

СЗ49а

Ц-174

1452/2-76



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

19/IV-76

P16 - 9481

Д.Цаппе, В.И.Цовбун

ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ  
ВБЛИЗИ ЗДАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ  
НА ЭНЕРГИИ 0,5-3 МэВ,  
ОБРАЗОВАННЫХ ТОРМОЗНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ,  
ПРОШЕДШИМ ЧЕРЕЗ ЛЕГКИЕ  
ПОТОЛОЧНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ

**1976**

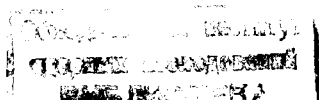
P16 - 9481

Д.Цаппе,\* В.И.Цовбун

ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ  
ВБЛИЗИ ЗДАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ  
НА ЭНЕРГИИ 0,5-3 МэВ,  
ОБРАЗОВАННЫХ ТОРМОЗНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ,  
ПРОШЕДШИМ ЧЕРЕЗ ЛЕГКИЕ  
ПОТОЛОЧНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ

---

\* Технический университет, Дрезден, ГДР



При проектировании биологической защиты одним из критериев ее достаточности является мощность дозы излучения на местности вблизи здания /1/. Однако из-за отсутствия информации о поле излучения вблизи зданий электронных ускорителей, образованного выходящим через потолок излучением, использование этого критерия для оценки достаточности защиты потолочного перекрытия затруднительно.

В настоящей работе решается задача прохождения тормозного излучения электронных ускорителей через легкие потолочные перекрытия и рассчитывается поле излучения на местности вблизи здания. В литературе подобная задача рассматривалась /2,3/ для изотопных источников гамма-излучения и ее часто называют "SKYSHINE".

Расчеты производились на ЭВМ CDC-6400 в приближении однократного рассеяния фотонов на пути от мишени к детектору. Геометрические условия расчета представлены на *рис. 1*. Тормозное излучение из мишени выходит через плоское потолочное перекрытие. Перекрытие считается тонким и не ослабляет излучения. Боковая защита предполагается достаточно толстой, чтобы считать, что излучение через нее не проходит в район расположения детекторов. Крыша здания разбита на 25 равных частей, каждая из которых образует элемент телесного угла, в который излучение выходит из мишени. Элементами воздушного рассеивателя над крышей являлись слои толщиной 2 м в пределах элемента телесного угла. Количество таких слоев равнялось 20. Детекторами излучения являлись сферические воздушные полости с единичной площадью большого сечения, расположенные на высоте 1 м от земли вдоль направления движения электронного

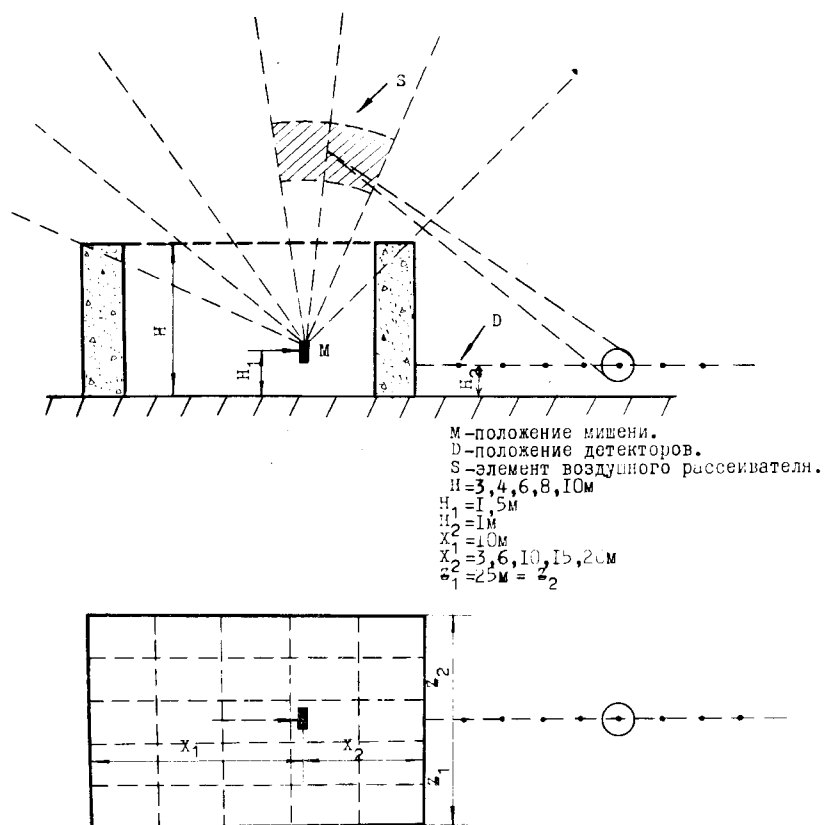


Рис. 1. Геометрические условия расчета, разрез и план здания.

