

## МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© 2016

*Е.М. Лужаева*, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности»  
*Е.Н. Яговкина*, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности»  
Самарский государственный технический университет, Самара (Россия)  
*Т.Ю. Фрезе*, кандидат экономических наук, доцент,  
доцент кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»  
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

**Ключевые слова:** надежность технических систем; отказ оборудования; системы защитных устройств; устройства автоматического управления.

**Аннотация:** Рассмотрена одна из характеристик технических систем в машиностроении – надежность. Определено, что следствием снижения надежности технических систем является отказ оборудования. Перечислены последствия отказа оборудования для технических систем в целом. Указано, что для предотвращения серьезных последствий отказа оборудования предусматриваются различные защитные устройства. Образ технической системы имеет иерархическую структуру, меняющуюся в динамике. Определено, что граничным условием моделирования защитных устройств для технических систем является то, что функциональной защитной системой для технических систем служат подсистемы, внутренние параметры которых взаимосвязаны. В тоже время внешние связи строго ограничены и определены. Рассмотрены множества регистрируемых параметров и подмножеств для технических систем. Разработана математическая модель для количественной оценки защитных устройств. Сформирована модель для всех защитных устройств, включенных в рассматриваемую модель объекта, что делает возможным количественно оценить надежность технической системы. Предложен метод оценки надежности технических систем на основе анализа возможных отказов оборудования и защитных устройств, позволяющих предупредить или минимизировать последствия этих отказов. Разработана методика, которая на основе модели защитных устройств позволяет определить их требуемое количество и виды при заданной надежности системы в целом. С целью формального описания системы защитных устройств использованы теоретико-множественные понятия. Приведено функциональное описание регулирования, блокировок и защит для характеристики защитных устройств технических систем. Разработана модель системы (высший иерархический уровень) для всех защитных устройств, включенных в рассматриваемую модель объекта.

Одной из основных характеристик технических систем (ТС) в машиностроении является их надежность [1–3]. Следствием снижения надежности ТС является отказ оборудования. Для предотвращения серьезных последствий в этом случае на оборудовании предусматриваются различные защитные устройства, поэтому надежность ТС следует рассматривать как следствие работы защитных устройств [4–6]. Оценка надежности производится путем моделирования [7; 8]. Образ объекта (ТС) имеет иерархическую структуру, которая динамически меняется. Граничным условием моделирования является то, что функциональной защитной системой ТС служат подсистемы, внутренние параметры которых взаимосвязаны, в то время как внешние связи строго ограничены и определены [9–11].

Для формального описания системы защитных устройств представляется целесообразным использовать теоретико-множественные понятия [12–14]. Напомним, что операции объединения, пересечения и включения обозначаются  $\cup$ ,  $\cap$ ,  $\in$  соответственно, пустое множество –  $\emptyset$ . Тот факт, что  $J$  есть элемент множества  $M$ , записывается в виде  $J \in M$ , его отрицание –  $J \notin M$ . Если множество  $M_1$  содержится во множестве  $M$  (т. е.  $M_1$  есть подмножество  $M$ ), то запись имеет вид  $M_1 \subseteq M$  или  $M \supseteq M_1$ .

Для некоторой ТС рассмотрим множество  $M$  регистрируемых параметров  $P$  и его подмножества:

$M_P, M_K$  – параметры и контролируемые регуляторы;

$M_\delta$  – параметры, по пороговым значениям которых срабатывают автоматические блокировки;

$M_{2K}, M_{2\delta}$  – исполнительные органы регуляторов и блокировок;

$M_H, M_3 (M_3 \cap M_K = \emptyset, M_\Gamma, M_C$  – независимые, зависимые, граничные и связанные соотношениями баланса параметры;

$M_+, M_-$  – элементы включенные ( $M_+ \subseteq M_P$ ) и отключенные ( $M_+ \cap M_- = \emptyset, M_- \subseteq M_P M$ );

$M_T$  – возмущения.

