

УДК 331.45

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ ЧЕЛОВЕКА И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

© 2021 Н.Г. Яговкин, А.А. Сидоров

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 02.06.2021

Проведена оценка качества защитных свойств человека и оборудования. Установлены характеристики человека, определяющие его защитные качества и их интегральная оценка. Получены зависимости, характеризующие защитные свойства оборудования. Результаты исследования позволяют повысить безопасность человека при эксплуатации технологической системы и устранить происшествия при ее эксплуатации.

Ключевые слова: защитные качества, человек, оборудование, взаимодействие, технологическая система.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-120-126

Общепризнано, что объектами возникновения происшествий в охране труда и промышленной безопасности являются технологические системы, а предметом (основным содержанием соответствующей деятельности) – основные закономерности возникновения и предупреждения происшествий [9, 18, 22].

Общей чертой этих закономерностей является то, что их характерной особенностью является наличие нескольких предпосылок, образующую в совокупности причинную цепь происшествия [11, 13, 20, 22].

Наиболее типичной причинной цепью оказалась последовательность событий – предпосылок следующего вида [8, 10, 11, 23]:

- ошибка человека и (или) отказ технологического оборудования;
- появление опасного фактора в неожиданное время и (или) в неожиданном месте;
- неисправность или отсутствие средств защиты и (или) неточные действия работающих.

Устранение происшествий означает на практике решение следующих задач [4, 9, 15, 19]:

- недопущение появления ошибочных и не санкционированных действий, работающих;
- устранение условий возникновения условий отказов и неисправностей технического оборудования.

Для этого необходимо обеспечить соответственно высокую степень профессиональной пригодности, подготовленности и технологической дисциплинированности работающих и добиться требуемой надежности используемого при работах технологического оборудования

Яговкин Николай Германович, доктор технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность и сертификация производств». E-mail: bjd@list.ru

Сидоров Артем Александрович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность и сертификация производств». E-mail: artemsidorov97@yandex.ru

путем современных диагностики и планово-предупредительного ремонта [5, 1, 14]. При соблюдении этих условий может быть исключено появление предпосылок к происшествиям, вызванных несовершенством этих компонентов технологических систем.

Учитывая полную невозможность создания в современных условиях полностью безотказно технологического оборудования и исключения несанкционированных и ошибочных действий человека необходимо изыскивать дополнительные меры для полной реализации кардинального исправления, т.е. идти не только по пути исключения отдельных предпосылок, но и по другим направлениям, связанным с недопущением образования из них причинной цепи происшествий и мерами по снижению ущерба в случае его появления [6]. Одной из таких мер является учет защитных качеств человека и используемого им оборудования.

Защитные качества человека при взаимодействии с оборудованием могут достаточно точно характеризоваться совокупностью четырех параметров (R, Q, λ, t) [3], если сложность сигнала входила в технологическую систему.

Параметр $x_{\text{вх}}$ можно оценить с помощью оператора R , сложность выполняемых человеком преобразований над сигналом $x_{\text{вх}}$ – с помощью оператора Q и точность выполнения операции – параметром λ .

Заданная точность X акцентирует строгость выполнения операций Q , а время t – его взаимосвязь с остальными параметрами указанной совокупности.

Как показала практика, наиболее удобным оказалось представить упомянутую выше совокупность четырех параметров $\{R, Q, \lambda, t\}$ в виде зависимости времени от совокупности трех параметров $\{R, Q, \lambda\}$ [2].

Поскольку человек в соответствии с выбранным для работы критерием проводит над сиг-

налом $x_{вх}$ определенные функциональные преобразования, то сигнал $x_{вх}$ связан с выходным сигналом $x_{вых}$, формируемым человеком для реализации управляющего воздействия или принятия решения, некоторым оператором Q , т.е. [1]:

$$x_{вых} = Qx_{вх}.$$

Аналогично можно описать не только выходной сигнал $x_{вых}$, но и входной $x_{вх}$. Для этого можно представить $x_{вх}$ как некоторый опорный сигнал $\Psi_{оп}$, над которым произведено функциональное преобразование, характеризуемое оператором R_x

$$x_{вх} = R\Psi_{оп}.$$

Таким образом, операторы R , Q характеризуют операторскую деятельность человека. Оператор R указывает, какой сигнал по сравнению с опорным сигналом поступает к человеку, а оператор Q – какие функциональные преобразования выполняет человек над этим сигналом с точностью X . Важность точной составляющей безопасной деятельности человека как звена системы несомненна, так как при одном и том же $x_{вх}$ в зависимости от точности λ резко изменяется характер безопасной деятельности человека.

