

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПУЧКА МЕДИЦИНСКОГО БЕТАТРОНА КМБ-10

*В.Б. Сорокин  
г. Томск, Россия*

*Предложенный вариант метода формирования электронного терапевтического пучка бетатрона обеспечивает получение дозных полей больших размеров при использовании относительно тонких фольг. Эксперименты на пучке бетатрона КМБ-10 показали, что введение оптимальной полосы фольги приводит к незначительному уменьшению эффективной энергии терапевтического пучка и практически не увеличивает интенсивность сопутствующего тормозного излучения.*

Процедура облучения в радиационной терапии должна обеспечить равномерную по объему опухоли запланированную дозу и минимальное облучение окружающих тканей. Пучки непосредственно от ускорителей создают неравномерные дозные поля с небольшими периферийными градиентами и поэтому формирование терапевтических пучков, создающих требуемые дозные поля, является одной из основных задач при разработке медицинских ускорителей.

Равномерность дозных полей электронных терапевтических пучков достигается либо методом сканирования пучка, либо методом рассеяния электронов пучка фольгами. При этом высокие периферийные градиенты и нужные размеры дозных полей обеспечиваются диафрагмированием пучка.

Реализация метода сканирования требует достаточно сложных и дорогих устройств, электромагнитных или электромеханических, специальных систем управления скоростью сканирования в зависимости от текущей мощности дозы и т. д.

Основой медицинского бетатрона КМБ-10 является относительно простой малогабаритный бетатрон на энергию ускорения электронов до 10 МэВ и поэтому при формировании его терапевтического пучка предпочтителен метод рассеяния в тонких фольгах, реализация которого практически не влияет на массогабаритные и стоимостные характеристики установки.

Формирование терапевтического электронного пучка бетатрона определяется сложным пространственно-энергетическим распределением выведенного из ускорительной камеры электронного излучения, его зависимостью от параметров выводного окна ускорительной камеры и его положения по отношению к элементам магнитопровода, конструкции магнитопровода, конструкции и расположения выводных секторных обмоток.

Электронный пучок от бетатрона не имеет осевую симметрию, а положение оси пучка (направления максимальной мощности дозы) зависит от взаимного расположения магнитопровода, ускорительной камеры и секторных обмоток вывода. При его оптимизации последовательным анализом распределений дозы на различных глубинах в фантоме и при разном расположении относительно выводного окна ускорительной камеры при различном расположении секторных обмоток и ускорительной камеры относительно магнитопровода определяется направление оси пучка, относительно которого наблюдается симметрия распределений в требуемом диапазоне в направлении, параллельном медианной плоскости магнитопровода бетатрона (ось X), и в направлении, перпендикулярном к нему (ось Y, рис. 1, а).

Распределение в направлении, параллельном медианной плоскости – широкое, близкое к равномерному в достаточно больших пределах (рис. 1, б).

Распределение в направлении, перпендикулярном медианной плоскости, узкое и практически нормальное (рис. 1, в). Ширина распределения определяется

энергией ускоренных электронов и положением, формой и толщиной выводного окна ускорительной камеры.