пучка. Полагалось, что рассеиватель не вносит вклад в показание детектора, если из его центра не видно центра детектора, то есть если детектор затеняется стеной здания.

Информация о спектрально-угловом распределении выходящего из мишени тормозного излучения заимствовалась из работы /4/. Энергетические спектры представлялись в десятигрупповом приближении, разбиение по углам - через 10°, мишени выбирались из тяжелых материалов Ta-W-Au оптимальной толщины /4/. Энергии электронного пучка составляли 0,5, 1, 1,5, 2 и 3 МэВ. Процесс рождения электрон-позитронных пар не учитывался.

Схема вычислений была следующей: рассчитывалось число квантов, вылетающих в элемент телесного угла  $\Delta\Omega_m$  / м = 1,25/ в единицу времени с энергией в интервале  $\Delta E_i$  (i = 1, 10)

$$N_{im}(E_i) \sim \frac{P(\theta_m) \cdot \eta(E_i)}{\mu_a(E_i) \cdot E_i} \cdot \Delta\Omega_m,$$

где  $P(\theta_m)$  - угловое распределение мощности дозы тормозного излучения  $E_i = \frac{E_0 \cdot i}{10}$ , здесь  $E_0$  - энергия

электронного пучка,  $\eta(E_i)$  - распределение дозы по энергетическим интервалам спектра тормозного излучения,  $\mu_a(E_i)$  - коэффициент поглощения энергии в воздухе /5/. Показанием детектора считалась сумма вкладов в показания всех элементов рассеивателя и энергетических интервалов спектра фотонов

$$D = K \sum_{m=1}^{25} \sum_{j=1}^{20} \sum_{i=1}^{10} N_{im}(E_i) \cdot \frac{d\sigma(E_i, \theta_s)}{d\omega} \cdot \Delta\omega_{jm} \cdot \Delta L \cdot E_{is} \cdot \mu_a(E_{is}),$$

где  $\frac{d\sigma(E_i, \theta_s)}{d\omega}$  - угловое распределение рассеянного

излучения,  $\theta_s$  - угол рассеяния,  $\Delta\omega_{jm}$  - телесный угол, под которым виден детектор из центра элемента рассеивателя,  $\Delta L$  - толщина слоя элемента рассеивателя,

$$E_{is} = \frac{E_i}{1 + \frac{E_i}{m_0 c} (1 - \cos\theta_s)} - \text{энергия кванта после}$$

рассеяния, K - коэффициент пропорциональности. Время расчета одного варианта составляло около 3 мин.

Результатами расчета являлись распределения мощностей доз излучения в 20 детекторах, расположенных

через 1 м за наружной поверхностью лобовой защитной стены здания /рис. 1/. На рис. 2 приведено распределение мощностей доз в абсолютных единицах для ускорителя на энергию 2 МэВ и конкретных геометрических условий. Форма кривой характерна для распределения поля излучения за защитным барьером и имеет явно выраженный максимум.

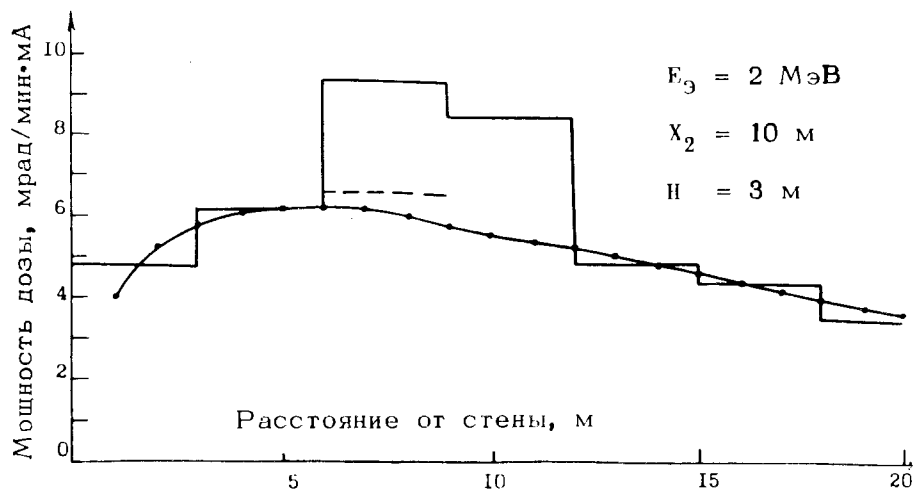


Рис. 2. Результаты расчетов поля излучения на местности вблизи здания в приближении однократного рассеяния и методом Монте-Карло /гистограмма/. Пунктир - вклад однократно рассеянных квантов в расчете методом Монте-Карло.

