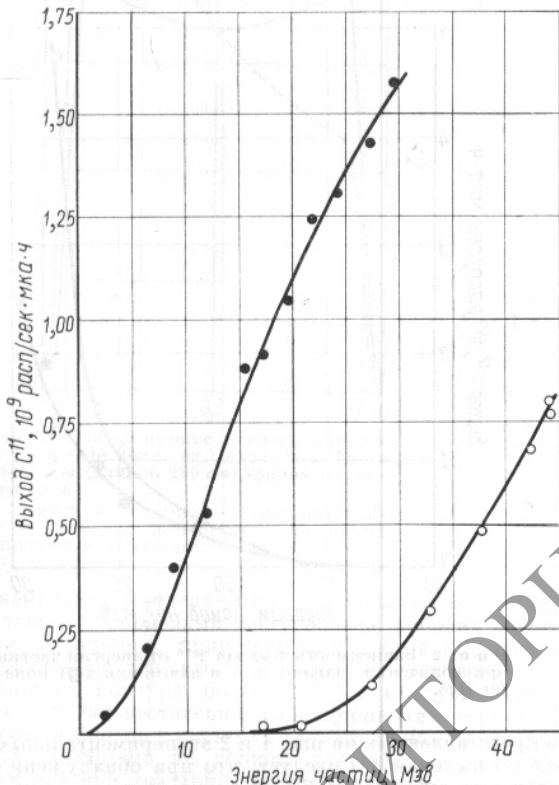


Выход C^{11} в реакциях $Be^9(He^3, n)C^{11}$ и $Be^9(\alpha, 2n)C^{11}$

Н. Н. КРАСНОВ, П. П. ДМИТРИЕВ, З. П. ДМИТРИЕВА,
И. О. КОНСТАНТИНОВ, Г. А. МОЛИН

УДК 539.172.8

Радиоактивный изотоп C^{11} часто используется в качестве индикатора при обнаружении примесей легких элементов методом активационного анализа на заряженных частицах.



Зависимость выхода C^{11} в реакциях $Be^9(He^3, n)C^{11}$ (●) и $Be^9(\alpha, 2n)C^{11}$ (○) от энергии частиц.

В настоящей работе измерена зависимость выхода C^{11} от энергии частиц при облучении бериллия ионами He^3 и α -частицами. Облучение образцов металлического бериллия производилось на внешнем пучке полутораметрового циклотрона ФЭИ. Для определения выхода C^{11} использовалась методика, аналогичная описанной в работе [1]. Энергия частиц варьировалась с помощью тормозящих фольг. Погрешность в определении выхода C^{11} не превышала $\pm 15\%$. Полученные данные представлены на рисунке. Значения выходов даны в распадах в 1 сек на 1 мкА·ч в соответствии с понятием выхода изотопа, определенного в работе [2].

В работе [3] кривая выхода C^{11} в реакции $Be^9(He^3, n)C^{11}$ получена при облучении мишеней из нитрида бериллия ионами He^3 с энергией до 18 Мэв. При пересчете на чистый бериллий выход C^{11} при $E_{He^3} = 18$ Мэв составляет $\sim 10^9$ распад/сек·мкА·ч, что хорошо совпадает с данными настоящей работы. В работе [4] была измерена функция возбуждения реакции $Be^9(\alpha, 2n)C^{11}$ до $E_\alpha = 38$ Мэв. Графо-аналитическое интегрирование этой функции возбуждения дает значение выхода C^{11} при $E_\alpha = 38$ Мэв, равное $0,54 \cdot 10^9$ распад/сек·мкА·ч, что хорошо согласуется с данными настоящей работы.

Поступило в Редакцию 16/V 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. Н. Краснов и др. «Атомная энергия», 27, 125 (1969).
- Н. Н. Краснов. «Атомная энергия», 26, 284 (1969).
- R. N a h n, E. R i c c i. Nucl. Phys., A101, No. 2, 353 (1967).
- О. Д. Бриль, Л. В. Сумин. «Атомная энергия», 7, 377 (1959).