С безопасной деятельностью человека неразрывно связана еще одна составляющая – время t , в течение которого человек может выполнять с заданной точностью λ преобразования Q над сигналом $R\Psi_{оп}$. Таким образом, человек являясь звеном системы управления, осуществляет безопасную деятельность, характеризуемую совокупностью трех параметров $\{R, Q, \lambda\}$ и временем существования данной совокупности. Обозначим это время через τ_c .

Оператор Q совокупности $\{R, Q, \lambda\}$ непосредственно зависит от психофизиологических характеристик человека, а время τ_c – от времени сохранения квазиустойчивого функционального состояния человека. Под этим понимается такое состояние человека, когда при фиксированных значениях R, λ и критериях, определяющих безопасную работу человека, оказывается возможным связать сигналы $x_{вх}$ и $x_{вых}$ оператором Q .

Естественно, что из-за психофизиологических особенностей человека время существования его квазиустойчивого функционального состояния (а значит, время τ_c существования совокупности $\{R, Q, \lambda\}$) носит случайный характер с некоторым законом распределения. Во многих технических эргатических системах это распределение с большой степенью достоверности подчинено нормальному закону, что позволяет характеризовать время τ_c такими числовыми характеристиками, как математическое ожидание, дисперсия, корреляционные моменты. Каждому конкретному составу деятельности может быть сопоставлен определенный набор числовых характеристик случайных величин. Обозначив

через $\bar{\tau}_c$ математическое ожидание времени τ_c , получим функциональную зависимость:

$$\bar{\tau}_c = \bar{\tau}_c(R, Q, \lambda),$$

которая является исчерпывающей характеристикой безопасной деятельности человека как звена системы. Так как эта зависимость обобщает все множества значений совокупностей $\{R, Q, \lambda\}$ для любых заданных $\bar{\tau}_c$, то она называется обобщенной рабочей характеристикой (ОРХ) человека и обозначается

$$\bar{\tau}^* = \bar{\tau}_c(R, Q, \lambda).$$

Параметры, характеризующие операторы R , Q , многообразны, и для построения ОРХ обычно выбирают характеристики человека, наиболее важные с точки зрения определения критичности по отношению к изменению этого параметра. В общем же виде операторы R и Q являются функциями многих параметров.

Структуры систем, обеспечивающих получение экспериментальных данных для построения обобщенной рабочей характеристики, могут быть достаточно разнообразны. На рис. 1 приведена одна из них – схема «с учителем» [3].

Схема содержит две подсистемы – I и II. Подсистема I представляет собой эргатическую систему. – «ученика», под-система II – математическую модель системы – «учитель» для подсистемы I. Блок E – устройство преобразования опорного сигнала $\Psi_{оп}$ в сигналы с различной динамической сложностью. Блок S – устройство сравнения сигналов, снимаемых с соответствующих точек подсистемы. Он позволяет оценить время, в течение которого совпадают сигналы «ученика» и «учителя» с точностью, определяемой λ . Подсистема «учитель» может быть и эргатической; тогда в роли «учителя» должен выступать обученный и тренированный человек, деятельность которого применительно к заданной совокупности предъявляемых ему сигналов считается эталоном для «ученика».

