ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

МЕТОД РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОГО РИСКА

РД 50—25645.205—83

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1984

gost.e-ecolog.ru

ИСПОЛНИТЕЛИ

А. В. Баюков, канд. техн. наук; **П. И. Быстров,** канд. техн. наук; **В. И. Волга; В. П. Демин,** канд. техн. наук; **А. И. Григорьев,** д-р мед. наук; **Е. Е. Ковалев,** д-р техн. наук; **Л. М. Коварский,** канд. техн. наук; **Е. Н. Лесновский,** канд. техн. наук; **А. П. Лобаков; В. Н. Никитинский; В. А. Пахин; В. М. Петров,** канд. физ.-мат. наук; **И. Я. Ремизов,** канд. техн. наук; **В. А. Сакович,** канд. техн. наук; **Ю. П. Семенов,** д-р техн. наук; **В. Н. Соболев; В. И. Степакин,** канд. техн. наук; **М. А. Сычков,** канд. техн. наук; **И. Ф. Усольцев**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта № 6406 от 21 декабря 1983 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете

МЕТОД РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОГО РИСКА

РД 50-25645.205—83

Введены впервые

Утверждены Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 декабря 1983 г. № 6406. Срок введения в действие установлен с 01.01.85

Методические указания (МУ) устанавливают алгоритм расчета радиационного риска экипажа космического аппарата в космическом полете.

МУ предназначены для установления соответствия проекта космического аппарата, его реального исполнения или эффективности системы обеспечения радиационной безопасности космического аппарата нормам радиационной безопасности путем сопоставления расчетного значения радиационного риска экипажа с его нормативным уровнем при проектировании космического аппарата, испытании эффективности его защиты и осуществлении экспертизы радиационной безопасности космического полета.

Термины, применяемые в настоящих МУ, и их определения приведены в справочном приложении.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Радиационный риск экипажа космического аппарата в космическом полете рассчитывают как увеличение риска экипажа космического аппарата вследствие соматических радиобиологических эффектов, возникающих в результате радиационного воздействия на экипаж в космическом полете:

$$\Delta R^{\text{рад}} = R^{\text{рад}} - R = \left(1 - e^{-\Delta\Omega^{\text{рад}}}\right) e^{-\Omega},$$

где $R = 1 - e^{-\Omega}$ — риск экипажа в отсутствии радиационного воздействия,

$R^{\text{рад}} = 1 - e^{-(\Omega + \Delta\Omega^{\text{рад}})}$ — риск экипажа при наличии радиационного воздействия;

$\Delta\Omega^{\text{рад}}$ — увеличение значения Ω вследствие радиационного воздействия;

$\Omega = \int_0^T \omega(t)\,dt$, где $\omega(t)$ — вероятность гибели космонавтов в единицу времени, T — продолжительность полета.

© Издательство стандартов, 1984

1.2. Поскольку нормативное значение радиационного риска экипажа много меньше единицы, принимают

$$\Delta R^{\text{рад}} = \Delta\Omega^{\text{рад}} = \int_0^T \Delta\omega^{\text{рад}} dt = \int_0^\infty \int_0^T F(H) \frac{dP}{dH}(H, t)\, dH dt,$$

где $\frac{dP}{dH}(H, t)$ — плотность распределения вероятности значения обобщенной дозы H в момент времени t;

$F(H)$ — зависимость от обобщенной дозы увеличения вероятности гибели космонавтов в единицу времени в космическом полете вследствие соматических радиобиологических эффектов.

1.3. Значение $\frac{dP}{dH}(H, t)$ определяется временным режимом накопления равноценной дозы излучения детерминированных источников $G^{\text{дет}}(t)$ и излучения вероятностных источников $G^{\text{вер}}(t)$. При этом $G^{\text{вер}}(t)$ является случайной функцией:

моментов времени возникновения t_j случайных событий, вызывающих радиационное воздействие;

значений равноценной дозы в отдельном событии $G_j^{\text{вер}}$, где j — номер события;

распределения относительных значений часовой равноценной дозы в течение случайного события $\Delta G^{\text{вер}(t)}/G^{\text{вер}}$. Соответствующее математическое выражение для $\frac{dP}{dH}(H, t)$ представляет собой бесконечный ряд интегралов возрастающей кратности.

1.4. Алгоритм вычисления многократных интегралов, входящих в математическое выражение радиационного риска экипажа, основывается на методе статистических испытаний (метод Монте-Карло).

1.5. Исходными данными для расчета радиационного риска экипажа являются характеристики радиационного воздействия на космонавта в течение космического полета, соответствующие принятой для данного полета проектной модели радиационной обстановки.

1.6. В качестве характеристики радиационного воздействия ионизирующего излучения детерминированных источников используют последовательность значений часовой равноценной дозы излучения этих источников $\{\Delta G_l^{\text{дет}}\}$.

1.7. В качестве характеристики радиационного воздействия ионизирующего излучения вероятностных источников используют распределение относительных значений часовой равноценной дозы в течение случайного события $\Delta G_e^{\text{вер}}/G$, где l — номер часа в течение случайного события, и зависимость частоты случайных событий, вызывающих это воздействие, от времени — $\lambda(t)$.

1.8. Совокупность случайной последовательности моментов времени возникновения случайных событий, вызывающих радиацион-

ное воздействие в течение космического полета, и случайных значений равноценной дозы в каждом из этих событий составляют случайную реализацию радиационного воздействия ионизирующего излучения вероятностных источников.

1.9. Значение радиационного риска экипажа, рассчитанное для некоторой k-й случайной реализации радиационного воздействия ионизирующего излучения вероятностных источников и заданной последовательности $\{\Delta G_i^{\text{дет}}\}$, является случайным значением радиационного риска экипажа $\Delta R_k^{\text{рад}}$.