Гематитовый бетон для защиты от высоких потоков нейтронов

В. Б. ДУБРОВСКИЙ, Ш. Ш. ИБРАГИМОВ, В. В. КОРЕНЕВСКИЙ,
А. Я. ЛАДЫГИН, В. К. ПЕРГАМЕНЩИК, В. С. ПЕРЕВАЛОВ

УДК 621.039.538.7

В настоящей работе приводятся экспериментальные данные о влиянии облучения нейтронами дозой до $7 \cdot 10^{20}$ нейтр/см² на свойства гематитового бетона на портландцементе и его составляющих — портландцементного камня и гематитовой руды.

Технологический состав исследуемых материалов (кг/м³):

— гематитовый бетон: цемент 298; гематитовая руда 2134; тонкомолотая добавка из гематита 298; вода затворения 300; объемный вес 3030;

— цементный раствор: цемент 1510; вода затворения 460; объемный вес 1970.

Химический состав исследуемых материалов (вес. %):

— гематитовый бетон: SiO₂ 7,62; CaO 7,47; Fe₂O₃ 71,2; Al₂O₃ 0,56; MgO 1,56; H₂O 9,9; потери при прокаливании 1,69;

— цементный раствор: SiO₂ 15,1; CaO 48,8; Fe₂O₃ 3,9; Al₂O₃ 4,35; MgO 3,1; H₂O 23,4; потери при прокаливании 1,35;

Условия облучения образцов

Условия обозначения	Гематитовый бетон			Гематитовая руда			Портландцементный камень		
	I группа (5 образцов)	II группа (5 образцов)	III группа (5 образцов)	I группа (5 образцов)	II группа (5 образцов)	III группа (3 образца)	I группа (5 образцов)	II группа (3 образца)	III группа (3 образца)
Интегральный поток нейтронов, $\times 10^{20}$ нейтр/см ²	0,5—0,7	2,3—3,0	5—6,1	0,4—0,5	1,15—1,4	4,5—5,3	0,95—1,15	3,8—4,5	7—7,2
Интегральный поток нейтронов, ($E_n > 0,8$ Мэв), $\times 10^{19}$ нейтр/см ²	0,45—0,65	2,1—2,75	4,5—5,5	0,4—0,5	1,0—1,2	4,1—4,8	0,85—1,05	2,1—2,9	6,1—6,5
Поглощенная доза, $\times 10^{11}$ рад	0,2—0,3	1—1,35	2,2—2,7	0,2	0,5—0,65	2,0—2,35	0,4—0,5	1,7—2,0	3,1—3,2
Температура облучения, °С	100	200	350—400	100	150	350—400	150	300—350	400—450
Средняя энергия нейтронов, Мэв	0,14	0,18	0,25	0,14	0,15	0,24	0,15	0,22	0,27

— гематитовая руда: SiO₂ 7,09; CaO 2,6; Fe₂O₃ 88,2; MgO 13,5; потери при прокаливании 0,76.

Образцы облучались в экспериментальном канале реактора БР-5. Условия облучения приведены в таблице.

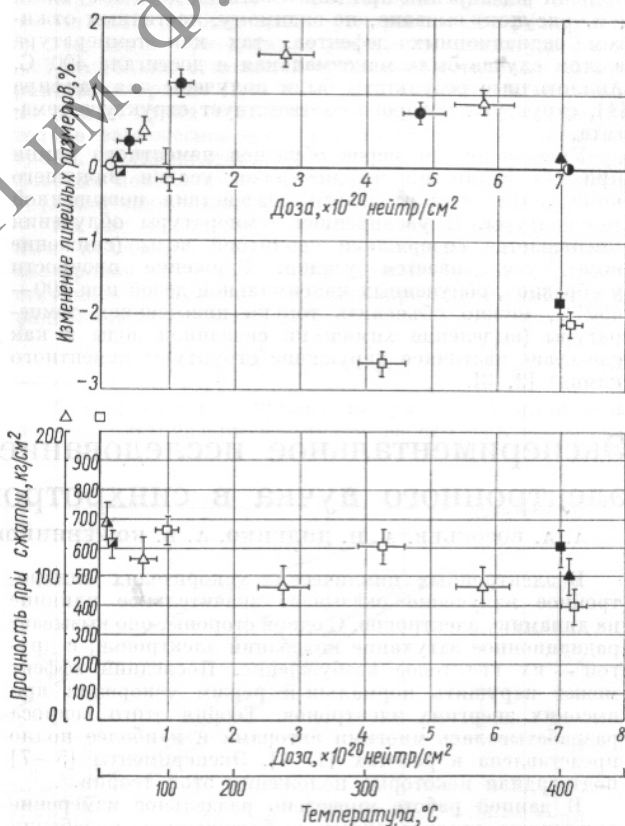
Свойства гематитового бетона и цементного камня исследовались на цилиндрических образцах (диаметр и высота по 15 мм), гематитовой руды — на кубиках размером 10 × 10 × 10 мм.