В данном случае составы индикаторных и других устройств должны быть идентичны и для «учителя», и для «ученика». При совпадении сигналов в блоке S с заданной точностью λ (на некотором интервале времени) обе подсистемы I и II полностью идентичны. Это значит, что по внешнему проявлению поведение человека как звена подсистемы I идентично поведению звена G подсистемы II, и звено человека, выступающего в роли ученика, преобразует сигнал $x_{вх}$ в сигнал $x_{вых}$ по тому же закону, что и математическая модель или человек, реализующий функции учителя. Поскольку оператор G экспериментатору известен, то на интервале времени, соответствующем λ -совпадению, безопасное поведение человека описывается оператором $Q \equiv G$. Схема подсистемы II позволяет определить

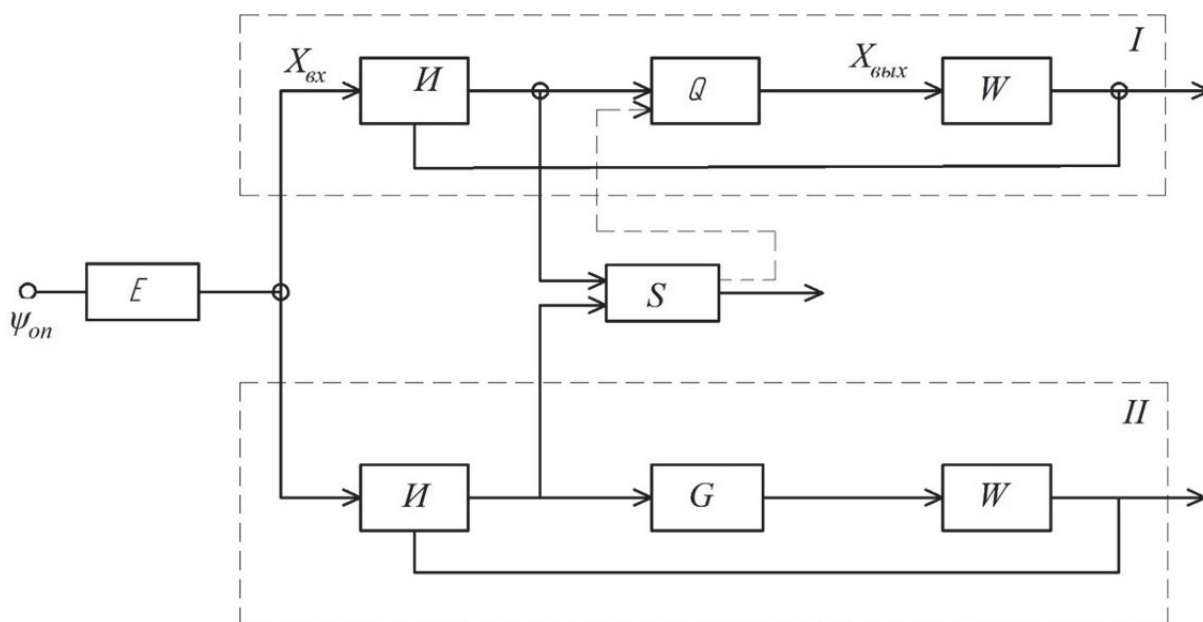


Рис 1. Схема экспериментального снятия характеристики человека:
И – блок индикации; W – передаточная функция управляемого устройства

и оператор R, преобразующий опорный сигнал Ψ_{on} в сигнал, подаваемый человеку на индикатор. При неизменных W, варьируя параметры оператора G, можно получить различные операторы R и Q. Тем самым человеку можно предъявлять различный входной сигнал и можно потребовать различной обработки входного сигнала при различных заданных точностях λ . Если для каждого значения R, G до появления первой ошибки зафиксировать время τ_c , в течение которого наблюдается совпадение подсистем I и II с заданной точностью λ то получим все статистические данные, необходимые для построения обобщенной рабочей характеристики.

В общем виде обобщенную или интегральную, оценку защитных качеств человека в технологической системе можно представить функционалом [7]:

$$W_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} W_{ij}$$

при условии, что

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j = 1, j = [1, n]; \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} W_{ij} = 1, i = [1, m_j],$$

где n – число групп, объединяющих по какому-либо признаку критерии, выбранные для оценки защитной деятельности человека в технологической системе;

m_j – число критериев в j-й группе;

α_j – весовой коэффициент j-й группы; β_{ij} – весовой коэффициент i-го критерия из j-й группы;

W_{ij} – бальная оценка i-го критерия из j-й группы.

Для вычисления весовых коэффициентов α_j

β_{ij} из выражения предлагается следующая процедура [17].

1. По данным эксперимента определяются бальные оценки i-х критериев из j-х групп (W_{ij}).

