



УДК 621.039

**РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОИСТЫХ
РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**CALCULATION RESEARCH OF THE LAYERED
RADIATION-PROTECTIVE MATERIALS
EFFICIENCY**

Шершнев Семён Николаевич студент каф. «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: sem.scherschnev2013@yandex.ru, Тел.: +7(992)344-68-66

Ташлыков Олег Леонидович, к-т. техн. наук, доцент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: otashlykov@list.ru. Тел.: +7(343)375-97-37

Shershnev S. N., Student, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: balakin.serbishino@mail.ru. Ph.: +7(992)344-68-66

Tashlykov L. Oleg, Cand. Sci., Associate professor, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: otashlykov@list.ru. Ph.: +7(343)375-97-37

Аннотация: Проведен сравнительный анализ радиационной защиты, состоящей из нескольких слоев различных материалов для выявления зависимости кратности ослабления от расположения слоев в слоистой защите. Рассчитаны кратности ослабления однородных материалов и слоистых защит при различных компоновках материалов и расположении в них слоёв. В ходе работы был применен расчет по методу Монте-Карло для подбора оптимального вида РЗМ в зависимости от условий эксплуатации.

Abstract: A comparative analysis of radiation protection consisting of several layers of different materials was performed to determine the dependence of the attenuation frequency on the arrangement of the layers in layered protection. The attenuation multiplication factor of homogeneous materials and layered protections for different layouts of materials and the arrangement of layers in them have been calculated. In the course of the work, a Monte Carlo calculation was used to select the optimum type of radiation protection material, depending on the operating conditions.

Ключевые слова: метод Монте-Карло; радиационная защита; экранирование; многослойная защита; однородная защита; гамма излучение.

Key words: Monte-Carlo method; radiation protection shielding; multi-layer protection; homogeneous protection; gamma radiation.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение облучаемости персонала с использованием временных защитных экранов является одним из основных методов уменьшения уровня излучения для отдельной операции или зоны в целом. Наибольшее распространение получили защитные экраны из тяжёлых материалов (свинцовые и стальные листы, плиты, бетонные переносные стенки и т.д.) [1].

При окончательном выборе радиационно-защитного материала (РЗМ) для снижения облучаемости персонала необходимо провести оптимизацию по ряду параметров.

Для проведения исследований по оптимизации состава однородной радиационной защиты за основу взяты результаты полученные ранее [2], [4] Расчётным путём можно оптимизировать состав РЗМ для определённых условий эксплуатации и их назначения.

Для определения мощности дозы γ -излучения от различных источников на поверхности защитного материала использовался расчётный код, реализующий метод Монте-Карло расчета переноса совокупности нейтронов, фотонов, электронов с непрерывной энергией в обобщенной геометрии и с зависимостью от времени.

Целью работы является проведение сравнительного анализа эффективности радиационной защиты, состоящей из нескольких слоев различных материалов различного чередования и аналогичных по составу однородных РЗМ.

J.G. Fantidis в своей работе определял наиболее эффективную защиту от нейтронного и гамма излучений среди материалов Hd-Poly, Poly-B, Poly-Li, Zr(BH₄)₄, TiH₂ и Mg(BH₄)₂. В итоге он выбрал как наиболее эффективную защиту из Mg(BH₄)₂ [5].

Jeong Dong Kim, Sangjoon Anh, Yong Deok Lee и Chang Je Park занимались изучением различных компоновок РЗМ. Они определяли наиболее эффективное расположение защитных материалов совместно с бетоном [6].

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ

Расчётная модель состоит из слоев двух материалов. При исследовании способности ослабления гамма-излучения данные материалы использовались в разных последовательностях. Схема расчётной модели приведена на рис.1.

