

УДК 621.384

К.В. Восканян, П.А. Лавданский, В.Н. Соловьев, Б.С. Сычев

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ВОЗДУХА В БУНКЕРЕ ЦИКЛОТРОНА ДЛЯ ПЭТ ДИАГНОСТИКИ

Произведена оценка активации воздуха по аргону-41, образуемому под действием ускоренных протонов в циклотроне с энергией 18 МэВ. Показано, что при токе протонов 150 мкА активность воздуха ниже минимально значимой активности.

Ключевые слова: активация, циклотрон, ток протонов, минимально значимая активность, ПЭТ диагностика, радиационная безопасность.

Аргон-41 образуется внутри технологического бетонного бункера (рис. 1, 2) в результате захвата тепловых нейтронов ядрами аргона-40. Тепловые нейтроны возникают в результате замедления в стенах бункера быстрых нейтронов, образовавшихся в конструкциях технологического оборудования под действием ускоренных протонов. Суммарный выход быстрых нейтронов при $E_0 = 18$ МэВ составляет согласно оценкам величину $3,8 \cdot 10^{10}$ (нейтрон/с)/мкА или $6,0 \cdot 10^{-3}$ нейтрон/протон. Макроскопическое сечение захвата теплового нейтрона аргоном в воздухе согласно [1] оценивается величиной $1,03 \cdot 10^{-4}$ см²/г. При площади внутренней поверхности бетонных стен бункера $S = 100$ м² и параметрах замедления и диффузии нейтронов [2–4] в обычном бетоне плотность потока тепловых нейтронов внутри бункера составит около $3 \cdot 10^5$ (нейтрон/(см²·с))/мкА.