Кроме того, введем множество автоматических устройств  $MA(I) - TC(I)$  и его подмножества:

$MA_K$  – регуляторы;

$MA_\Pi$  – пороговые элементы (блокировки);

$MA_{\Pi+}, MA_{\Pi-}$  – пороговые элементы на включение и отключение.

Смысл множеств соответствует следующему:

$M_P, M_K, M_{2K}, M_{2\delta}$  – характеристики элементов защитных устройств ТС;

$M_H, M_3, M_\Gamma, M_C$  – свойства параметров в реализованной модели защитных устройств ТС;

$M_+, M_-$  и  $M_T$  – текущие состояния элементов реального тира и вектор возмущений.

Введем вектор возмущений, вносимых в ТС:

$$B_t = \{b_1^t, b_2^t, \dots, b_n^t\} \quad (t = 0, 1, 2, \dots).$$

Каждому  $B_i$  соответствует изменение значений параметров  $P_i^t$ , где  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ .

Обозначим эти значения  $y_i^t$ , а номинальные значения параметров –  $y_i^0$ . Пусть  $t = 1, 2, \dots, n$  – номер события.

Для каждого  $t$  определим полное относительное  $\delta_i^k$  и относительное  $\delta_i(t)$  отклонения параметров  $P_i$ :

$$\delta_i^k = (y_i^t + y_i^0) / y_i^0; \quad (1)$$

$$\delta_i(t) = (y_i^t - y_i^{t-1}) / y_i^0. \quad (2)$$

Основную форму взаимосвязи параметров защитных устройств ТС определим в виде

$$\delta_i(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^n C_{ij} \delta_j(t) \quad (i = 1, \dots, n), \quad (3)$$

где  $C_{ij}$  – коэффициент влияния параметра  $P_j$  на  $P_i$  ( $i, j = 1, \dots, n$ );

$\delta_j(t)$  – относительное отклонение параметра  $P_j$ .

При этом

$$\delta_i^t = \sum_{k=0}^t \delta_i(k) \quad (i = 1, \dots, n).$$

Выражение (3) – уравнение множественной линейной регрессии [12; 15; 16]. Введя в него вектор  $B_i$ , который фактически характеризует влияние факторов, не описываемых параметрами защитных устройств рассматриваемой ТС, получим систему уравнений

$$\delta_i(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^n C_{ij} \delta_j(t) + b_i^t \quad (i, j = 1, \dots, n), \quad (4)$$

где  $b_i^t$  приведены к относительным отклонениям, а коэффициенты  $C_{ij}$  постоянны для рассматриваемого режима работы.

Существуют элементы (параметры), связи которых зависят от их состояния. Определим признаки перехода из одного состояния в другое.

Порог включения  $\alpha_i$  при условии перехода из выключенного состояния во включенное запишется в виде:

$$\text{если } b_i^t > \alpha_i, \text{ то } P_i \in M_+. \quad (5)$$

Выключение элемента определяется его предшествующим состоянием и возмущением  $b_i^t$ . Условие включения:

$$\text{если } (\delta_i^{t-1} + b_i^t) < -1, \text{ то } P_i \in M, \quad (6)$$

где  $M$  – множество регистрируемых параметров.

Следует отметить, что некоторые формы взаимосвязи параметров защитных устройств ТС не приводятся к виду (4) с постоянными коэффициентами.

В этом случае

$$\sum_i^m \Delta y_i = 0 \quad (7)$$

где  $\Delta y_i$  – абсолютное отклонение параметра;

$m = 1$ .

В общем случае дополнительной формой отображения взаимосвязи параметров будем называть выражение вида

$$b_j^{*t} = F(b_j^t, y_j^{t-1}, y_j^{t-1}, y_j^t) \quad (j = 1, \dots, n). \quad (8)$$

В такой форме отображаются устройства автоматического управления.

В качестве типовых элементов автоматики выделим автоматические регуляторы и пороговые элементы.