Величина мощности дозы в максимуме может служить критерием для оценки параметров ускорителя и размеров зданий, для которых нет необходимости сооружать специальную биологическую защиту в виде потолочного перекрытия. Действительно, из-за направленности тормозного излучения максимум мощности дозы в направлении движения пучка будет больше, чем в боковых направлениях и в направлении назад при соответствующих расстояниях до защитной стены.

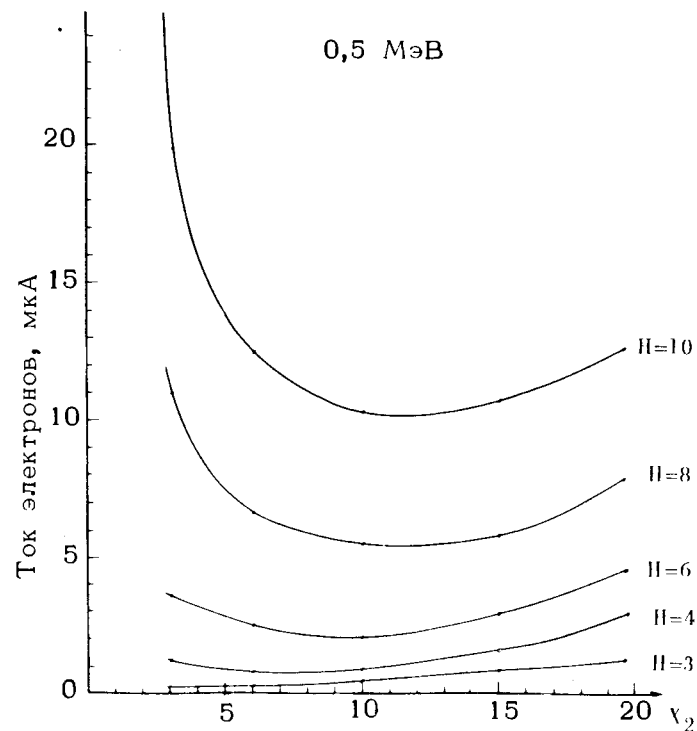


Рис. 3. Ток ускорителя и размеры зданий, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час.

На рис. 3-7 представлены графики зависимости параметров ускорителя от размеров здания, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час. На графиках точками указаны вычисленные значения, а кривые проведены на глаз.

Достоверность полученных результатов определяли сравнением с результатами расчетов методом Монте-Карло, который более подробно учитывает характер взаимодействия излучения с рассеивателем /рис. 2/. Результаты расчетов согласуются с точностью до коэффи-

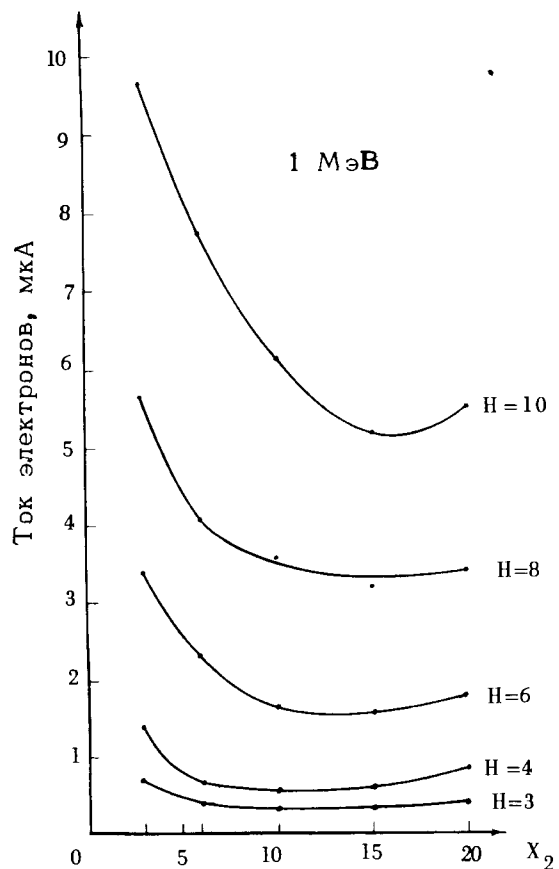


Рис. 4. Ток ускорителя и размеры зданий, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час.