2. Задаются произвольные начальные значения весов β_{ij}^0 , например $\beta_{ij}^0 = 1/m_j, i = [1, m_j]$, и определяется бальная оценка W_j группы критериев, объединённых j-м признаком, по формуле

$$W_j = \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} W_{ij}.$$

3. Определяется связь (коэффициенты корреляции) оценок W_{ij} с оценкой W_j и уточняются значения весовых коэффициентов

$$\beta_{ij}^1 = r_{ij} / \left(\sum_{i=1}^{m_j} r_{ij} \right).$$

4. Вместо β_{ij}^0 в выражение подставляются значения β_{ij}^1 и определяются уточненные значения оценок

$$W'_{ij} = \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij}^1 W_{ij}.$$

5. Итерационная процедура по пп. 3 и 4 реализуется до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$|\beta_{ij}^k - \beta_{ij}^{k-1}| < \varepsilon,$$

где β_{ij}^k и β_{ij}^{k-1} – значения весовых коэффициентов β_{ij} после k-й и (k-1)-й итерации;

ε – произвольное, сколь угодно малое число, определяемое задаваемой точностью вычисления.

6. Задаются начальные значения весов

$$\alpha_j^0 = 1/n, j = [1, n]$$

и вычисляется интегральная оценка

$$W_\Sigma = \sum_{j=1}^n \alpha_j^0 W_j, j = [1, n].$$

7. Определяются коэффициенты корреляции оценок W_j с оценкой W_Σ и отыскивается уточненное значение

$$\alpha_j^1 = r_j / \left(\sum_{j=1}^n r_j \right), j = [1, n].$$

8. Вместо α_j^0 в выражение подставляется значение α_j^1 и вычисляется уточненное значение оценки

$$W_\Sigma^1 = \sum_{j=1}^n \alpha_j^1 W_j.$$

9. Итерационная процедура по п. 8 реализуется до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$|\alpha_j^k - \alpha_j^{k-1}| < \varepsilon,$$

где α_j^k и α_j^{k-1} – значения весовых коэффициентов α_j после k -й и $(k - 1)$ -й итерации.

Подобную процедуру можно применить для вычисления весовых коэффициентов параметров состояния технологической системы, входящих в состав выбранных критериев. Нормирование параметров в этом случае можно проводить по формуле:

$$\varepsilon_{il} = (x_{il} - x_{i \text{ зад}}) / \sigma_i,$$

где x_{il} – значение i -го параметра в l -й момент времени;

$x_{i \text{ зад}}$ – заданное или расчетное значение i -го параметра;

σ_i – среднее квадратическое отклонение i -го параметра.

При оценке защитных качеств оборудования необходимо учитывать две особенности обеспечения его безопасности в процессе выполнения работ – постоянства и периодичность воздействия опасных и вредных факторов [12].

При постоянно действующих факторах безопасность человека при осуществлении деятельности в технологической системе, будет обеспечена лишь в тех случаях, когда суммарная продолжительность его работы $\tau(t)$ не превысит времени – τ_{c3} , в течение которого средства защиты оборудования способны противостоять воздействию факторов. Математически такое условие может быть выражено неравенством:

$$\tau(t) = \sum_{k=1}^m \tau_k(t) \leq \tau_{c3},$$

где m – число случаев воздействия опасного или вредного производственного фактора на человека;

$\tau_k(t)$ – продолжительность сохранения оборудованием защитных качеств в k -ом конкретном случае.

При случайном, эпизодическом характере воздействия опасных и вредных производственных факторов в, например, окружающей среде в течение времени t выполнения работ, безопасность человека сохраняется, если их появление будет своевременно обнаружено и устранено предназначенными для этого технологическими средствами обеспечения безопасности. В этом случае должно выдерживаться следующее условие:

$$\tau_k(t) \leq \tau_h, k \in \{1, 2, \dots, m(t)\},$$

где $m(t)$ – число случаев воздействия опасного или вредного производственного фактора на человека;

τ_h – временной предел переносимости человеком опасного действия фактора данной интенсивности [21].

