Приложение Б

Методика приближенной оценки ослабления гамма-излучения больших источников в воздухе

Расчет ослабления гамма-излучения в радиальном направлении (в широком пучке) от больших излучателей (отвалы, крупногабаритные технологические аппараты, штабели упаковок с готовой продукцией и т.п.) может быть приближенно выполнен с использованием функции Кинга и с учетом площади излучателя согласно предлагаемой методике.

Источник [16]: Л. В. Горбушина, Д. Ф. Зимин, В. В. Нагля, Л. И. Овчинников, «Радиометрия и ядерная геофизика», М., 1974. Стр. 39, рис. 17 «График изменения интенсивности гамма-излучения в воздухе»; стр. 298, приложение 6, таблица «Функция Кинга для различных значений μh = x».

В широком пучке ослабление гамма-излучения выражается через функцию Кинга [16, стр. 39, выражение (19.1)]:

$$P = P_0 \cdot \Phi(\mu h), \qquad (Б.1)$$

где P – интенсивность (мощность дозы) гамма-излучения, прошедшего поглощающий слой толщиной h;

P_0 – интенсивность (мощность дозы) гамма-излучения на поверхности излучающей среды;

μ – линейный коэффициент ослабления гамма-излучения поглощающей среды (для воздуха $\mu_{возд} \approx 4 \cdot 10^{-3}$ м$^{-1}$).

Согласно [16, стр. 40; стр. 39, рис. 17], для оценки ослабления гамма-излучения в воздухе функция Кинга может быть применена при достаточно большой площади излучателя, равной или большей ~ 1 км^2.

При меньшей площади излучателя интенсивность гамма-излучения с удалением от источника убывает, по сравнению с функцией Кинга, тем быстрее, чем меньше площадь излучателя.

В таблице Б.1 по [16] приводятся значения функции Кинга Φ_1 ($S = 1 \cdot 10^6$ м^2) и функций ослабления гамма-излучения при меньшей площади излучателя Φ_2 ($S = 2 \cdot 10^4$ м^2), Φ_3 ($S = 1000$ м^2) и Φ_4 ($S = 1$ м^2), в зависимости от толщины поглощающего слоя h (расстояния от границы излучателя до точки наблюдения) при $\mu_{возд} \approx 4 \cdot 10^{-3}$ м$^{-1}$.

Таблица Б.1-Значения функций ослабления гамма-излучения

h, м	$\mu_{возд} \cdot h$, отн. ед.	Φ_1, отн. ед. ($S=10^6$ м^2)	Φ_2, отн. ед. ($S=2 \cdot 10^4$ м^2)		Φ_3, отн. ед. ($S=1 \cdot 10^3$ м^2)		Φ_4, отн. ед. ($S=1$ м^2)
			K_2	Φ_2	K_3	Φ_3	
0	0	1,000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,125	0,0125	0,9406	0,968	0,911	0,618	0,581	0,34
6,25	0,025	0,8974	0,945	0,848	0,519	0,466	0,115
9,375	0,0375	0,8606	0,904	0,778	0,429	0,369	$6,0 \cdot 10^{-2}$
12,5	0,05	0,8278	0,895	0,741	0,337	0,279	$3,0 \cdot 10^{-2}$
18,75	0,075	0,7715	0,828	0,639	0,233	0,180	$1,3 \cdot 10^{-2}$
25	0,1	0,7225	0,753	0,544	0,169	0,122	$4,0 \cdot 10^{-3}$
31,25	0,125	0,6861	0,715	0,491	0,132	$9,06 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
37,5	0,15	0,6497	0,672	0,437	0,104	$6,76 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
50	0,2	0,5742	0,567	0,326	$8,33 \cdot 10^{-2}$	$4,78 \cdot 10^{-2}$	$5,8 \cdot 10^{-4}$
62,5	0,25	0,5217	0,5	0,261	$6,73 \cdot 10^{-2}$	$3,51 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$
75	0,3	0,4691	0,446	0,209	$5,43 \cdot 10^{-2}$	$2,55 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
87,5	0,35	0,4293	0,381	0,164	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$1,93 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
100	0,4	0,3894	0,342	0,133	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$1,64 \cdot 10^{-2}$	$1,25 \cdot 10^{-4}$
112,5	0,45	0,358	0,324	0,116	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$1,32 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$

