

АНАЛИЗ РИСКОВ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАГРУЗКИ В ВИДЕ ПАДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

В работе рассматриваются вопросы моделирования параметров динамического воздействия при проявлении аварийных факторов на борту воздушного судна. Методика анализа рисков позволяет сформировать четкое представление о последствиях аварийных процессов и провести их численный анализ.

Необходимость учета в проекте строительных конструкций объектов особых воздействий оценивается на основе анализа расположения потенциальных источников опасности и/или частоты возможных опасных событий.

Нормативные документы [1] рекомендуют принимать во внимание динамические воздействия весьма редкой повторяемости, отличающиеся, как правило, большой интенсивностью и подразделяющиеся на группы:

- воздействия, связанные с эксплуатацией самих объектов;
- воздействия, связанные с деятельностью человека за пределами ответственного объекта;
- воздействия, связанные со стихийными явлениями.

Для оценки надежности сложных инженерных сооружений, конструкций, оборудования применяются в основном расчетно-теоретические методы, использующие статистические данные о параметрах воздействий, свойствах материалов, характере отказов различной степени тяжести. Таким образом, объединение методов расчета сооружений и оснований с методами теории вероятностей составляет основу теории надежности ответственных объектов.

Методы оценки надежности строительных конструкций развивались самостоятельно и поэтому отличаются от принятых подходов в оценках надежности механизмов, машин или электротехнического оборудования. Так как при проведении анализа надежности, как правило, отсутствует этап опытно-конструкторской отработки сооружения в целом и при применении вероятностных методов предполагается, что законы распределения случайных факторов, учитываемых при расчете известны заранее. Отсутствует также возможность исследования фактических законов распределения случайных факторов, характеризующих условия работы сооружения.

Традиционная (детерминистическая по форме) схема, положенная в основу нормативных расчетов, базируется на основе системы коэффициентов, в той или иной мере учитывающих случайные и неопределенные факторы (вариабельность нагрузок, деформационных и прочностных характеристик материала, условность расчетных схем, степень ответственности сооружения и т.п.).

Альтернативной является схема теории надежности, рассматривающая нагрузки, деформационные и прочностные характеристики материала и т.п., как случайные величины (процессы, поля) и позволяющая методами теории вероятностей определить надежность строительных конструкций, т.е. вероятность того, что заданные параметры системы (напряжения, смещения, углы поворотов и т.п.) не выйдут за некоторые предельные значения или вероятность того, что не наступит предельное состояние [3].

В основе оценки надежности функционирования строительных конструкций и оборудования ответственных объектов лежит понятие вероятности события. На вопрос о

том, как мала должна быть вероятность события, чтобы практически его можно было считать невозможным, нельзя дать общего ответа, потому что все зависит от того, насколько важно событие, о котором идет речь.

Согласно нормам проектирования, отказ строительных конструкций объекта может произойти в результате разрушения по нормальному или наклонному сечению или в виде продавливания (достижения предельного состояния), причем эти события рассматриваются, как независимые. Тогда критерий отказа строительных конструкций примет вид [3]:

$$M_{\max}^{(x,y)} \geq [M^{(x,y)}] \cup Q_{\max}^{(x,y)} \geq [Q_{\max}^{(x,y)}] \cup N \geq [N] \quad (1)$$

где: $M_{\max}^{(x,y)} \cup Q_{\max}^{(x,y)}$ - максимальные усилия в сечениях, параллельных осям OX и OY , при расположении нагрузки в различные точки конструкции (максимум берется по всем сечениям и всем точкам приложения нагрузки);

N - расчетная сила продавливания;

$[M^{(x,y)}] [Q_{\max}^{(x,y)}] [N]$ - допускаемые значения усилий, определенные по нормам.

При рассмотрении в качестве события падение воздушного судна можно отметить, что вероятность данного события весьма мала, а возникающие при этом нагрузки на строительные конструкции и оборудование ответственных объектов чрезвычайно большие и для их восприятия может потребоваться проведение значительных мероприятий, приводящих к заметному удорожанию объекта.