В тех случаях, когда условия или не выдержаны, появление опасных и вредных факторов должно обнаруживаться, а при необходимости и устраняться средствами защиты оборудования до истечения времени стойкости используемых защитных средств оборудования – τ_{c3} или времени переносимости человеком возникших факторов действующего уровня – τ_h . Эти условия поражения человека могут быть положены, в основу оценки безопасности его функционирования, совместно с оборудованием, а также использованы для задания требований к стойкости и быстродействию средств защиты оборудования.

При постоянно действующем опасном или вредном производственном факторе, модель возникновения отказов средств защиты оборудования сопровождающихся его воздействием на человека, может быть представлена в виде случайного процесса накопления повреждений (потери свойств) [16]. Модель этого процесса учитывает, что каждое воздействие таких факторов на средства защиты оборудования в случайные моменты времени $t_1 = \tau_1, t_2 = \tau_1 + \tau_2$ и $\tau_3 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ сопровождается соответствующими им потерями защитных качеств:

$$\delta_1 = R\tau_1(t_1); \delta_2 = R\tau_2(t_2); \dots; \delta_k = R\tau_k(t_k),$$

где τ_1, τ_2, τ_3 – случайные интервалы между моментами $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k$ воздействия опасного и вредного фактора на средства защиты оборудования, R – коэффициент, характеризующий скорость разрушения защитных средств оборудования или интенсивность потери ими защитных свойств при данном уровне действующего производственного фактора;

$\tau_1(t_1), \tau_2(t_2), \dots, \tau_k(t_k)$ – случайные длительности воздействия фактора на средства защиты оборудования в моменты времени $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k$.

При рассмотренном характере воздействия производственных факторов и предположении об аддитивности потери защитных качеств оборудования, величина накопленного в них повреждения за период календарного времени τ может быть определена следующим образом:

$$\Delta = \sum_{i=1}^m \delta_i = R \sum_{i=1}^m \tau_i(t_i),$$

где m - число случаев воздействия опасного или вредного производственного фактора.

Если число $m \geq 5-6$, то независимо от вида закона распределения случайных величин τ и δ , значение Δ и величина суммарного времени $\tau(t)$ работы средств защиты оборудования образуют систему двух асимптотически нормальных случайных величин (нормальный закон на плоскости). Центр рассеивания их распределения – $M[m]$, $M[\tau]$ и дисперсии $D[m]$, $D[\tau]$ могут быть выражены через математические ожидания и дисперсии случайных величин τ и δ в виде функций времени:

$$M[m] \approx t/M_\tau; M[\tau] \approx t \cdot M_\Delta/M_\tau;$$

$$D[m] \approx t \cdot D_\tau/M_\tau^3; D[\tau] = t \cdot M_\Delta^2 \left(\frac{D_\tau}{M_\tau^2} + \frac{D_\Delta}{M_\Delta^2} \right) / M_\tau,$$

где M_τ , M_Δ – математические ожидания величины случайного интервала времени между моментами воздействия производственного фактора на человека, и величины возникающего в результате такого воздействия повреждения соответственно;

D_τ , D_Δ – дисперсии соответственно случайного интервала времени между воздействиями опасных или вредных факторов на средства защиты и случайной величины обусловленного таким воздействием повреждения.

Условием безопасной работы (выполнения технологического процесса без поражения людей) для рассмотренной модели является неравенство, т.е. не превышение случайной величиной $\tau(t)$ предельно допустимого значения τ_{c3} .

Следовательно, в качестве показателя безопасности функционирования человека при взаимодействии с оборудованием может быть использована соответствующая вероятность:

$$P_\delta(\tau) = Prob[\tau(t) \leq \tau_{c3}]$$

или вероятность возникновения противоположного события – поражения человека за время τ выполнения производственного процесса, протекающего при постоянном воздействии опасных или вредных производственных факторов на средства защиты оборудования

$$Q(\tau) = 1 - P_\delta(\tau) = 1 - Prob[\tau(t) \leq \tau_{c3}].$$

С учетом параметров распределения, искомая вероятность определяется с помощью функции Лапласа:

$$P_\delta(\tau) = \frac{1}{2} - \Phi_0[(M[\tau] - \tau_{c3})/\sqrt{D_\tau}],$$

где $\Phi_0(u) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right) \cdot \int_0^u e^{-\frac{v^2}{2}} dv$ – табличный интеграл, а V – ее аргумент.