Исследования проводились на трех партиях образцов: облученной, контрольной холодной и контрольной горячей. Образцы контрольной холодной партии в течение всего периода облучения хранились в нормальных условиях (температура 20° С, влажность 60%). Образцы контрольной горячей партии находились в температурном режиме облучаемых образцов III группы (см. таблицу).

Гематитовый бетон. Установлено, что облучение нейтронами дозой до $2,6 \cdot 10^{20}$ нейтр/см² (температура облучения 250° С) приводит к расширению образцов на 1,2—1,5%. С увеличением дозы и температуры облучения [(5 ÷ 6,1) · 10²⁰ и 350—400° С] расширение снижается до 0,7—0,9% (см. рисунок). На контрольных образцах изменений линейных размеров не обнаружено.

Вес образцов, облученных дозой $0,6 \cdot 10^{20}$ нейтр/см², уменьшился на 1—2%, облученных дозой $2,3—3,0 \cdot 10^{20}$ нейтр/см² — на 3,5%, облученных дозой $5—6,1 \cdot 10^{20}$ нейтр/см² — на 4%, контрольных горячих образцов — на 4—4,5%. Коэффициент теплопроводности в результате облучения дозой (5 ÷ 6,1) × 10²⁰ нейтр/см² снижается до 0,45—0,55 ккал/м · ч · °С. У контрольных горячих образцов коэффициент теплопроводности равен 0,6—0,8 ккал/м · ч · °С. Прочность и модуль деформации облученных и контрольных горячих образцов одинаковые и на 10—15% ниже, чем у контрольных холодных образцов (см. рисунок).

Гематитовая руда. Образцы гематитовой руды, так же как и образцы бетона, при облучении расширяются: при дозе (1,15—1,4) · 10²⁰ нейтр/см² линейное расширение составляет 1,2%, при дозе (4,5—5,3) · 10²⁰ нейтр/см² 0,7—0,8% (см. рисунок). Изменений размеров у контрольных образцов не обнаружено. Облучение ней-



Влияние облучения нейтронами на прочность при сжатии и на линейные размеры образцов гематита, гематитового бетона и цементного камня:

●, ○, ◐ — облученные, контрольные холодные и горячие образцы гематита соответственно; △, ▲, ▲ — облученные, контрольные холодные и горячие образцы гематитового бетона соответственно; □, ■, ■ — облученные, контрольные холодные и горячие образцы цементного камня соответственно.

тронами не повлияло на изменение влагосодержания. Характер изменения объемного веса аналогичен изменению линейных размеров. Объемный вес образцов, облученных дозой $(4,5-5,3) \cdot 10^{20}$ нейтр/см², уменьшился на 2% по сравнению с контрольными холодными образцами. Изменений коэффициента температурного линейного расширения при температуре до 300° не обнаружено.

Цементный камень. Уменьшение линейных размеров у образцов, облученных дозой выше $3 \cdot 10^{20}$ нейтр/см², и контрольных горячих по сравнению с контрольными холодными составило 2—2,5%, а влагосодержание у тех же партий образцов снизилось соответственно на 5—7%. Не обнаружено изменений в коэффициенте теплопроводности при 100° С у образцов, облученных максимальной дозой, по сравнению с контрольными горячими. Температурные деформации (до 300° С) в результате облучения не изменяются. Облучение дозой $7,2 \cdot 10^{20}$ нейтр/см² при температуре 450° С привело к снижению прочности на 30—40%.

Расширение и снижение плотности гематита происходит, очевидно, вследствие нарушения структуры материала при бомбардировке нейтронами (образование точечных дефектов и групп). Некоторое снижение степени расширения при максимальной дозе облучения (см. рисунок) вызвано, по-видимому, частичным отжигом радиационных дефектов, так как температура в этом случае была максимальная и достигала 400° С. Аналогичные результаты были получены для сапфира [1], структура которого соответствует структуре гематита.