Считается, что при выполнении соответствующего из неравенств (1) вероятность данного вида отказа (P_M, P_Q, P_N) равна единице, а в противном случае - нулю. Вероятность отказа i -й конструкции с учетом всех возможных видов разрушения равна:

$$P(D_i / \gamma) = 1 - (1 - P_M) \cdot (1 - P_Q) \cdot (1 - P_N) \quad (2)$$

Левые части неравенств (1) зависят от угла приложения нагрузки $\tilde{\gamma}$, и для каждого из видов отказа можно найти предельное значение этого угла, до которого возможен отказ:

$$\cos \gamma^{(M)} = \frac{[M^{(x,y)}]}{M_{\max}^{x,y}}; \quad \cos \gamma^{(Q)} = \frac{[Q_{\max}^{(x,y)}]}{Q_{\max}^{x,y}}; \quad \cos \gamma^{(N)} = \frac{[N]}{N} \quad (3)$$

Очевидно, что:

$$P(D_i / \gamma) = \begin{cases} 1, & \text{при } \tilde{\gamma} \leq \gamma; \\ 0, & \text{при } \tilde{\gamma} > \gamma. \end{cases}$$

где:

$$\gamma = \max(\gamma^{(M)}, \gamma^{(Q)}, \gamma^{(N)}).$$

Следовательно, суммарная вероятность отказа i -й строительной конструкции при приложении нагрузки в любую ее точку и одинаковом значении предельного угла γ_i приблизительно определяется по формуле:

$$P(D_i) = \gamma_i \cdot (A_i \cdot \gamma_i^2 + B_i \cdot \gamma_i + C_i) \cdot \frac{P_0 \cdot F_2}{F_0} \quad (4)$$

где:

A_i, B_i, C_i - коэффициенты, зависящие от формы строительной конструкции и ее ориентации в пространстве.

Вероятность отказа всего сооружения (ответственного объекта) $P(D)$ равна сумме вероятностей отказов строительных конструкций:

$$P(D)=\sum_i P(D_i). \quad (5)$$

Эта вероятность не должна превосходить некоторой допустимой величины $[P]$:

$$P(D)\leq[P]. \quad (6)$$

или

$$P(D_i)=\gamma_i \cdot (A_i \cdot \gamma_i^2 + B_i \cdot \gamma_i + C_i) \cdot \frac{P_0 \cdot F_3}{F_0} \leq [m]. \quad (7)$$

Более точную оценку вероятности отказа можно получить, если считать случайным не только угол падения, но и место соударения ВС с конструкцией. При такой постановке критерий отказа конструкции (1.8) относится к каждой конкретной (j -й) точке удара (под которой понимается точка приложения равнодействующей нагрузки с координатами x_i, y_i). Соответственно этому усилия $M_{\max}^{(x,y)}$ и $Q_{\max}^{(x,y)}$, N также определяются при приложении нагрузки в эту точку и ей же соответствуют предельные углы $\gamma_j^{(M)}, \gamma_j^{(Q)}, \gamma_j^{(N)}$ и их максимум. По величине γ_j определяется условная вероятность отказа:

$$dP(D_i / x_j, y_j) = P(D_i / x_j, y_j) dx dy;$$

Повторив эту процедуру для различных точек удара, можно определить зависимость вероятности отказа от координат этой точки $P(D_i / x, y)$. Полная вероятность отказа конструкции равна:

$$P(D_i) = \iint_F P(D_i / x, y) dx dy. \quad (8)$$

где:

F - площадь конструкции.

Дальнейшее уточнение надежности строительной конструкции достигается путем учета вероятностного разброса прочностных характеристик материалов, при подходе, что они распределены по нормальному закону распределения с математическими ожиданиями и дисперсиями, определяемыми по данным строительных норм и правил.

Список литературы

1. Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа. Правила и нормы в атомной энергетике. ПиН АЭ - 5.6: Изд. Минатомэнерго СССР. 1986. 21с.
2. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. –М.: Стройиздат, 1986. –368с.
3. D.L.Kelly, T.J.Leahy Probabilistic Risk Assessment: Applications for Nuclear Reactor Inspection. Idaho National Engineering Laboratory Idaho Falls, ID 1992.