Функциональное назначение автоматических регуляторов (АР) – стабилизация значения контролируемого параметра  $P_k$ , которая осуществляется за счет изменения положения исполнительного органа, характеризуемого параметром  $P_l$ . Уравнение (АР) будет

$$\Delta b_l^{t+1} = \alpha(y_k^t - a) \quad (P_k \in M_k, P_l \in M_{2k}), \quad (9)$$

где  $\Delta b_l^{t+1}$  – абсолютное перемещение исполнительного органа, задаваемое регулятором;

$y_k^t$  – значение контролируемого параметра;

$\alpha, a$  – уставка (требуемое значение контролируемого параметра) и коэффициент усиления регулятора.

Для исполнительного органа заданы следующие границы изменения состояния:

$$y_{l \min} < y_l < y_{l \max}. \quad (10)$$

Выражения (9) и (10) могут быть приведены к относительным отклонениям:

$$b_l^{t+1} = a(\delta_k - \delta_\alpha), \quad \delta_{l \min} < \delta_l^t < \delta_{l \max}. \quad (11)$$

Функциональное назначение пороговых элементов в том, что осуществляется заранее определенное изменение состояния исполнительного органа  $P_l$  при достижении контролируемым параметром  $P_k$  верхнего  $a_{\max}$  или нижнего  $a_{\min}$  предела изменения параметра:

$$y_k^t \geq a_{\max} \text{ либо } y_k^t \leq a_{\min}.$$

Достижение предела обозначим как  $\approx$ .

В частном случае выделяются пороговые автоматы: – на включение:

$$\text{если } P_l \in M_- \text{ и } y_k^t \approx a, \text{ то } P_l \in M_+ \text{ и } b_l^{t+1} = h, \quad (12)$$

где  $h$  – заранее заданное изменение состояния исполнительного органа;  
– на выключение;

$$\text{если } P_l \in M_+ \text{ и } y_k^t \approx a, \text{ то } P_l \in M_+ \text{ и } b_l^{t+1} = -(1 + \delta_l^t). \quad (13)$$

Приведенное функциональное описание регулирования, блокировок и защит будем считать достаточным для описания защитных устройств ТС.

На основании выражений (1)–(13) и введенных множеств запишем математическую модель защитных устройств ТС, в которой будут представлены взаимосвязи параметров, а также узлы баланса, автоматические регуляторы и пороговые элементы.

Используем логические связи вида  $\vee$  (или),  $\wedge$  (и),  $\Rightarrow$  (если ..., то). Таким образом, уравнения (14)–(20) представляют модель защитных устройств ТС на полном множестве параметров  $M$  :

$$\begin{aligned} \delta_i(t) &= b_i^t \quad P_i \in M_H; \\ \delta_i(t) &= \sum_{j=1, j \neq i}^n C_{ij} \delta_j(t) + b_i^t \quad (P_i \in M_3; P_i \in M_+); \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \delta_i(t) &= 0 \quad (i = 1, \dots, n; P_i \in M_-); \\ \delta_i^t &= \sum_{k=1}^t \delta_i(k) = \delta_i^{t-1} + \delta_i(t); \end{aligned} \quad (15)$$

$$b_i^t > a_i \Rightarrow P_i \in M_+, \delta_i^{t-1} + b_i^t < -1 \Rightarrow P_i \in M_- (P_i \in M_P); \quad (16)$$

$$b_i^{*t} = b_j^t y_j^0 A / y_j^0 (P_j \in M_N; P_i \in M_C; P_j \in M_C; P_k \in M_C); \quad (17)$$

$$\begin{aligned} b_l^{t+1} &= a (\delta_l^t - \delta_\alpha), \quad \delta_{l \min} < \delta_l < \delta_{l \max}; \\ (P_l \in M_{2k}; P_k \in M_k; q \in MA_P; q = 1, \dots, m); \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} (P_l \in M_-) \wedge (y_k^t \approx a) &\Rightarrow (b_l^{t+1} = h) \wedge (P_l \in M_+); \\ (q \in MA_{\Pi+}; q = 1, \dots, m; P_l \in M_{2\delta}; P_k \in M_\delta); \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} (P_l \in M_+) \wedge (y_k^t \approx a) &\Rightarrow (b_l^{t+1} = (\delta_l^t - 1)) \wedge (P_l \in M); \\ (q \in MA_{\Pi-}; q = 1, \dots, m; P_l \in M_{2\delta}; P_k \in M_\delta). \end{aligned} \quad (20)$$