циента 1,5. Статистическая ошибка вычислений составляла не более 20%. В результатах расчета методом Монте-Карло были выделены однократно провзаимодействовавшие кванты. Их вклады в полную рассчитанную дозу в максимуме составил около 70%. В программе были приняты уже описанные выше допущения в геометрических условиях и во входной информации о спектрально-угловых

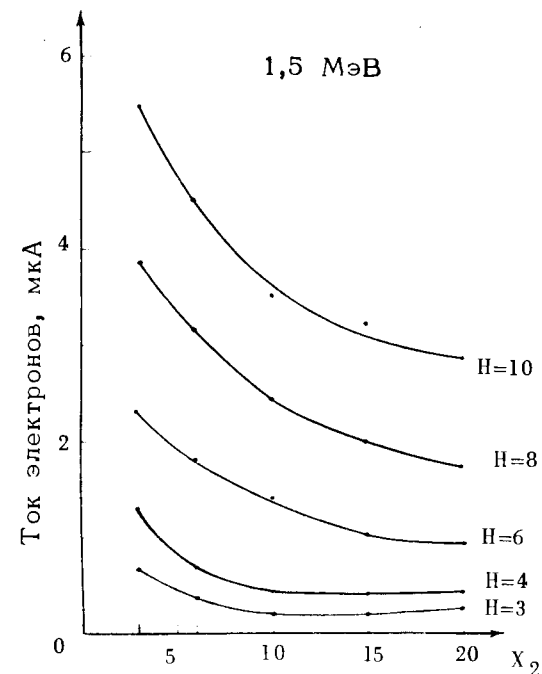


Рис. 5. Ток ускорителя и размеры зданий, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час.

распределениях тормозного излучения, а также следующие дополнительные допущения: траектории квантов рассматривались в пространственном объеме, границы которого отстояли на 100 м от наружных поверхностей здания. Если траектория кванта пересекала стену здания, либо входила в землю, то квант считался поглощенным, максимальное количество рассеяний одного кванта ограничивалось 20, минимальная энергия - 10 кэВ.

Основные погрешности расчета в приближении однократного взаимодействия следующие: погрешности за счет дискретности разбиений - 80%, погрешность приближения однократного рассеяния - 30%, погрешность из-за боль-

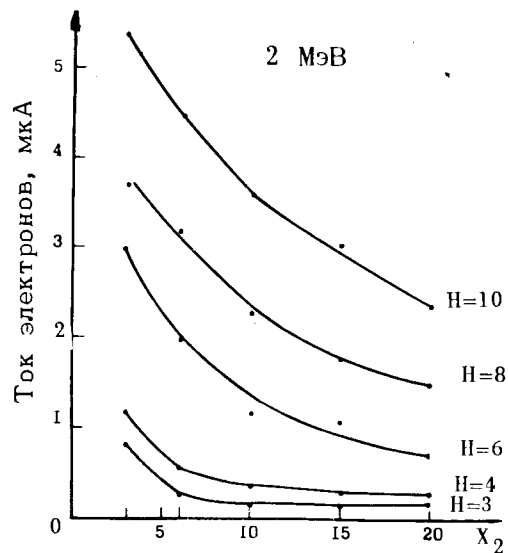


Рис. 6. Ток ускорителя и размеры зданий, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час.

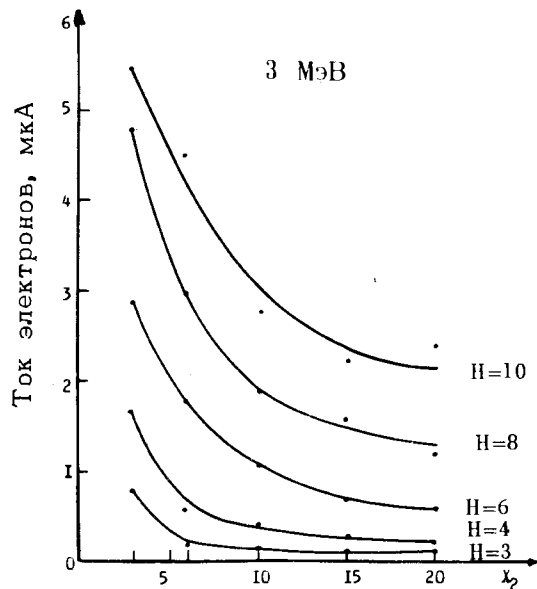


Рис. 7. Ток ускорителя и размеры зданий, при которых мощность дозы в максимуме составляет 0,1 мрад/час.

ших, чем в расчетах, размеров  $X_1$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$  зданий и большем числе элементов рассеивателя - 30%. Таким образом, можно полагать, что точность произведенных расчетов оценивается фактором 2.

Авторы благодарят М.М.Комочкова за ценные советы и полезные дискуссии.

#### Литература

1. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений /ОСП-72/, Москва, 1972.
2. A. Bottino et al. Health Phys., 17, 773-779 (1969).
3. T. V. Borak. ANL-75-30, pp. 73-74 (1975); Health Phys., 29 (3), 423-425 (1975).
4. В.И.Цовбун. ОИЯИ, 16-7104, Дубна, 1973.
5. Руководство по радиационной защите для инженеров. Перевод с англ. под ред. Д.Л.Бродера и др., Москва, Атомиздат, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 января 1976 года.