

## ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПРОЧНОСТИ

Cherepanov A.P.

## PROBABILISTIC PARAMETERS FOR ESTIMATING THE SAFETY MARGINS

**Аннотация.** Рассмотрено обоснование вероятностных параметров оценки запасов прочности на протяжении жизненного цикла машины при переходе от исходного к текущему или предельному ее состоянию.

**Ключевые слова:** запас прочности, исходное состояние, машина, предельное состояние, жизненный цикл, ресурс.

**Abstract.** The substantiation of the probabilistic parameters of the assessment of the safety reserves during the life cycle of the machine during the transition from the initial to the current or its limit state is considered.

**Keywords:** initial condition, limit condition, life cycle, machine, resource, safety margin.

Вероятностные модели определения ресурса машин [1] построены на основе вероятности безотказной работы и определяются «кривой выживаемости» (survivor curve) типа Айова по мере достижения предельного состояния. Подобные модели используют логнормальное распределение, которое наряду с распределением Вейбулла получило развитие в теории надежности машин и определяется характером износа [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Модели прогнозирования ресурса учитывают опасность поломки и разрушения машин при исходном, фактическом и предельном состояниях по запасам прочности [3]. Переход исходного технического состояния к предельному требует учета запасов прочности, [4]:

$$n = \min \left\{ \frac{[P]}{P}; \frac{[\sigma]_{\text{ЭКВ}}}{\sigma_{\text{ЭКВ}}}; \frac{[K]_I}{K_I}; \frac{[N]}{N}; \frac{[B]}{B}; \frac{[Y]}{Y} \right\}, \quad (1)$$

где  $[P], P; [N], N; [B], B; [Y], Y$  – соответственно, допускаемые, расчетные или фактические величины: постоянных и циклических нагрузок, ползучести и устойчивости;  $[\sigma]_{\text{ЭКВ}}$  и  $\sigma_{\text{ЭКВ}}$  – допускаемые и расчетные или фактические эквивалентные напряжения (или амплитуды напряжений при циклических нагрузках);  $[K]_I, K_I$  – допускаемых, расчетные или фактические коэффициенты интенсивности напряжений.

Точность определения запасов прочности зависит от множества погрешностей, трудно поддающихся учету, поэтому для их учета введем вероятностный параметр достоверности оценки запасов прочности и выразим его условием:

$$\lambda = f(\Delta n_P; \Delta n_{\sigma_{\text{ЭКВ}}}; \Delta n_K; \Delta n_N; \Delta n_B; \Delta n_Y), \quad (2)$$

где  $\Delta n_P; \Delta n_{\sigma_{\text{ЭКВ}}}; \Delta n_K; \Delta n_N; \Delta n_B; \Delta n_Y$  – погрешности оценки запасов прочности по давлению, эквивалентным напряжениям, коэффициентам интенсивности напряжений, числу циклов, ползучести и устойчивости, соответственно.

Тогда вероятностный параметр достоверности оценки исходного запаса прочности на момент изготовления можно выразить условием:

$$\lambda_{\text{и}} = f(\Delta n_P^{\text{и}}; \Delta n_{\sigma_{\text{ЭКВ}}}^{\text{и}}; \Delta n_K^{\text{и}}; \Delta n_N^{\text{и}}; \Delta n_B^{\text{и}}; \Delta n_Y^{\text{и}}), \quad (3)$$

а вероятностный параметр достоверности оценки текущего или предельного запасов прочности при текущем или предельном состояниях - условием:

$$\lambda_k = f(\Delta n_P^k; \Delta n_{\sigma_{\text{ЭКВ}}}^k; \Delta n_K^k; \Delta n_N^k; \Delta n_B^k; \Delta n_Y^k). \quad (4)$$

Во всех трех случаях оценки запасов прочности (1), по мере износа машины, вероятностные параметры достоверности (2), (3) и (4) зависят от погрешностей  $\Delta n_P, \Delta n_{\sigma_{\text{ЭКВ}}}, \Delta n_K, \Delta n_N, \Delta n_B$  и  $\Delta n_Y$ . Вероятностные параметры достоверности в отдельных случаях можно определять не по всем, а только по преобладающим запасам прочности с учетом их погрешностей. Для учета погрешностей по преобладающим факторам износа введем уровень значимости запаса прочности (1) логическими значениями ( $\mu = 0$  или  $\mu = 1$ ). Если некоторые запасы прочности (1) не являются преобладающими, то погрешность по условиям (2), (3) и (4) для этих запасов прочности принимают:  $\mu = 0$ . Для преобладающих запасов прочности принимают:  $\mu = 1$  и учитывают их погрешность по условиям (2), (3) и (4).

Учитывая вероятностные параметры достоверности (3), исходный запас прочности согласно условию (1) составит:

$$n_{\text{и}} = n^{\lambda_{\text{и}}}, \quad (5)$$

а при вероятностных параметрах достоверности (4) текущий или предельный запасы прочности согласно условию (1) составят:

$$n_k = n^{\lambda_k}. \quad (6)$$

Из изложенного следует, что вероятностные параметры достоверности оценки запасов прочности служат для повышения точности определения технического состояния и точности оценки ресурса машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Болотин В.В.** Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: «Машиностроение», 1984. –312 с.
2. **Лейфер Л.А., Кашникова П.М.** Определение остаточного срока службы машин и оборудования на основе вероятностных моделей: [http://www.labrate.ru/leifer/leifer\\_kashnikova\\_article\\_2007\\_residual\\_service\\_life.htm](http://www.labrate.ru/leifer/leifer_kashnikova_article_2007_residual_service_life.htm). (дата обращения: 05.10.2017).
3. **Махутов Н.А.** Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность: В 2 ч. / Н.А. Махутов. – Новосибирск: Наука – Ч. 2: Обоснование ресурса и безопасности. 2005, – 610 с.
4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Управление ресурсом эксплуатации высокорисковых объектов / Под общ. ред. Махутова Н.А. – М.: МГОФ «Знание», 2015, - 600 с.