1.10. Значение радиационного риска экипажа, предназначенное для сравнения с нормативным уровнем, получают путем усреднения значений $\Delta R_k^{\text{рад}}$ по некоторому их количеству N

$$\Delta \overline{R}_N^{\text{рад}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N} \Delta R_k^{\text{рад}}.$$

1.11. Средняя квадратическая погрешность — σ_N значения $\Delta \overline{R}_N^{\text{рад}}$, обусловленная ограниченностью значения N, равна:

$$\sigma_N = \left(\frac{N \sum_{k=1}^{N} \left(\Delta R_k^{\text{рад}} \right)^2 - \left(\sum_{k=1}^{N} \Delta R_k^{\text{рад}} \right)^2}{N(N-1)} \right)^{-\frac{1}{2}}.$$

1.12. Значение N, которым ограничивают вычисление $\Delta \overline{R}_N^{\text{рад}}$, принимают в соответствии со средней квадратической погрешностью σ_N, принятой для данной стадии проектирования.

2. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СЛУЧАЙНОГО ЗНАЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО РИСКА ЭКИПАЖА

2.1. Случайную последовательность $\{t_j\}$ получают путем последовательного решения уравнения

$$\ln \alpha_j = \int_{t_{j-1}}^{t_j} \lambda(t) dt,$$

где α_j — случайное число, равномерно распределенное на интервале от нуля до единицы, $t_0 = 0$ — начало полета. Решение указанного уравнения прекращают, когда нарушается условие

$$t_j \leqslant T.$$

2.2. Случайную последовательность $\{G_j^{\text{вер}}\}$ получают путем последовательного решения уравнения

$$\beta_j = \int_0^{G_j^{\text{вер}}} \frac{dP}{dG^{\text{вер}}} dG^{\text{вер}},$$

где β_j — случайное число, равномерно распределенное на интервале от нуля до единицы.

2.3. Каждое значение $G_j^{\text{вер}}$ распределяют по последовательным часам после начала случайного события в соответствии с $\Delta G_l^{\text{вер}} / G^{\text{вер}}$ и получают таким образом значения часовой равноценной дозы излучения j-го случайного события $\Delta G_{jl}^{\text{вер}}$.

2.4. Значения $\Delta G_{jl}^{\text{вер}}$, исходя из значения t_j, прибавляют к соответствующим по времени значениям $\Delta G_l^{\text{дет}}$ и получают таким образом случайную последовательность значений часовой равноценной дозы излучения всех источников $\{\Delta G_i\}$.

2.5. По последовательности $\{\Delta G_i\}$ используя нормативную модель эффективной дозы, рассчитывают случайную последовательность значений обобщенной дозы $\{H(t_m)\}$ на конец каждых суток полета.

2.6. В соответствие последовательности $\{H(t_m)\}$, используя нормативную модель обобщенного радиобиологического эффекта, строят последовательность $\{F(t_m)\} \equiv \{F(H(t_m))\}$.

2.7. Значение $\Delta\Omega^{\text{рад}}$ рассчитывают по формуле

$$\Delta\Omega^{\text{рад}} = \sum_{m=1}^{T} F(t_m).$$

2.8. Случайное значение радиационного риска экипажа $\Delta R_k^{\text{рад}}$ принимают равным $\Delta\Omega^{\text{рад}}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ, И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
1. **Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете** Безопасность радиационная космического полета	По ГОСТ 25645.201—83
2. **Риск радиационный экипажа космического аппарата в космическом полете** Радиационный риск экипажа	По ГОСТ 25645.201—83
3. **Нормативный уровень радиационного риска экипажа космического аппарата в космическом полете** НУРР экипажа	По ГОСТ 25645.201—83
4. **Система обеспечения радиационной безопасности экипажа космического аппарата**	По ГОСТ 25645.201—83
5. **Обобщенная доза излучения**	По ГОСТ 25645.201—83
6. **Равноценная эквивалентная доза излучения**	По ГОСТ 25645.201—83
7. **Обобщенный радиобиологический эффект**	Увеличение вероятности гибели космонавта в единицу времени в космическом полете вследствие соматических радиобиологических эффектов, возникающих в результате радиационного воздействия при данном значении обобщенной дозы на рассматриваемый момент времени
8. **Проектная модель радиационной обстановки**	Совокупность физических характеристик источников ионизирующего излучения естественного и искусственного происхождения, воздействующих на космический аппарат в течение полета, которые приняты для разработки системы обеспечения радиационной безопасности космического полета
9. **Детерминированный источник ионизирующего излучения**	Источник ионизирующего излучения, испускающий ионизирующие частицы, число которых, отнесенное к единице времени, и их энергетический спектр изменяются в течение космического полета известным образом
10. **Вероятностный источник ионизирующего излучения**	Источник ионизирующего излучения, испускающий ионизирующие частицы, число которых, отнесенное к единице времени, и (или) энергетический спектр изменяются в течение космического полета случайным образом

Термин	Определение
11. **Экспертиза радиационной безопасности космического полета**	По ГОСТ 25645.201—83

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Безопасность радиационная экипажа космического аппарата **в космическом полете**

МЕТОД РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОГО РИСКА

РД 50—25645.205—83

Редактор *С. И. Бобарыкин*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *В. С. Черная*

Сдано в наб. 10.03.84 Подп. к печ. 31.05.84 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 2
Гарнитура литературная Печать высокая 0,5 усл. п. л. 0,5 усл. кр.-отт.
0,32 уч.-изд. л. Тираж 4000 Зак. 262 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер.,6.

gost.e-ecolog.ru