

УДК 539.12.08.124

Расчет поглощенных доз при облучении электрических проводов пучками ускоренных электронов

ДМИТРОВСКИЙ П. А., МИРОНОВ Е. И.

Оценка равномерности облучения и определение поля поглощенных доз при нормальном падении ускоренных электронов на поверхность однородных плоских образцов полимерных материалов не вызывает затруднений [1,2]. В работе [3] описан приближенный графический способ оценки этих величин при облучении электрических проводов с полимерной изоляцией, не учитывающий влияния угла падения электронов на поверхность провода и излучения, рассеянного на центральном металлическом проводнике. Однако экспериментальные исследования [4, 5] показали, что влияние этих факторов может быть существенным, и при более точных расчетах его следует учитывать.

В настоящей работе получено выражение для вычисления поглощенной дозы в любой точке полимерной части поперечного сечения электрического провода, учитывающее влияние угла падения электронов на цилиндрическую поверхность объекта, рассеяние электронов на центральном металлическом проводнике и экранирующее влияние этого проводника. Предлагаемая расчетная формула для двухстороннего облучения провода пучками ускоренных электронов, близкими к моноэнергетическим и образующими между собой угол 180° , имеет вид

$$D = 0,5\delta(x) \Gamma_{\text{ц}}(x, \alpha) \Gamma_{\text{ж}}(r - r_{\text{ж}}, \alpha) [1 + \sin(4,5x + 0,2)] + 0,5\delta(x_1) \Gamma_{\text{ц}}(x_1, \alpha) \Gamma_{\text{ж}}(r - r_{\text{ж}}, \pi - \alpha) \times [1 + \sin(4,5x_1 + 0,2)],$$

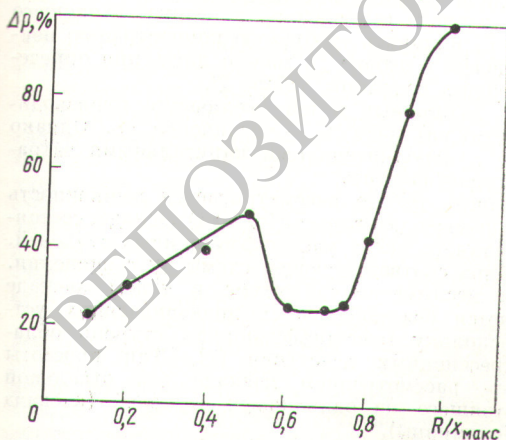


Рис. 1. Зависимость $\Delta\rho$ от радиуса однородных цилиндрических изделий при двухстороннем облучении электронами

где D — безразмерная величина, равная отношению поглощенной дозы в исследуемой точке полимерной части провода к максимальной поглощенной дозе, получаемой при облучении в идентичных условиях плоского образца полимера широким пучком ускоренных электронов, падающих на поверхность под прямым углом; $\Gamma_{\text{ц}}$, $\Gamma_{\text{ж}}$ — геометрические факторы, которые зависят от полярных координат, формы и размеров облучаемых изделий; $\Gamma_{\text{ц}}$ учитывает влияние угла падения электронов; $\Gamma_{\text{ж}}$ показывает, во сколько раз увеличивается поглощенная доза за счет излучения, рассеянного на центральном проводнике; $\Gamma_{\text{ц}}$ и $\Gamma_{\text{ж}}$ в любой точке поперечного сечения изоляции провода можно вычислить, используя результаты измерений, выполненные в работе [5] на макетах проводов; x — расстояние по прямой линии, соответствующей направлению движения ускоренных электронов первого пучка, от поверхности образца до точки, имеющей полярные координаты r и α , в которой вычисляется поглощенная доза:

$$x = \sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \alpha} - r \cos \alpha;$$

$$x_1 = \sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \alpha} + r \cos \alpha,$$

где x_1 — расстояние, измеряемое вдоль той же прямой линии, от исследуемой точки поперечного сечения образца до боковой поверхности, облучаемой электро-

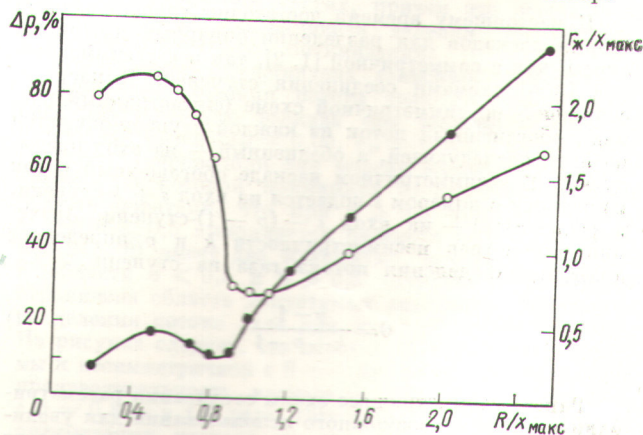


Рис. 2. Оптимальные геометрические размеры проводов, обеспечивающие получение минимальной $\Delta\rho$ при двухстороннем облучении электронами:

● — зависимость оптимального радиуса жилы от радиуса провода; ○ — зависимость минимальной степени неравномерности облучения от радиуса провода

нами второго пучка; R — радиус окружности поперечного сечения провода; $r_{ж}$ — радиус центрального металллического проводника; r , $r_{ж}$, R , x и x_1 — безразмерные величины, они должны быть выражены в долях максимальной глубины x_{\max} проникновения электронов (экстраполированного пробега) в материале изоляции провода.