Выражение позволяет рассчитать значения вероятности безопасной работы человека при взаимодействии с оборудованием, в тех случаях, когда известны значения параметров $M_\tau, M_\Delta, D_\tau, D_\Delta, \tau$ и τ_{c3} .

Однако, с его помощью может быть решен вопрос оценки защитных средств оборудования:

- при заданной величине $P_\delta(\tau)$ и известных значениях параметров $M_\tau, M_\Delta, D_\tau, D_\Delta$, определить такое значение τ_{c3} , при котором с вероятностью $P_\delta(\tau)$ гарантируется безотказное функционирование средств защиты оборудования в течение этого времени;

- найти такой ресурс времени работы средств защиты оборудования – T , при котором с вероятностью $P_\delta(\tau)$ обеспечивается их безотказная работа в опасных условиях, характеризуемых параметрами $M_\tau, M_\Delta, D_\tau, D_\Delta$.

Очевидно, что полученное соотношение будет справедливо в тех случаях, когда будут использованы оценки $M_\tau, M_\Delta, D_\tau, D_\Delta$, полученные в результате обработки статистических данных, например, в процессе создания или опытной эксплуатации оборудования. В этом случае значение времени требуемой наработки средств защиты оборудования определяется из выражения по формуле:

$$\tau_{c3} = M[\tau] - \Phi_0^{-1}\left(\frac{1}{2} - \gamma\right) \sqrt{D[\tau]} = \tau_{c3}^{(\gamma)},$$

где $\gamma = P_\delta(\tau)$ – доверительная вероятность безотказной работы средств защиты оборудования в течении времени требуемой наработки;

Φ_0^{-1} – обратная функция Лапласа;

$\tau_{c3}^{(\gamma)}$, – гамма-процентный требуемый ресурс защитных средств оборудования по наработке на отказ.

И, наконец, решением второй из задач – отыскания требуемого срока службы средств защиты оборудования в условиях воздействия вредных производственных факторов – является положительный корень такого уравнения, полученного с использованием формулы

$$T_\gamma - BT_\gamma + \frac{M^2[m]}{M^2[\tau]} \tau_{c3}^2 = 0,$$

где T_γ – гамма-процентный требуемый срок службы средств защиты оборудования в заданных условиях эксплуатации;

B – безразмерный параметр, рассчитываемый по формуле:

$$B = \left(\frac{2M_\tau \tau_{c3}}{M_\Delta}\right) - M_\tau \left(\frac{D_\tau}{M_\tau^2} + \frac{D_\Delta}{M_\Delta^2}\right) \left[\Phi_0^{-1}\left(\frac{1}{2} - \gamma\right)\right]^2.$$