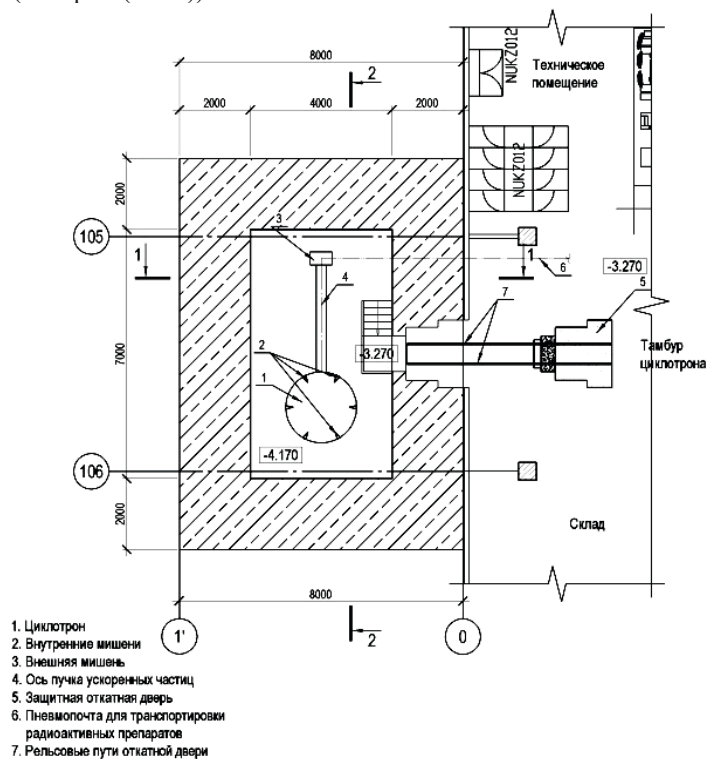


Рис. 1. Схема бункера циклотрона

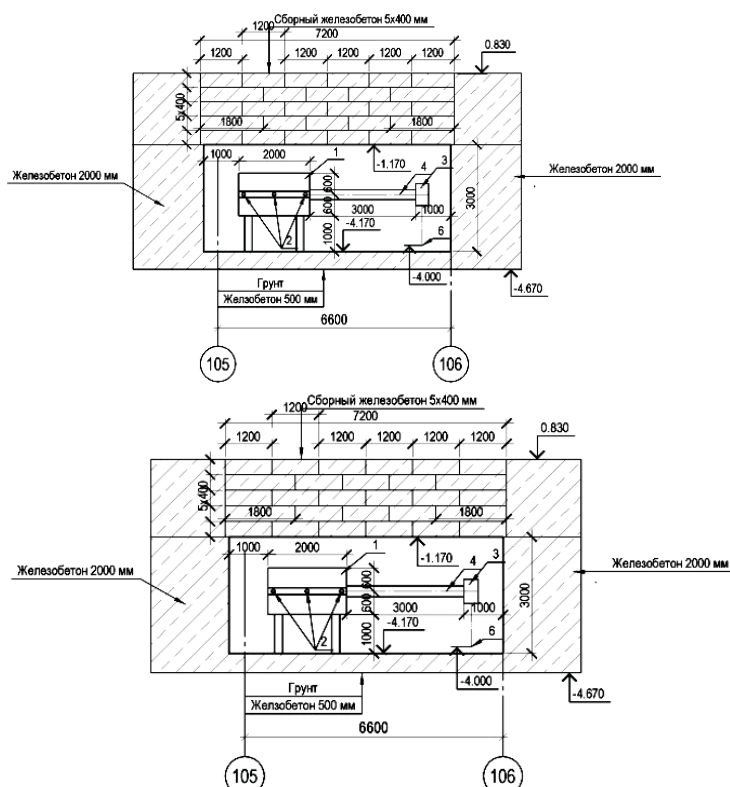


Рис. 2. Бункер циклотрона: а — разрез 1–1; б — разрез 2–2

Этой величине соответствует значение q равновесной удельной активности аргона-41 в воздухе — около $q = 30$ (Бк/г)/мкА. Санитарно-гигиеническая значимость этой величины может быть установлена путем сопоставления с требованиями норм радиационной безопасности.

Согласно НРБ-99 (СП 2.6.1. 758—99) для аргона-41 минимально значимая активность (МЗА) составляет 10^9 Бк, а минимально значимая удельная активность (МЗУА) — 100 Бк/г.

В рассматриваемом случае при кубической идеализации бункера его объем составляет 68 м^3 воздуха или по массе — $8,8 \cdot 10^4$ г. Суммарная равновесная активность аргона-41 в этом объеме $A = 30$ (Бк/г)/мкА $8,8 \cdot 10^4 \text{ г} \approx 2,6 \cdot 10^6$ Бк/мкА.

Требования к вентиляции помещения могут быть сформулированы исходя из эффективных средних значений интенсивности пучка протонов, определяемых на основе усреднения по типичному временному циклу работы оборудования. Следует также принять во внимание распад аргона-41, период полураспада — 2 ч [1].

Исходя из полученных значений равновесной активности $A = 2,6 \cdot 10^6$ Бк/мкА и удельной равновесной активности $q = 30$ (Бк/г)/мкА можно оценить величины тока $I_{\text{МЗА}}$ и $I_{\text{МЗУА}}$, соответствующие МЗА и МЗУА:

$$I_{\text{МЗА}} = 10^9 \text{ Бк} / 2,6 \cdot 10^6 \text{ (Бк/ мкА)} = 380 \text{ мкА};$$

$$I_{\text{МЗУА}} = 100 \text{ Бк/г} / 30 \text{ ((Бк/г)/ мкА)} = 3,3 \text{ мкА}.$$

Например, при непрерывной работе ускорителя на токе 150 мкА активность воздуха в бункере меньше МЗА и специальных мер по очистке воздуха от аргона-41 не требуется. Остальные примеси в воздухе очищаются с помощью традиционных методов очистки.

Таким образом, допустимая концентрация инертных радиоактивных газов в помещениях циклотронов может соблюдаться путем ограничения времени его работы или током протонов.