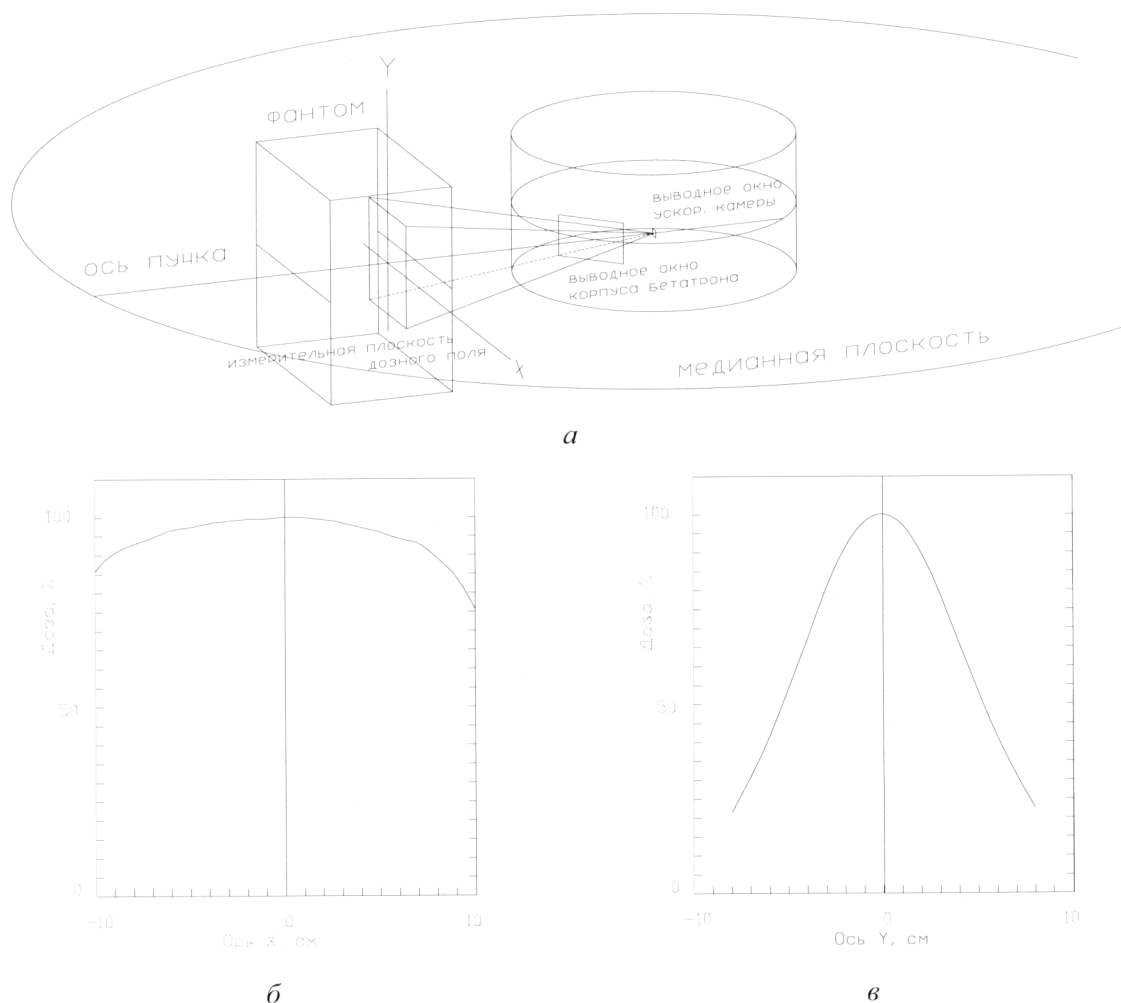


Рис. 1. Схема формирования дозного поля бетатрона КМБ-10 (а) и дозные распределения по главным осям (б, в)

Направление оси пучка конструктивно зафиксировано узлом подвески формирователя терапевтического пучка на корпусе бетатрона (рис. 2).

Распределение на рис. 1, в показывает, что по терапевтическому уровню 80 % от дозы на оси пучка возможно получение поля с размерами не более 6 см в перпендикулярном к медианной плоскости направлении. Мощность дозы на оси пучка в максимуме распределения была равна 7,8Гр/мин при расстоянии от окна ускорительной камеры до фантома 77 см.

Такие небольшие размеры дозных полей по одному из направлений и их жесткая ориентация относительно конструктивных осей бетатрона сильно ограничивают применение в связи с необходимостью стыковки полей для получения полей больших размеров. В то же время поля 10 см x 10 см и большие в значительной степени востребованы в электронной терапии.

Такие поля можно сформировать методом выравнивания дозного поля рассеянием электронов пучка тонкой фольгой.

В конструкцию медицинского бетатрона КМБ-10 введен специальный съемный контейнер, в котором закреплена выравнивающая фольга (рис. 2).