Рассмотрим высший уровень иерархической модели. Как уже указывалось, в ряде случаев интерес представляет связь только между граничными переменными, т. е. форма отображения защитных устройств ТС по отношению к системе в целом [17; 18]. Для построения иерархической модели воспользуемся методом кибернетического моделирования [19; 20], отметим при этом:

- иерархическое построение модели системы, представляемой в виде совокупности подсистем, выбранных произвольно;
- возможность выделения из полной совокупности параметров ее части;
- изменения в отдельной подсистеме без влияния на остальные;
- оперирование с совокупностью граничных переменных подсистем.

Каждая подсистема представлена функциональной характеристикой (ФХ) – математическим выражением, задающим связь между граничными переменными подсистем. Состояние и свойства подсистемы проявляются только в параметрах этого выражения [19]. В плане образа это соответствует представлению подсистемы для высшего иерархического уровня.

Для определения ФХ [19; 20]:

- устанавливаются согласно (16) конкретные состояния регуляторов;
- выявляются регуляторы, находящиеся в зоне регулирования;
- приводится к отклонению исполнительного органа отклонение контролируемого параметра.

Таким образом, модель защитных устройств ТС может быть приведена к уравнениям, которые преобразуются в ФХ:

$$\delta_i^t = \sum_{j=1}^n G_{ij} \delta_j \quad (21)$$

$$(i = 1, \dots, m; P_i \in M_G; P_i \in M_G; P_i \in M_3; P_i \in M_H),$$

где  $G_{ij}$  – коэффициенты влияния граничных параметров.

Модель системы (высший иерархический уровень) формируется на основании (20) для всех защитных устройств, включенных в рассматриваемую модель объекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яговкин Н.Г., Кривова М.А. Системный подход к формированию организационной структуры управления промышленной безопасностью предприятий нефтегазового комплекса. Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа // Проблемы и методы рационального использования нефтяного попутного газа: материалы научно-практической конференции. Уфа: ГУП ИПТЭР, 2010. С. 311–312.
2. Яговкин Н.Г., Яговкин Г.Н., Панюкова С.А. Управление надежностью при реализации стратегии технического обслуживания и ремонта в системах электроснабжения // Промышленная энергетика. 2010. № 9. С. 12–15.
3. Яговкин Н.Г., Лужаева Е.М., Мельникова Д.А. Управление надежностью на стадиях проектирования, эксплуатации оборудования и выполнения технологических процессов // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 2-1. С. 139–142.
4. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. М.: Стандартиформ, 2007. 27 с.
5. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Минск: Межгосударственный совет по организации, метрологии и сертификации, 2002. 13 с.
6. Яговкина Е.Н., Бузуев И.И. Системный анализ при формировании системы управления профессиональными рисками // Актуальные вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности: труды Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня образования Самарского