125	0,5	0,3266	0,274	$8,95\cdot10^{-2}$	$3,3\cdot10^{-2}$	$1,08\cdot10^{-2}$	$7,8\cdot10^{-5}$
137,5	0,55	0,3014	0,246	$7,41\cdot10^{-2}$	$3,0\cdot10^{-2}$	$9,04\cdot10^{-3}$	$7,0\cdot10^{-5}$
150	0,6	0,2762	0,235	$6,49\cdot10^{-2}$	$2,75\cdot10^{-2}$	$7,6\cdot10^{-3}$	$5,8\cdot10^{-5}$
162,5	0,65	0,2556	0,213	$5,44\cdot10^{-2}$	$2,5\cdot10^{-2}$	$6,39\cdot10^{-3}$	$5,0\cdot10^{-5}$
175	0,7	0,2349	0,19	$4,46\cdot10^{-2}$	$2,35\cdot10^{-2}$	$5,52\cdot10^{-3}$	$4,4\cdot10^{-5}$
187,5	0,75	0,2179	0,179	$3,9\cdot10^{-2}$	$2,2\cdot10^{-2}$	$4,79\cdot10^{-3}$	$3,8\cdot10^{-5}$
200	0,8	0,2009	0,167	$3,36\cdot10^{-2}$	$2,05\cdot10^{-2}$	$4,12\cdot10^{-3}$	$3,3\cdot10^{-5}$
212,5	0,85	0,1867	0,155	$2,89\cdot10^{-2}$	$1,92\cdot10^{-2}$	$3,58\cdot10^{-3}$	$2,8\cdot10^{-5}$
225	0,9	0,1724	0,15	$2,59\cdot10^{-2}$	$1,83\cdot10^{-2}$	$3,15\cdot10^{-3}$	$2,4\cdot10^{-5}$
237,5	0,95	0,1605	0,145	$2,33\cdot10^{-2}$	$1,78\cdot10^{-2}$	$2,86\cdot10^{-3}$	$2,1\cdot10^{-5}$
250	1,0	0,1485	0,14	$2,08\cdot10^{-2}$	$1,72\cdot10^{-2}$	$2,55\cdot10^{-3}$	$1,85\cdot10^{-5}$
275	1,1	0,1283	0,13	$1,67\cdot10^{-2}$	$1,55\cdot10^{-2}$	$1,99\cdot10^{-3}$	$1,35\cdot10^{-5}$
300	1,2	0,1111	0,122	$1,36\cdot10^{-2}$	$1,4\cdot10^{-2}$	$1,56\cdot10^{-3}$	$1,05\cdot10^{-5}$
325	1,3	$9,64\cdot10^{-2}$	0,115	$1,11\cdot10^{-2}$	$1,27\cdot10^{-2}$	$1,22\cdot10^{-3}$	$7,9\cdot10^{-6}$
350	1,4	$8,39\cdot10^{-2}$	0,105	$8,81\cdot10^{-3}$	$1,18\cdot10^{-2}$	$9,9\cdot10^{-4}$	$5,8\cdot10^{-6}$
375	1,5	$7,31\cdot10^{-2}$	0,1	$7,31\cdot10^{-3}$	$1,08\cdot10^{-2}$	$7,89\cdot10^{-4}$	$4,6\cdot10^{-6}$
400	1,6	$6,38\cdot10^{-2}$	$9,4\cdot10^{-2}$	$6,0\cdot10^{-3}$	$1,03\cdot10^{-2}$	$6,57\cdot10^{-4}$	$3,8\cdot10^{-6}$
425	1,7	$5,58\cdot10^{-2}$	$8,8\cdot10^{-2}$	$4,91\cdot10^{-3}$	$9,7\cdot10^{-3}$	$5,41\cdot10^{-4}$	$3,15\cdot10^{-6}$
450	1,8	$4,88\cdot10^{-2}$	$8,3\cdot10^{-2}$	$4,05\cdot10^{-3}$	$9,0\cdot10^{-3}$	$4,39\cdot10^{-4}$	$2,6\cdot10^{-6}$
475	1,9	$4,28\cdot10^{-2}$	$7,8\cdot10^{-2}$	$3,34\cdot10^{-3}$	$8,4\cdot10^{-3}$	$3,6\cdot10^{-4}$	$2,1\cdot10^{-6}$
500	2,0	$3,75\cdot10^{-2}$	$7,3\cdot10^{-2}$	$2,74\cdot10^{-3}$	$8,1\cdot10^{-3}$	$3,04\cdot10^{-4}$	$1,8\cdot10^{-6}$
625	2,5	$1,98\cdot10^{-2}$	$6,2\cdot10^{-2}$	$1,23\cdot10^{-3}$	$6,4\cdot10^{-3}$	$1,27\cdot10^{-4}$	$7,7\cdot10^{-7}$
750	3,0	$1,07\cdot10^{-2}$	$5,3\cdot10^{-2}$	$5,67\cdot10^{-4}$	$5,4\cdot10^{-3}$	$5,78\cdot10^{-5}$	$3,3\cdot10^{-7}$
1000	4,0	$3,20\cdot10^{-3}$	$4,0\cdot10^{-2}$	$1,28\cdot10^{-4}$	$4,0\cdot10^{-3}$	$1,28\cdot10^{-5}$	$6,2\cdot10^{-8}$