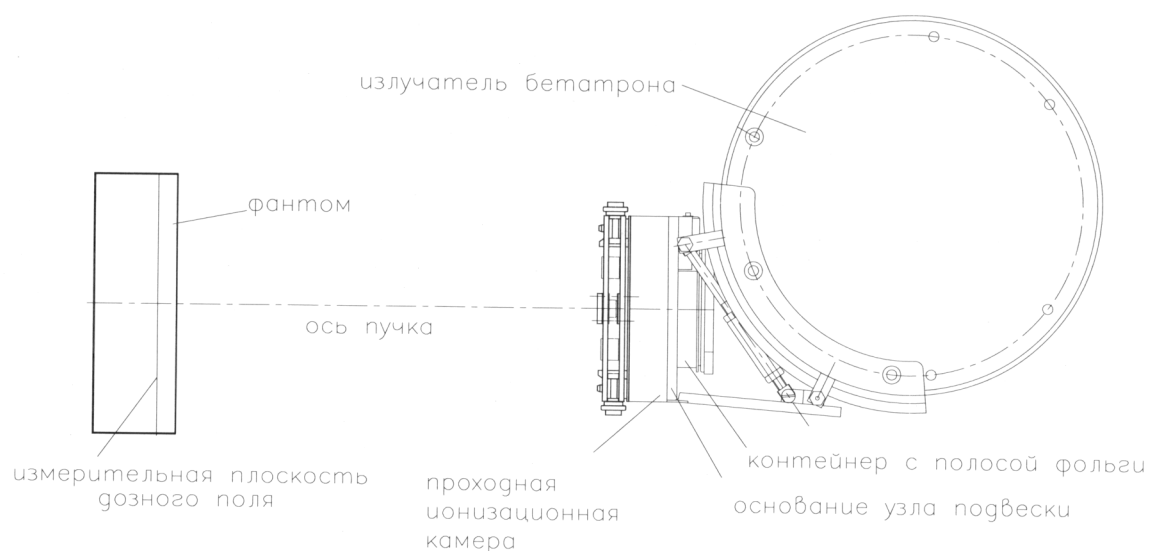
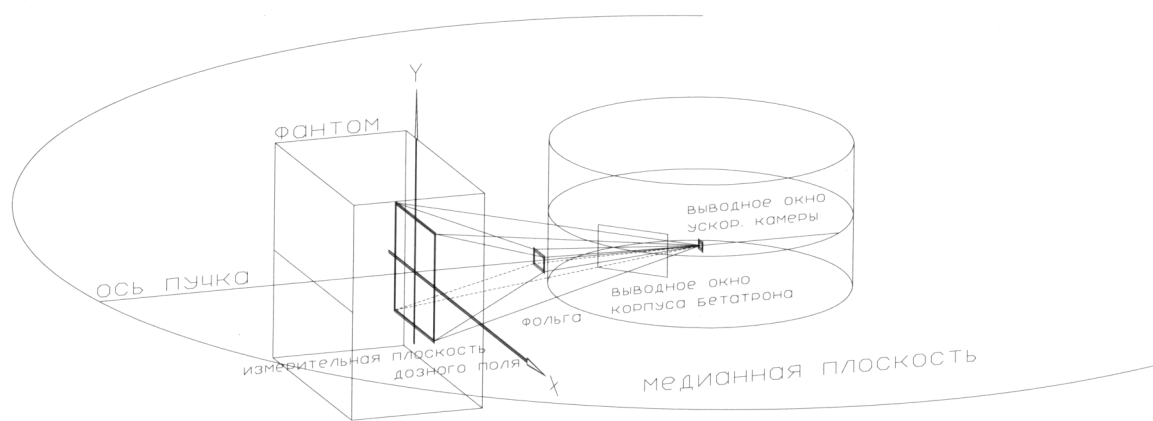
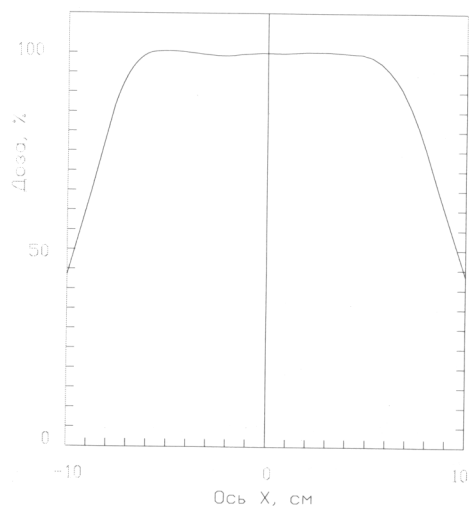