- государственного технического университета. Самара: СамГТУ, 2014. С. 110–114.
7. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Машиностроение–1, 2004. 336 с.
  8. Имитационное моделирование производственных систем / под ред. А.А. Вавилова. М.: Машиностроение, 1983. 416 с.
  9. ГОСТ Р 51901.3-2007 (МЭК 60300-2:2004). Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности. М.: Стандартинформ, 2008. 45 с.
  10. ГОСТ Р 27.403-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.
  11. Есипов Ю.В. Постановка и пути решения проблемы оценки риска сложных технических систем // Управление риском. 2002. № 2. С. 38–43.
  12. Вентцель Е. Исследование операций. М.: Советское Радио, 1972. 550 с.
  13. Мерви Муртонен. Оценка рисков на рабочем месте. Опыт Финляндии. Финляндия: МСОиЗ, 2007. 66 с.
  14. Яговкин Г.Н., Панюкова С.А., Кривова М.А. Надежность работы персонала в системах управления энергетическими объектами // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 95–97.
  15. Яговкин Г.Н., Панюкова С.А., Кривова М.А. Модель формирования опасной ситуации в производственной системе // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1-9. С. 2281–2284.
  16. Яговкин Н.Г., Мартынов Д.Н., Кривова М.А. Анализ риска, связанного с выходом из строя электротехнических устройств и средств автоматики оборудования для высоких технологий // Высокие технологии в машиностроении: материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференция с международным участием. Самара: СамГТУ, 2010. С. 186–187.
  17. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. 20 с.
  18. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. М.: Издательство стандартов, 1984. 53 с.
  19. Глинский Б.А., Грязнов Б.С., Дынин Б.С. Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ). М.: МГУ, 1965. 248 с.
  20. Крон Г. Исследование сложных систем по частям. М.: Наука, 1972. 542 с.
- REFERENCES**
1. Yagovkin N.G., Krivova M.A. System approach to the formation of organizational structure of industrial security control of enterprises of oil and gas complex. Problems and methods of control of reliability and safety of systems of oil, oil products and gas transportation. *Problemy i metody ratsionalnogo ispolzovaniya neftyanogo poputnogo gaza: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ufa, GUP IPTER Publ., 2010, pp. 311–312.
  2. Yagovkin N.G., Yagovkin G.N., Panyukova S.A. Reliability management when implementing the strategy of technical servicing and repair within the power supply systems. *Promyshlennaya energetika*, 2010, no. 9, pp. 12–15.
  3. Yagovkin N.G., Luzhaeva E.M., Melnikova D.A. Reliability management at the design, operation and technological process performance stages. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, vol. 17, no. 2-1, pp. 139–142.
  4. GOST 27.003-90. *Nadezhnost v tekhnike. Sostav i obshchie pravila zadaniya trebovaniy po nadezhnosti* [Industrial product dependability. Dependability requirements: contents and general rules for specifying]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 27 p.
  5. GOST 27.301-95. *Nadezhnost v tekhnike. Raschet nadezhnosti. Osnovnye polozheniya* [Dependability in technics. Dependability prediction. Basic principles]. Minsk, Mezhdgosudarstvennyy sovet po organizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 2002. 13 p.
  6. Yagovkina E.N., Buzuev I.I. System analysis when forming the system of professional risks management. *Aktualnye voprosy obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatelnosti: trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya obrazovaniya Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. Samara, SamGTU Publ., 2014, pp. 110–114.
  7. Diligenskiy N.V., Dymova L.G., Sevastyanov P.V. *Nechetkoe modelirovanie i mnogokriterialnaya optimizatsiya proizvodstvennykh sistem v usloviyakh neopredelennosti: tekhnologiya, ekonomika, ekologiya* [Fuzzy modeling and multicriteria optimization of production systems]. Moscow, Mashinostroenie–1 Publ., 2004. 336 p.
  8. Vavilov A.A., ed. *Imitatsionnoe modelirovanie proizvodstvennykh sistem* [The simulation modeling of the production systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1983. 416 p.
  9. GOST R 51901.3-2007 (MEK 60300-2:2004). *Menedzhment riska. Rukovodstvo po menedzhmentu nadezhnosti* [Dependability management. Guidelines for dependability management]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 45 p.
  10. GOST R 27.403-2009. *Nadezhnost v tekhnike. Plany ispytaniy dlya kontrolya veroyatnosti bezotkaznoy raboty* [Dependability in technics. Compliance test plans for reliability]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 11 p.
  11. Esipov Yu.V. Setting and ways of solution of the problem of risk assessment of complex technical systems. *Upravlenie riskom*, 2002, no. 2, pp. 38–43.
  12. Venttsel E. *Issledovanie operatsiy* [Operations research]. Moscow, Sovetskoe Radio Publ., 1972. 550 p.
  13. Mervi Murtonen. *Otsenka riskov na rabochem meste. Opyt Finlyandii* [Risk assessment at work. Experience of Finland]. Finlyandiya, MSOiZ Publ., 2007. 66 p.
  14. Yagovkin G.N., Panyukova S.A., Krivova M.A. Reliability of work of the staff in the systems of energy facilities management. *Energoberezhenie, elektromagnitnaya sovmestimost i kachestvo v elektricheskikh sistemakh:*

- sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Penza, Privolzhskiy Dom znaniy Publ., 2010, pp. 95–97.
15. Yagovkin G.N., Panyukova S.A., Krivova M.A. Model of the dangerous situation formation in industrial system. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2010, vol. 12, no. 1-9, pp. 2281–2284.
  16. Yagovkin N.G., Martynov D.N., Krivova M.A. The analysis of risk caused by the breakdown of electrotechnical devices and automation equipment for high technologies. *Vysokie tekhnologii v mashinostroenii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. Samara, SamGTU Publ., 2010, pp. 186–187.
  17. GOST 27.310-95. *Nadezhnost v tekhnike. Analiz vidov, posledstviy i kritichnosti otkazov. Osnovnye polozheniya* [Dependability in technics. Failure mode, effects and criticality analysis. Basic principles]. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1996. 26 p.
  18. GOST 27.202-83. *Nadezhnost v tekhnike. Tekhnologicheskie sistemy. Metody otsenki nadezhnosti po parametram kachestva izgotovlyаемoy produktsii* [Reliability in technique. Technological systems. Methods of reliability evaluation by parameters of product quality]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1984. 53 p.
  19. Glinskiy B.A., Gryaznov B.S., Dynin B.S. *Modelirovanie kak metod nauchnogo issledovaniya (gnoseologicheskii analiz)* [Simulation as a method of scientific research: gnoseological analysis]. Moscow, MGU Publ., 1965. 248 p.
  20. Kron G. *Issledovanie slozhnykh sistem po chastyam* [Research of difficult systems in parts of (diopтика)]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 248 p.

### THE MODEL OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF TECHNICAL SYSTEM RELIABILITY

© 2016

*E.M. Luzhaeva*, postgraduate student of Chair “Life safety”

*E.N. Yagovkina*, postgraduate student of Chair “Life safety”

*Samara State Technical University, Samara (Russia)*

*T.Yu. Freze*, PhD (Economics), Associate Professor,

assistant professor of Chair “Management of industrial and environmental safety”

*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

*Keywords:* technical system reliability; equipment breakdown; protection devices systems; automated control devices.

*Abstract:* The paper considers the reliability – one of the characteristics of technical systems in manufacturing engineering. It is determined that the reliability weakness of technical systems causes the equipment breakdown. The authors enumerate the consequences of the equipment breakdown for the technical systems in the whole and note that various protection devices are provided to prevent serious consequences of the equipment breakdown. Technical system image has hierarchical structure changing over time. It is determined that the boundary condition of modeling of protection devices for technical systems is that the subsystems, the internal parameters of which are interrelated, are the functional protection system for technical systems. At the same time, the external links are strictly limited and defined. The authors considered the varieties of registered parameters and sub-varieties for technical systems and developed the mathematical model for quantitative assessment of protection devices. The model for all protection devices included in the considered object model is formed that makes possible to assess numerically the reliability of the technical system. The authors suggested the method of assessment of technical systems reliability on the base of analysis of possible breakdowns of the equipment and protection devices that allows preventing or minimizing the consequences of these breakdowns and developed the methodology, which on the base of protection devices model allows determining their necessary quantity and types at the system preset reliability in the whole. To describe formally the systems of protection devices, the set-theoretical concepts are used. The authors introduced the functional description of regulation, blocking and protection to characterize the technical systems protection devices and developed the model of the system (higher hierarchy level) for all protection devices included in the considered model of the object.