



KOPOS



**Экранирующие блоки  
NEUTROSTOP**

# Экранирующий материал – блоки NEUTROSTOP

- Применение:
  - ядерные реакторы
  - радиоизотопы
  - расщепляющиеся материалы
  - радиация в медицине
- Экранирование:
  - быстрые нейтроны
  - тепловые нейтроны
  - гамма излучение

Большинство полей радиации состоит из разных видов излучения. Наиболее существенными являются быстрые нейтроны, тепловые нейтроны, первичное и вторичное гамма излучение. Экранирующий материал предназначен для снижения радиации на допустимый уровень.

- **Быстрые нейтроны** наиболее эффективно экранирует водород. В связи с этим выгодно применять для экранирования блоки NEUTROSTOP, содержащие водород в максимальной мере. Быстрые нейтроны замедляются тепловой энергией, возникающей при столкновении с атомами водорода.
- **Тепловые нейтроны** могут быть эффективно экранированы, например, примесями бора, лития или кадмия в экранирующем материале.
- **Вторичное гамма излучение** образуется при захвате тепловых нейтронов водородом. Это излучение можно свести к минимуму при наличии в экранируемом материале таких элементов, как бор и литий.

- **Техническое описание:**

1) основные формы экранирующих блоков:

- форма Н (обозначение Н)
- форма С (обозначение С)
- форма Е (обозначение Е)
- по требованию заказчиков можно подготовить специальные формы (обработка фрезерованием)

2) экранирующие блоки NEUTROSTOP изготавливаются из трех основных материалов:

- чистый полиэтилен (обозначение 0)
- полиэтилен с примесью 3,5 % бора (обозначение 3)
- полиэтилен с примесью 5 % бора (обозначение 5)

Например: NEUTROSTOP C0, это блок типа С из чистого полиэтилена PE.

- **Блоки из чистого полиэтилена**

Благодаря своим механическим, физическим и химическим свойствам полиэтилен является особенно подходящим материалом для экранирования нейтронов. Полиэтилен можно производить с высокой степенью чистоты так, что он не будет содержать элементов, которые могли бы активировать нейтроны, поверхность изделий из полиэтилена гидрофобна, в случае загрязнения ее можно легко очистить. Загрязняемость поверхности блоков низкая, у материала NEUTROSTOP благоприятным является фактор деконтаминирования. С физической точки зрения полиэтилен, как основной материал, отличается высоким содержанием водорода, который принимает участие в процессе экранирования. Концентрация водорода в полиэтилене почти такая же, как и в воде, поэтому экранирующие свойства самого полиэтилена практически такие же, как у воды.

- **Блоки из полиэтилена с добавлением бора**

Кроме блоков из чистого полиэтилена поставляются и блоки, состоящие из полиэтилена с добавлением 3,5 % или 5 % бора. В большинстве случаев требуется материал только с бором, но в больших экранирующих системах целесообразно комбинировать более дешевые блоки из чистого полиэтилена для замедления быстрых нейтронов. Применение добавки бора имеет одно неудобство, которое, правда, обычно не мешает; при захвате электронов мгновенно возникает гамма излучение 478 кэВ.

При наличии мощных источников нейтронов поэтому необходимо экранировать это излучение обычным способом.

- **Конструкции экранирующих стен**

Наиболее простыми являются стены из блоков С. Блоки Н можно комбинировать с блоками С и строить компактные стены и группировки. Новый комплекс позволяет строить и полые системы с выходами во внешнюю среду, без каких либо опорных конструкций.

Составленные экранирующие массивы можно комбинировать с пространствами неправильной формы, досыпанными гранулятом с композициями с добавкой бора или с индивидуальными блоками, специально для этих целей изготовленными.

- **Экранирование блоками NEUTROSTOP**

В случае применения блоков NEUTROSTOP под влиянием больших доз альфа или гамма излучения или под влиянием сильного потока нейтронов могут произойти радиационные изменения. Эти изменения могут быть трех видов:

- изменение содержания бора в процессе облучения нейтронами
- разложение полиэтилена при больших дозах альфа или гамма излучения
- разложение полиэтилена в результате освобождения тепла при торможении альфа излучения

Было доказано, что экранирующие свойства материала NEUTROSTOP сохраняются в течение непрерывного пятилетнего облучения потоком нейтронов вплоть до, приблизительно,  $10^{16}$  м<sup>2</sup>сек<sup>-1</sup> и его химический состав остается неизменным. В процессе облучения, правда, имеет место некоторое обеднение изотопами, вызывающими абсорбцию нейтронов и небольшие изменения технических свойств полиэтилена. Но эти изменения с технической точки зрения пренебрежимо малы.

Физические и электрические свойства соответствуют обычным величинам для полиэтилена и сходны со свойствами парафина, например, энергетический декремент составляет 0,9.