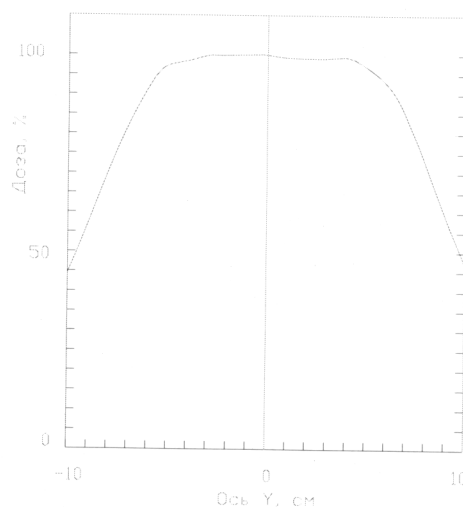
Рис. 2. Схема измерения дозных распределений дозных полей бетатрона КМБ-1



а



б



в

Рис. 3. Предложенная схема формирования дозного поля (а) и соответствующие дозные распределения по главным осям (б, в)

В отличие, например, от ранее известных реализаций метода [1] рассеивающая фольга выполнена (рис. 3, а) в виде полосы, которая расположена вдоль медианной плоскости бетатрона и не перекрывает полностью пучок, а только его часть вблизи оси, причем параметры полосы согласованы с заданными размерами дозного поля и расстояниями от выводного окна ускорительной камеры до фантома и до полосы фольги [2]. Выравнивание дозного поля происходит за счет рассеяния фольгой электронов центральной области пучка и последующего сложения потоков рассеянных фольгой электронов с электронами пучка, прошедшими мимо фольги.

