Die erzielten Ergebnisse zeigen, daß man einen Schwerbeton als Abschirmungsmaterial wählen sollte, was eine weitaus kompaktere Abschirmung ermöglicht. Die Ergebnisse sind optimistisch, denn man benutzte eine sehr hohe Betondichte (6.36 g/cm^3); möglicherweise liegt die Dichte näher bei 5 g/cm^3 . Es gibt weitere bedeutende Strahlungsquellen, wie z.B. Einfang-Gammas und Aktivierungs-Gammas im Core. Die Abschirmung ist nicht durchgehend, sie besitzt Öffnungen für die Strahl-Rohre, durch die die Strahlung noch außen geführt wird.

Nr.	Fällen	Beton [3]						Beton [3]					
		Dichte = 2.30 g/cm ³						Dichte = 5.60 g/cm ³					
	d	100	200	100	200	D _n	D _γ	100	200	100	200	D _n	D _γ
	x	cm	cm	cm	cm	mrem/ st	mrem/ st	cm	cm	cm	cm	mrem/ st	mrem/ st
0.	Ohne Reflektor	252	-	238	-	0.92	2.08	-	-	-	-	-	-
1.	Mit Reflektor und Luft	221	215	209	203	2.40	0.10	136	132	129	124	2.50	0.00
2.	id.1. mit Build-up	-	-	217	210	2.35	0.15			129	124	2.50	0.00
		Beton S+S [6]						Beton BF [6]					
		Dichte = 2.43 g/cm ³						Dichte = 6.36 g/cm ³					
3.	id.1. anderer Beton	222	216	210	204	2.50	0.00	136	132	129	124	2.50	0.00
3 ¹	id.3. mit Build-up	222	216	210	204	2.50	0.00	136	132	129	124	2.50	0.00
Dosisleistung		2.5 mrem/ st		7.5 mrem/ st		2.5 mrem/st		2.5 mrem/ st		7.5 mrem/ st		2.5 mrem/st	

Literatur

- /1/ H.G. Eckert et al., "Einige Erläuterungen zum Bariloche-Booster mit derzeitig angenommenen Spezifikationen", Booster-Notiz Nr. 9, (6.2.70)
- /2/ H. Goldstein, "Fundamentals Aspects of Reactor Shielding", Add.-Wesley Pub. Co., Reading, Mass., USA (1959)
- /3/ T. Rockwell III, "Reactor Shielding Design Manual", 1st, Ed., D. van Nostrand Co., Princeton, N, Jersey, USA (1956)
- /4/ J.R. Stehn et al., "Neutron Cross sections", BNL-325, 2nd Ed., Supp. 2, Vol. III, BNL, Feb. 1965
- /5/ "Reactor Physics Constants", ANL-5800, 2nd Ed., ANL-USAEC, July 1963
- /6/ J.P. Barthe, "Bibliothèque de constantes pour neutrons et gamma atténuation en ligne droite entre point source et point dose avec facteur d'accumulation", Note CEA N 571
- /7/ H.G. Eckert, private communication
- /8/ Publicacion S.I. No. 11, "Normas básicas de seguridad radiológica y nuclear", 1a. Ed., CNEA, Buenos Aires, R.A. (1966)