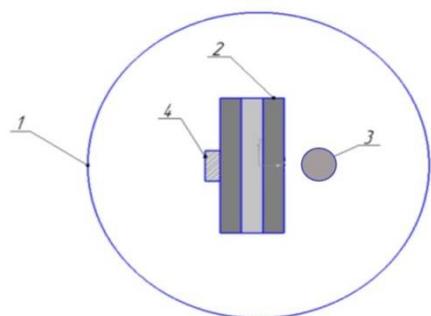


Рис. 1. Схема расчётной модели: 1 - сфера воздуха; 2 - листы РЗМ; 3 - приёмник: «Живая ткань» (сфера радиусом r₃=5 мм); 4 - источник: активностью 2.31E+08 Бк (цилиндр радиусом r₄=5 мм и шириной a=1 мм)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Рассчитаны и получены результаты для более 20 различных материалов и более 1000 сочетаний этих материалов, начиная от легких – полиэтилен, абрисы с различными наполнителями, заканчивая тяжёлыми – свинец, уран.

Результаты приведены для материалов 1М, 2М, 3М, 4М. Сборки были рассчитаны при толщинах слоев в 5, 10, 15, 20 и 25 мм и для 6 видов источников гамма-излучения (см. табл. 1).

Кратности ослабления слоистой и однородной защит для толщин слоёв по 5мм и источника гамма излучения: сталь-12Х18Н10 с примесью Cs-137 приведены на рисунке 2.

Таблица 1.

Источники гамма-излучения

Источник гамма-излучения (сталь-12Х18Н10 с примесью)	Энергия наиболее вероятного выхода излучения, МэВ
Cs-137	0,66165
Au-198	0,4118
Co-60	1,1732
Co-58	0,81076
Mn-54	0,83483
Na-24	2,0613

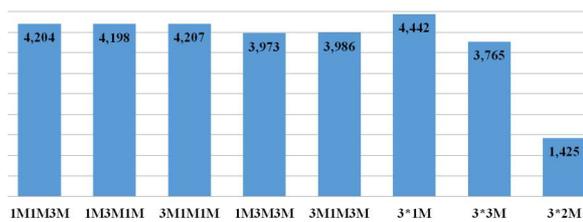


Рис. 2. Кратности ослабления слоистых и однородных защит

В зависимости от расположения слоёв меняется кратность ослабления РЗМ. Для различных материалов и источников гамма-излучения эти расхождения различны. В таблице 2 представлены расхождения ослабления для РЗМ из 3 слоёв материалов: 1М, 2М, 3М, 4М. Источник гамма излучения: сталь-12Х18Н10 с примесью Cs-137

Таблица 2.

Различие кратностей ослабления.

Варианты компоновки РЗМ	Различие кратности ослабления, %
2*1М-1*2М	3,9
1*1М-2*2М	6,26
2*3М-1*2М	4.026
1*3М-2*2М	6.015
1*1М-1*2М-1*3М	3,79
1*1М-1*2М-1*4М	4,85

На рисунке 3 представлены кратности ослабления для материалов 1М и 2М

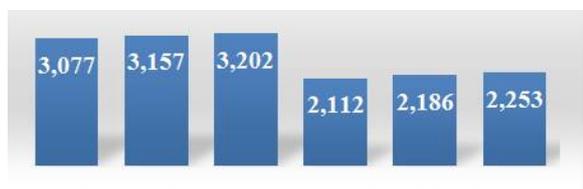


Рис. 3. Зависимость кратности ослабления от расположения слоёв

Процентное расхождение кратности ослабления в зависимости от источника и энергии гамма-излучения представлены на рис. 4. Зависимость кратности ослабления в зависимости от толщины слоев, из которых состоит сборка, представлена рисунке 5.