Каждый из множителей $\delta(x)$ и $\delta(x_1)$ равен единице при $x \leq 1$ и $x_1 \leq 1$. В остальных случаях оба они обращаются в нуль. Множитель $\delta(x_1)$ также обращается в нуль при одностороннем облучении и при $r < r_{ж}/\sin \alpha$, учитывая тем самым экранирующее влияние центрального проводника.

Аналогичные выражения легко можно получить для многостороннего облучения электронными пучками, ориентированными под любыми углами, а также для изделий цилиндрической формы некруглого сечения.

Вычисления по формуле (1) были выполнены с помощью ЭВМ «Наири», которая автоматически отыскивала максимальное и минимальное значения дозы и вычисляла степень неравномерности облучения Δp по формуле

$$\Delta p = \pm \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max} + D_{\min}}$$

Результаты расчетов, полученные для проводов с различными размерами изоляции и жилы, а также для однородных полимерных корделей, не имеющих

центрального проводника, позволили найти оптимальные соотношения между геометрическими размерами облучаемых изделий и максимальной глубиной проникновения ускоренных электронов, т. е. их энергией. Из полученных результатов, в частности, следует, что при двухстороннем облучении однородных цилиндрических изделий круглого сечения минимум степени неравномерности облучения (25%) достигается при радиусе изделия, составляющем 0,7 от максимальной глубины проникновения электронов (рис. 1). В случае двухстороннего облучения электрического провода минимум Δp (28%) достигается при радиусах провода и жилы, составляющих соответственно 1,4 и 0,7 от максимальной глубины проникновения электронов (рис. 2).

Поступило в Редакцию 22/VII 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никулин К. И., Образцов Г. А. «Атомная энергия», 1967, т. 23, вып. 1, с. 50.
2. Чепель Л. В. «Атомная энергия», 1971, т. 30, вып. 1, с. 70.
3. Финкель Э. Э., Брагинский Р. П. В кн.: Радиационная химия полимеров. М., «Наука», 1973, с. 282.
4. Rosenstein M., Eisen H., Silverman J. «J. Appl. Phys.» 1972, v. 43, N 7, p. 3191.
5. Никулин К. И. Диссертация. М., изд. НИФХИ им. Л. Я. Карпова, 1973.

УДК 621.039.31

Повышение эффективности масс-диффузионного разделительного каскада путем применения несимметричных схем соединения ступеней

ЧУЖИНОВ В. А., КАМИНСКИЙ В. А., ЛАГУНЦОВ Н. И., НИКОЛАЕВ Б. И., САРИШВИЛИ О. Г., СУЛАБЕРИДЗЕ Г. А.

К настоящему времени достаточно хорошо развита теория каскадов для разделения бинарных изотопных смесей как с симметричной [1, 2], так и с несимметричной [3, 4] схемами соединения ступеней. В каскаде, собранном по симметричной схеме (симметричный каскад), обогащенный поток из каждой ступени подается на вход последующей, а обедненный — на вход предыдущей. В несимметричном каскаде обогащенный поток из ступени с номером s подается на вход $s + k$ -ступени, а обедненный — на вход $s - (p - 1)$ -ступени. Значения параметров несимметричности k и p определяют коэффициент деления потока газа на ступени

$$\theta = \frac{p-1}{k+p-1} \quad (1)$$

Ранее несимметричные схемы соединения рассматривали в целях их возможного использования для увеличения разделительной способности ступеней за счет изменения коэффициента деления потока [3, 5]. Для каждого типа разделительных ступеней существуют оптимальные значения параметров несимметричности, при которых разделительная способность ступеней максимальна. Естественно, что при этом конструкция

ступеней должна изменяться в соответствии с изменением режима их работы в схеме [6].

В каскадной схеме с заданными значениями параметров k и p числа ступеней s_p и потока, входящего на ступени L , получить требуемую концентрацию ценного компонента в отборе c_p можно лишь при определенном значении величины отбора P .

Один из возможных путей увеличения производительности (отбора) каскада — увеличение s_p . Однако это связано с дополнительными капитальными затратами и расходом энергии.

В настоящей работе рассматривается возможность повышения производительности (отбора) каскада, состоящего из заданного числа масс-диффузионных ступеней, за счет выбора соответствующей схемы их соединения. Переход к несимметричной схеме в таком каскаде осуществляется без добавочных подкачивающих устройств, поскольку масс-диффузионная ступень обладает компрессионным действием [7]. Для простоты ограничимся рассмотрением каскада без отвалной части, состоящего из одинаковых ступеней (каскада постоянной ширины).

Процесс разделения в каскаде, обогащающем смесь ценным компонентом от концентрации питания c_F до концентрации в отборе c_p , можно описать уравне-