Для нахождения значений Ф при $\mu h > 3$ ($h > 750$ м) конечные ветви кривых $\Phi = f(\mu h)$ аппроксимированы функцией вида:

$$\Phi = b \cdot \exp(a \cdot \mu h) \qquad (Б.2)$$

Коэффициенты a и b определены методом наименьших квадратов по двум парам значений μh и Ф ($\mu h = 3$ и $\mu h = 4$).

В таблице Б.2 приводятся найденные значения коэффициентов a и b для функций ослабления гамма-излучения $\Phi_1 - \Phi_4$ в интервале изменения $3 \le \mu h \le 20$ (750 м $\le h \le$ 5000 м). При $\mu h > 20$ ($h >$ 5000 м) значения функций $\Phi_1 - \Phi_4$ принимаются равными 0.

Таблица Б.2-Значения коэффициентов a и b для функций ослабления гамма-излучения

Функция	S, $м^2$	Значения коэффициентов	
		a	b
Φ_1	$1\cdot10^6$	-1,2071	0,4000
Φ_2	$2\cdot10^4$	-1,4879	$4,9208\cdot10^{-2}$
Φ_3	$1\cdot10^3$	-1,5076	$5,3231\cdot10^{-3}$
Φ_4	1,0	-1,6719	$4,975\cdot10^{-5}$

Алгоритм оценки функции ослабления гамма-излучения.

Если $S \ge 1\cdot10^6$ $м^2$, то используется непосредственно функция Кинга Φ_1.

Если S равна $2\cdot10^4$ $м^2$, или 1000 $м^2$, или 1 $м^2$, то используются соответствующие функции ослабления Φ_2, Φ_3 или Φ_4.

Если S не совпадает ни с одним из перечисленных вариантов, то Ф определяется путем двойной логарифмической интерполяции по ближайшим значениям S.

Если заданное значение μh не равно табличному значению, то значение функции Ф определяется полулогарифмической интерполяцией (Ф – логарифмическая, μh – линейная).

Если $\mu h < 3$ ($h < 750$ м), то используются значения $\Phi_1 – \Phi_4$ из таблицы Б.1.
Если $3 \leq \mu h \leq 20$ (750 м $\leq h \leq$ 5000 м), то значения $\Phi_1 – \Phi_4$ рассчитываются по формуле (Б.2) с использованием коэффициентов, приведенных в таблице Б.2.
При $\mu h > 20$ ($h >$ 5000 м) значение функции ослабления Ф принимается равным 0 для любых значений S.

При площади излучателя, равной или более 1000 м^2, данная методика дает оценку функции ослабления и, соответственно, мощности дозы гамма-излучения, соответствующую данным [16].
При площади излучателя менее 1000 м^2 оценка мощности дозы гамма-излучения по данной методике получается, по крайней мере, не заниженной.