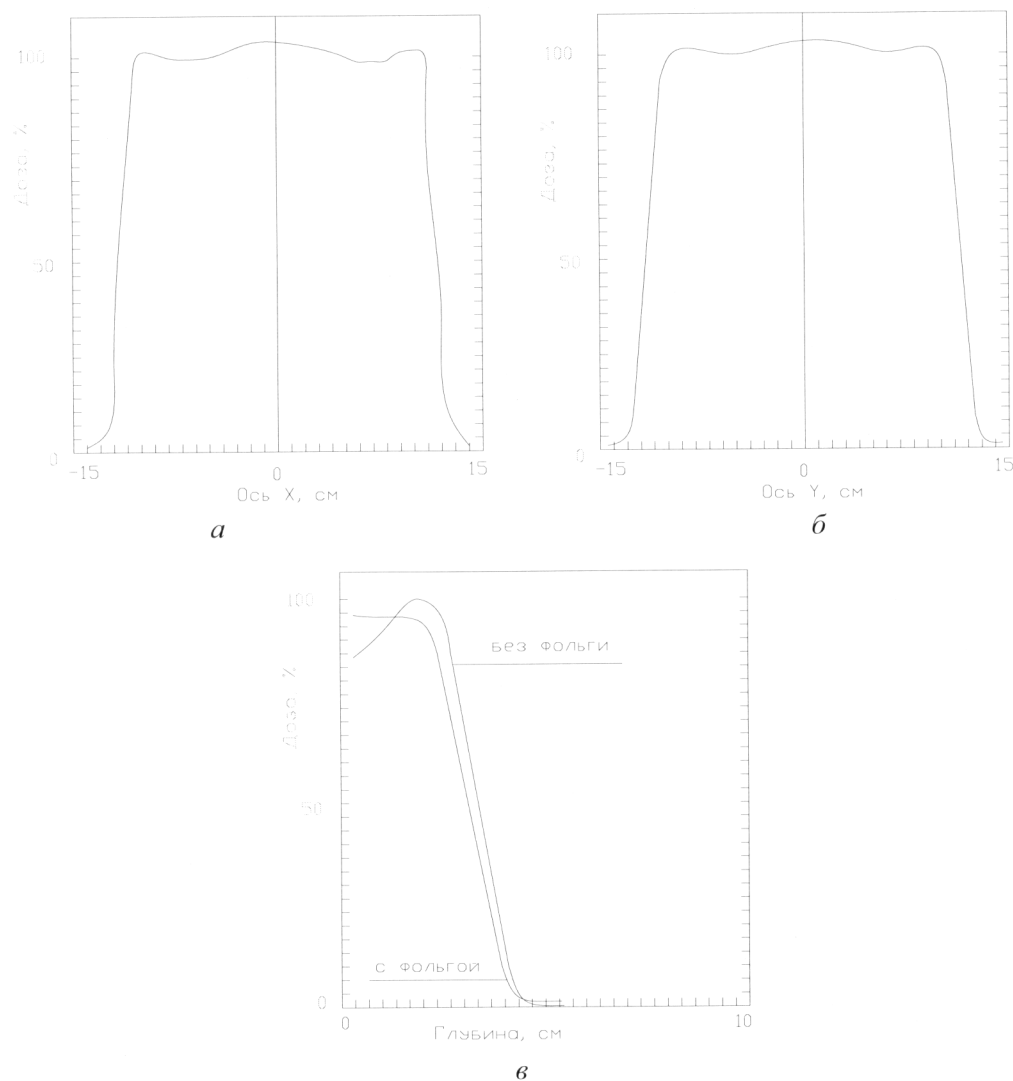


Рис. 4. Дозные распределения по главным осям (а, б) при применении свинцовой фольги толщиной 180 мкм и диафрагмы 22×22 см вблизи поверхности фантома. Изменение глубинного дозного распределения (в) при введении полосы фольги

На рис. 3, б, в показаны дозные распределения при установке контейнера с рассеивающей свинцовой фольгой толщиной 40 мкм. Из распределений следует, что по уровню 80 % дозы возможно получение дозных полей с размерами более 10 см x 10 см. Распределения измерены в плексигласовом фантоме на глубине около терапевтического пробега.

На рис. 4, а, б показаны аналогичные дозные распределения, но полученные выравниванием дозного поля полосой свинцовой фольги толщиной 180 мкм при наличии вблизи поверхности фантома диафрагмы с апертурой 22 см x 22 см. Распределения

имеют высокие периферийные градиенты. Мощность дозы в выровненном поле 3,6 Гр/мин при мощности дозы на оси пучка в отсутствие фольги 12 Гр/мин.

На рис. 4, в представлены глубинные дозные распределения в фантоме без фольги и с фольгой.

Сдвиг распределений эквивалентен изменению эффективной энергии, равному 0,25 МэВ. Вклад сопутствующего тормозного излучения не превышает 2 %.

Суущественно, что получение равномерных дозных полей связано с применением гораздо более тонких фольг, чем использовались в работе [1] в таком же энергетическом диапазоне.

Приведенные результаты показывают перспективность метода рассеивающих фольг при формировании больших электронных дозных полей медицинских бетатронов, отвечающих требованиям международного стандарта IEC 62С.

#### **Список литературы**

1. Козлов А.П., Бажанов Е.Б., Димов В.И. и др. Распределение доз тормозного и электронного излучений медицинского бетатрона Б5М-25. НИИ онкологии им. проф. Н.Н. Петрова. – Ленинград, 1972.
2. Сорокин В.Б. Облучающее устройство. Патент РФ 2067464.

### **ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМ УЧРЕЖДЕНИЕМ**

*В.Г. Недорезов, В.К. Кулешов  
г. Томск*

*Обычно наведение порядка при повышении качества медицинских услуг в соответствии с международным стандартом ISO – 9001–2000 начинается с применения процессного подхода. Запланированного же уровня эффективности управления качеством достигают посредством автоматизации выделенных бизнес – процессов с использованием современных CALS – технологий, которые позволяют резко повысить производительность труда в лечебно – профилактических учреждениях за счет комплексной компьютеризации автоматизированной системы управления процессами.*

В настоящее время в России реализуется программа реформирования здравоохранения, направленная на создание эффективной системы оказания медицинской помощи. Достижение поставленных целей возможно через повышение и непрерывное совершенствование качества управления лечебно-профилактическими учреждениями. Средством достижения установленного уровня качества управления и как следствие повышение качества медицинских услуг и обеспечение их доступности во всем цивилизованном мире является внедрение общепризнанных международных стандартов управления. Обычно элементарное наведение порядка начинается с применения процессного подхода при внедрении систем менеджмента качества на соответствие международному стандарту ISO 9001:2000, результатом которого является набор бизнес-процессов лечебно-профилактического учреждения. Запланированного же уровня эффективности управления достигают посредством автоматизации выделенных бизнес-процессов с использованием современных CALS – технологий, которые позволяет резко повысить производительность труда в лечебно-профилактических учреждениях за счет комплексной