Уменьшение размеров образцов цементного камня при облучении происходит из-за усадки вяжущего компонента от длительного воздействия повышенной температуры. С увеличением температуры облучения уменьшается содержание цеолитной воды (снижение веса), увеличивается усадка. Снижение прочности у образцов, облученных максимальной дозой при 400—450° С, можно объяснить только повышенной температурой (выделение химически связанной воды и как следствие частичное нарушение структуры цементного камня) [2, 3].

Расширение гематитового бетона происходит главным образом в результате расширения гематитовой руды. Аналогичный характер кривых доза — расширение у бетона и руды подтверждает это предположение. Вследствие незначительного содержания цемента в бетоне усадка цемента не оказывает существенного влияния на теплопроводность, прочность, модуль деформации. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Гематит и гематитовый бетон на портландцементе при облучении расширяются. Относительное линейное расширение при дозе $(2 \div 3) \cdot 10^{20}$ нейтр/см² и температуре облучения 250° С составляет 1,5—2% и снижается до 1% с увеличением температуры до 350° С.

2. Расширение в пределах 2% не оказывает заметного воздействия на остальные физико-технические характеристики бетона.

3. Гематитовый бетон можно рекомендовать в качестве материала для защиты при интегральном потоке нейтронов $7 \cdot 10^{20}$ нейтр/см²; поведение его при больших интегральных потоках нуждается в экспериментальном исследовании.

4. При проектировании конструкции защиты из гематитового бетона необходимо учитывать возможность его расширения, так как в статически неопределимой конструкции это может привести к возникновению напряжений и растрескиванию.

5. При проектировании засыпной защиты из гематитовой руды следует предусмотреть расширение засыпки в результате облучения.

Поступило в Редакцию 3/VI 1969 г.
В окончатальной редакции 29/IX 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем. Сб. статей под ред. Д. Ф. Кирчера и Р. Е. Боумана. М., Атомиздат, 1967.
2. Ф. И. Мельников. «Груды НИИЖБ». Вып. 7. М., Стройиздат, 1959, стр. 8.
3. В. Б. Дубровский и др. «Бетон и железобетон», № 5, 17 (1969).

Экспериментальное исследование динамики электронного пучка в синхротроне на 1,5 Гэв

А. А. ВОРОБЬЕВ, А. Н. ДИДЕНКО, А. В. КОЖЕВНИКОВ

УДК 621.384.612

В электронных циклических ускорителях синхротронное излучение оказывает значительное влияние на динамику электронов. С одной стороны, оно вызывает радиационное затухание колебаний электронов, с другой — их квантовое возбуждение. Последний эффект может нарушить нормальный режим ускорения при высоких энергиях электронов. Теория этого вопроса разрабатывалась многими авторами и наиболее полно представлена в работах [1—4]. Эксперименты [5—7] подтвердили некоторые положения этой теории.

В данной работе проведено раздельное измерение амплитуды синхротронных и бетатронных колебаний и исследовано влияние синхротронного излучения на эти колебания. Исследование проведено на синхротроне (1,5 Гэв) НИИ ядерной физики Томского политехнического института. Этот ускоритель со слабой фокусировкой весьма удобен для подобных измерений. Действительно, в слабофокусирующем ускорителе абсолютные размеры электронного пучка значительно

больше и точность их измерения гораздо выше, чем в ускорителе с жесткой фокусировкой на такую же энергию. Измерение амплитуд колебаний электронов проводилось до энергии 1,2 Гэв, т. е. гораздо большей, чем в работе [6].

Поскольку действие квантовых флуктуаций излучения быстро растет с энергией электронов, в нашем случае квантовая раскачка колебаний будет проявляться гораздо сильнее чем в синхротроне ФИАН СССР на 680 Мэв. Кроме того, используемые в работах [5—7] методики исследования не позволяли измерять амплитуды синхротронных и бетатронных колебаний раздельно.

Исследование бетатронных и синхротронных колебаний, проведенное в настоящей работе, оказалось возможным благодаря совместному использованию электроннооптического преобразователя (ЭОП) с круговой разверткой изображения и скоростной кино-