Библиографический список

1. Гордеев И.В., Кардашев Д.А., Малышев А.В. Ядерно-физические константы : справочник. М. : Госатомиздат, 1963.
2. Бекуртс К., Виртц К. Нейтронная физика : пер. с англ. М. : Атомиздат, 1968.
3. Прайс Б., Хортон К., Спинни К. Защита от ядерных излучений : пер. с англ. М. : Изд-во иностр. литературы, 1959.
4. Бетон в защите ядерных установок / Д.Л. Бродер и др. 2-е изд. М. : Атомиздат, 1973.

Поступила в редакцию в декабре 2011 г.

Об авторах: **Восканян Карен Варужанович** — старший преподаватель кафедры строительства ядерных установок, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, Москва, Ярославское шоссе, 26, 8-917-572-64-28, karen_v@mail.ru;

Лавданский Павел Александрович — доктор технических наук, профессор кафедры строительства ядерных установок, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, Москва, Ярославское шоссе, 26, 8-926-910-40-51, isc@mgsu.ru;

Соловьев Виталий Николаевич — доктор технических наук, профессор кафедры строительства ядерных установок, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, Москва, Ярославское шоссе, 26, 8-916-014-32-18, sol-v-n@mail.ru;

Сычев Борис Сергеевич — доктор технических наук, ФГУП **Московский радиотехнический институт Российской академии наук (МРТИ РАН)**, Москва, Варшавское шоссе, 132, 8-(499)-616-39-54, m-bv@mail.ru.

Для цитирования: Оценка активности воздуха в бункере циклотрона для ПЭТ диагностики / К.В. Восканян, П.А. Лавданский, В.Н. Соловьев, Б.С. Сычев // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 119—121.

K.V. Voskanjan, P.A. Lavdanskyy, V.N. Solovyov, B.S. Sichev

ESTIMATION OF ACTIVITY OF AIR IN THE CYCLOTRON BUNKER FOR PET DIAGNOSTICS

The paper presents the results of the estimation of air activation by argon-41 induced by accelerated protons in 18 MeV Cyclotron. It has been demonstrated that activity of air is below significant minimum at proton current of 150 microamps.

Key words: activation, cyclotron, significant minimum, PET, diagnostics, radiation safety.

Reference

1. Gordeev I.V., Kardashev D., Malyshev A.V. *Jaderno-fizicheskie konstanty : spravochnik* [Nuclear-physical constants : reference book], Gosatomizdat, Moscow, 1963.
2. Beckurts K.H. and Wirtz K. *Neutron Physics*. Springer-Verlag NY.
3. Price B.T., Horton C.C. and Spinney K.T. *Radiation Shielding*. Pergamon Press, New York, 1957.
4. Broder D.L. and others. *Beton v zashhite jadernykh ustanovok* [Concrete in the protection of nuclear facilities. Ed. 2 nd.], Moscow, Atomizdat, 1973.

About authors: **Voskanjan Karen Varuzhanovich** — Lecturer Department of Construction of Nuclear Facilities, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26, Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, +7(926)1494825, karen_v@mail.ru;

Lavdanskyy Pavel Aleksandrovich — Doctor of Engineering, Professor, Department of Construction of Nuclear Facilities, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26, Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, +7(926)9104051, isc@mgsu.ru;

Solovyov Vitaly Nikolajevich — Doctor of Engineering, Professor, Department of Construction of Nuclear Facilities, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26, Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, +7(916)0143218, Russiasol-v-n@mail.ru;

Sichev Boris Sergejevich — Doctor of Engineering, Department head, **Moscow Radiotechnical Institute of Russian Academy of Sciences**, 132, Varshavskoe shosse, Moscow, Russia, 117519, +7-(499)-616-39-54, m-bv@mail.ru.

For citation: Voskanjan K.V., Lavdanskyy P.A., Solovyov V.N., Sichev B.S. *Ocenka aktivnosti vozduha v bunkere ciklotrona dlja pjet diagnostiki* [Estimation of activity of air in the cyclotron bunker for pet diagnostics]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering], 2012, no 1, Pp. 119—121.