Точка плавления примененного полиэтилена 100 °С. Загрязняемость материала NEUTROSTOP была определена путем экспозиции образцов в растворе, содержащем по валу  $1.10^3$  нитрата эвтропита в 1 л воды, меченного изотопами 152 и 154 Eu. После пересчета носителя на приведенные радиоизотопы была установлена загрязняемость, указанная в таблице:

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| экранирование полиэтиленом         | 18 GB г/м <sup>2</sup>    |
| экранирование полиэтиленом с бором | 29 GB г/м <sup>2</sup>    |
| низколегированная сталь            | 13000 GB г/м <sup>2</sup> |
| нержавеющая сталь 17 246           | 8,3 GB г/м <sup>2</sup>   |
| нержавеющая сталь 17 255           | 2,0 GB г/м <sup>2</sup>   |

При деконтаминационных испытаниях стандартным раствором, с валовым содержанием  $1 \cdot 10^{-2}$  лимонной кислоты в 1 л воды, были установлены следующие факторы деконтаминации:

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| экранирование полиэтиленом         | 21,1 |
| экранирование полиэтиленом с бором | 15,8 |

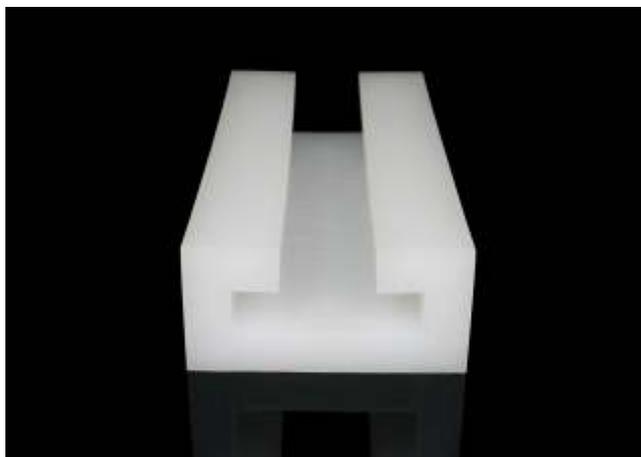
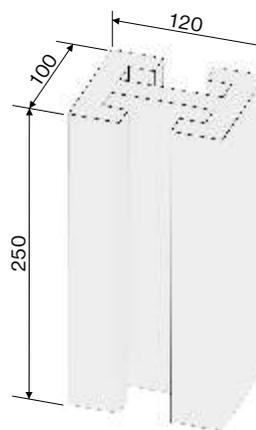
Институт метрологии в Братиславе выполнил измерения экранирующего действия блоков NEUTROSTOP с применением радионуклидного источника нейтронов <sup>239</sup>PuBe с эмиссией  $2,7 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1} \text{ t}$  ур IBN-26 со средней энергией спектра 4,4 МэВ.

Из результатов испытаний следует, что блоки, наполненные бором, имеют в 10 раз большую ослабляющую способность по сравнению с блоками из чистого РЕ.

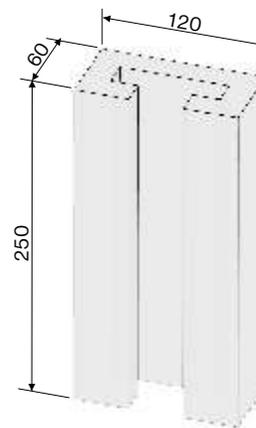
Экранирующая способность блоков для быстрых нейтронов не зависит от содержания бора. Далее из измеренных величин явствует, что слой полиэтиленовых блоков толщиной 44 см снижает поток быстрых нейтронов в 100 раз, слой толщиной 90 см до 1000 раз.