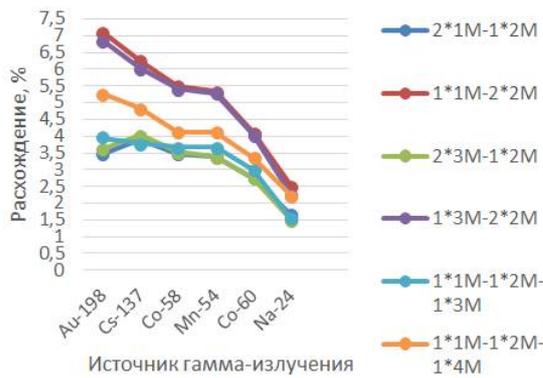


Рис. 4. Процентное расхождение кратности ослабления в зависимости от источника гамма-излучения

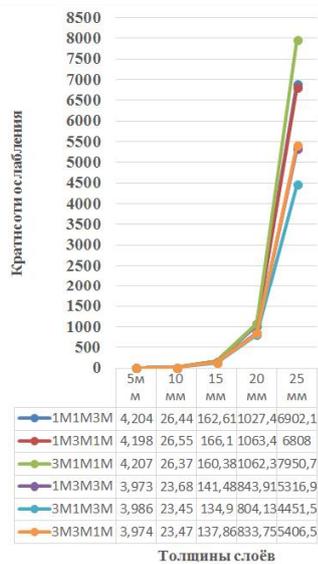


Рис. 5. Кратности ослабления в зависимости от толщины слоёв

Расхождение кратности ослабления в зависимости от толщины слоев сборок представлены на рисунке 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В некоторых случаях меня лишь расположение слоев одной из сборок можно добиться ослабления на 3%-7% выше. Как видно из расчётов по мере увеличения толщины слоёв РЗМ, в зависимости от их расположения кратность ослабления изменяется значительно больше. Из расчётного анализа следует вывод, что для лучшего ослабления гамма-излучения, используя слоистую защиту, необходимо слои располагать по мере возрастания плотности слоя, начиная от источника. Эта зависимость перестает работать для сборок, состоящих из материалов 1М-3М. Для разных источников гамма-излучения оптимальное относительное расположение в этих сборках различно. Процентное расхождение кратности ослабления по мере увеличения энергии

источника гамма-излучения уменьшается. Планируется проведение экспериментов для верификации полученных расчётных данных.

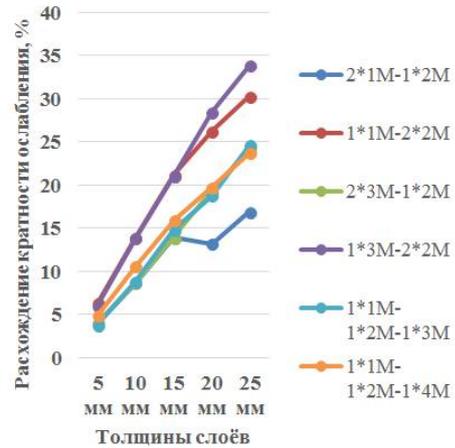


Рис. 6 Изменение расхождения кратности ослабления в зависимости от толщины слоёв

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наумов А.А., Ташлыков О.Л. Минимизация дозовых затрат при ремонтном обслуживании систем и оборудования АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. -2010. №1. С.80-88.
2. Русских И.М., Селезнев Е.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом // Ядерная физика и инжиниринг, 2014, том 5, №5, С. 449-455.
3. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Лукьяненко В.Ю., Михайлова А.Ф., Русских И.М., Селезнев Е.Н., Козлов А.В. Оптимизация состава радиационной защиты // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 36-42.
4. Шершнева С. Н., Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Сравнительный анализ многослойной и гомогенной радиационных защит // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 12–16 декабря 2016 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 479-482.
5. J.G. Fantidis The comparison between simple and advanced shielding materials for the shield of portable neutron sources//Department of Electrical Engineering, Eastern Macedonia and Thrace Institute of Technology, Greece//International Journal of Radiation Research, October 2015, Volume 13, No 4
6. Jeong Dong Kim, Sangjoon Anh, Yong Deok Lee и Chang Je Park Design optimization of radiation shielding structure for lead slowing-down spectrometer system//Nuclear Engineering Technology 47 (2015) С. 380-387.