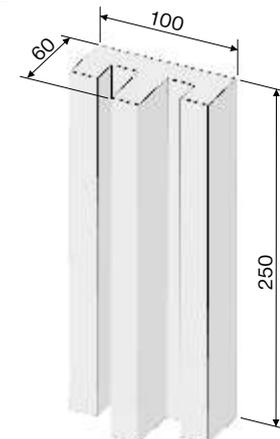
**форма Н**



**форма С**

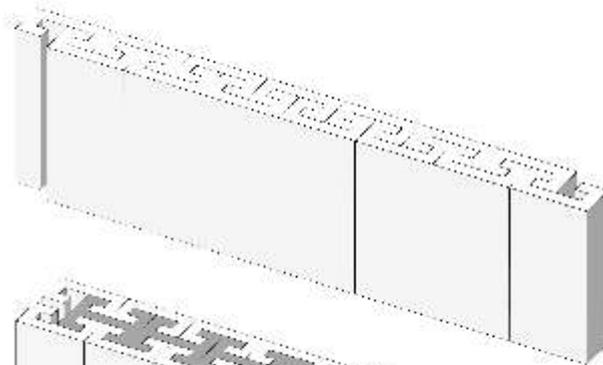


**форма Е**



## Примеры монтажа

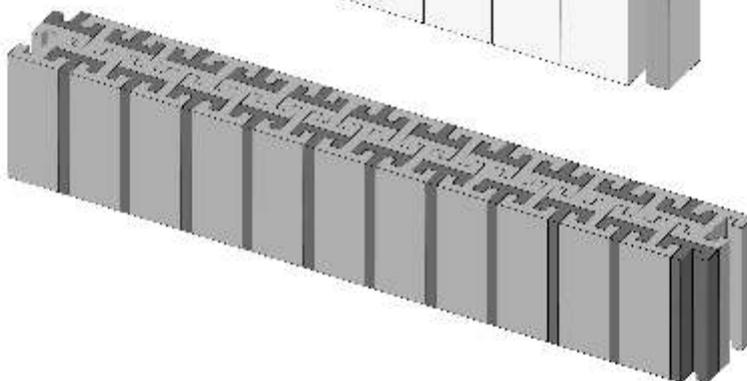
блоки С



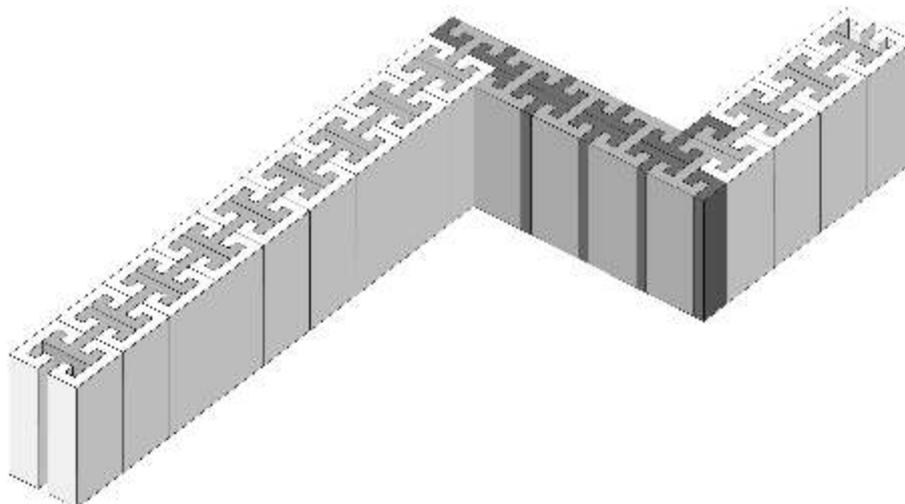
комбинация  
блоков Н и С



комбинация  
блоков Н и Е



комбинация  
блоков С, Н и Е



## РЕФЕРЕНЦИИ

- AGMECO – lékářská technika s. r. o. – Turkova 828, 14900 Praha 4 – Chodov, Česká republika
- CERN – (European Organization for Nuclear Research) – Geneve 23, Switzerland
- Experience EDELWEISS – 90 Rue de Polset, 73500 Modane, France
- EL Malines Depot – Bureau Aankopen, Leuvensesteenweg 30, BE - B-2800 Mechelen, Belgium
- Flerov Laboratory Moscow – Joliot – Curie 6 str., Dubna, Moscow reg., Russia
- Forschungszentrum Rossendorf, Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden, OT Rossendorf, Germany
- Groupe Manoir-Edelweiss (Institut de Physique Nucléaire de Lyon) – Université Claude Bernard Lyon I, 4 Rue Enrico Fermi, 69622 Villeurbanne Cedex, France
- International Atomic Energy Agency – Wagramerstrasse 5.P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria
- Paks Nuclear Power Plant Ltd. – Purchasing Section, H-7031 Paks, P.O.Box: 71, Hungary
- Radioelectronic systems Ltd. – Al. Malinov, Blvd., Sofia, 1715 Bulgaria
- UN Development Programme in Pakistan, P.O.Box 1482, Nilore, Islamabad, Pakistan
- Universität Halle, FB Physik, Friedemann – Bach – Platz 6, 06108 Halle (Saale)/D, Germany

**KOPOS KOLÍN a.s.**  
Havlíčková 432  
280 94 Kolín  
Česká republika  
tel.: +420 321 730 111  
fax: +420 321 730 811  
e-mail: kopus@kopos.cz  
<http://www.kopus.cz>

**ИП КОПОС ЭЛЕКТРО**  
ул. Кропоткина, 91 К. 1  
220002, г. МИНСК,  
Республика Беларусь  
тел.: ++375 17 290 28 38 (39)  
тел./факс: ++375 17 210 11 33  
e-mail: kopus@kopos.by  
<http://www.kopus.by>

**КОПОС ЭЛЕКТРО О.О.О.**  
ул. Дорожная, д.3, корп.11, оф.408  
117545, г. МОСКВА,  
Россия  
тел./факс: ++7 495 229 22 23  
e-mail: info@koposelectro.ru  
<http://www.kopus.ru>

**КОПОС ЭЛЕКТРО УА**  
Магнитогорская 1  
02094, г. КИЕВ,  
Украина  
тел.: ++38 044 45 18 852  
e-mail: kopus-ua@ln.ua  
<http://www.kopus.ru>