При эксплуатации технологических систем основным травмирующим фактором является

оборудование. Опасность, которая предопределяет происшествие представляет собой цепь предпосылок, элементами которых является человек и оборудование. Создать полностью безопасное оборудование и обеспечить безопасную деятельность человека в современных производственных условиях не представляется возможным. Поэтому для обеспечения безопасности используют ряд дополнительных мер, одной из которых является оценка качества защитных свойств человека и защитных средств оборудования. Установлены характеристики человека, определяющие его защитные качества и получена функциональная зависимость, дающая качеству интегральную оценку. Исследован процесс формирования защитных качеств оборудования. В результате получены зависимости, характеризующие его защитные свойства. Выполненные исследования позволяют повысить безопасность человека при эксплуатации технологической системы и тем самым способствовать устранению происшествий при ее эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н.* Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. - М.: ФИД «Деловой экспресс», 2001. - 343 с.
2. *Алекина Е. В.* Модель формирования условий труда на рабочих местах предприятия / Е. В. Алекина, Л. В. Сорокина, Г. Н. Яговкин // *Безопасность и охрана труда.* - 2018. - №4. – С. 20-23
3. *Анисимов Б.П.* Вариант формализации подсистем управления подразделениями ГПС МЧС России. В сб. «Проблемы управления рисками в техносфере», СПБИГПС, №1, СПб., 2007.
4. *Аношкин Д.В., Васильев А.В.* Обеспечение безопасности труда в условиях металлургического производства с использованием автоматизированных систем. В сборнике: YOUNG ELPIT 2013 Международный инновационный форум молодых ученых: В рамках IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT 2013: сборник научных докладов. Научный редактор А.В. Васильев. 2014. С. 20-23.
5. *Асламова, Е.А.* Разработка специального программного обеспечения для системного анализа профессионального риска работников железнодорожного транспорта / Е.А. Асламова, В.С. Блащинский, В.С. Асламова, Л. В. Аршинский // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* – 2016. – № 4 (52). – С. 193-199.
6. *Белов П.Г.* Управление рисками, системный анализ и моделирование: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — М.: Издательство Юрайт, 2014. — 728 с.
7. *Бурлов В.Г., Дубаренко К.А., Матвеев А.В., Матвеев В.В., Потапов В.В.* Основы теории анализа и управления риском в чрезвычайных ситуациях. - Санкт-Петербург, 2003.
8. *Васильев А.В.* Особенности обеспечения системной инженерии безопасности. В сборнике трудов первой международной научно-технической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2003, г. Тольятти, 11-14 сентября 2003, с. 296-299.
9. *Васильев А.В.* Повышение безопасности жизнедеятельности информационно-программными методами // *Автотракторное электрооборудование.* 2004. № 11. С. 34-37.
10. *Васильев А.В., Аношкин Д.В.* Человеческий фактор как причина аварийности и травматизма на производстве и его анализ на основе принципов системного подхода к обеспечению безопасности // *Безопасность труда в промышленности.* 2010. № 11. С. 22-25.
11. *Васильев А.В., Вильч Н.В.* Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на человека смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием метода «Дерево событий» // В сборнике: ELPIT 2013 Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов. Сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции), научный редактор А.В. Васильев. 2013. С. 91-94.
12. *Васильев А.В., Рябов В.М., Васильева Л.А.* Эргономика и эстетика рабочего места оператора ЭВМ. Организация режима труда и отдыха. Учебное пособие. Тольятти, 1997.
13. *Васильев А.В., Фенюк Н.А.* Система обеспечения безопасности труда при эксплуатации электроустановок // В сборнике: XV Всероссийская конференция «Химия и инженерная экология» с международным участием. Сборник докладов. Казань, 2015. С. 135-138.
14. *Васильев В.А., Романцова Е.В., Сорокина Л.В.* Поведение работающих в процессе технической аварии // *Переводной научный журнал «Академический вестник ЭЛПИТ».* 2019. Т. 4. № 2. С.14-18.
15. *Васильев В.А., Яговкин Н.Г.* Информационная поддержка принятия управленческих решений в системах управления экологией и безопасностью // *Переводной научный журнал «Академический вестник ЭЛПИТ».* 2018. Т. 3. № 2. С.13-22.
16. *Воробьев Ю.Л.* Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций: монография. М: ФИД «Деловой экспресс», 2000. - 248 с.
17. *Губинский А.И.* Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л.: Наука, 1982. - 270 с.
18. *Козлов В.И.* Управление охраной труда: инновационно-методологические аспекты / В. И. Козлов // *Безопасность труда в промышленности.* – 2009. – № 11. – С. 39–42.
19. *Козлов В.И.* Методология охраны труда в человеко-машинных системах Рига: Зинатне, 1989. - 183 с.
20. *Коробко В.И.* Охрана труда: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Экономика и управление на предприятии», «Менеджмент организации», «Государственное и муниципальное управление» [Текст] / В. И. Коробко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 239 с.

21. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: пер. с нем. м.: Мир, 1990, с.208.
22. Фенюк Н.А., Васильев А.В. Особенности обеспечения безопасности труда при эксплуатации электроустановок. В сборнике трудов международного инновационного форума молодых ученых YOUNG ELPIT 2015 в рамках пятого международного экологического конгресса (седьмой международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2015. Научный редактор Васильев А.В. С. 326-331.
23. Филоненко, О. А. Управление безопасностью труда: учеб. пособие [Текст] / О. А. Филоненко, В. С. Сердюк. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 120 с.

ASSESSMENT OF THE PROTECTIVE QUALITIES OF MAN AND EQUIPMENT IN THEIR INTERACTION IN THE TECHNOLOGICAL SYSTEM

© 2021 N.G. Yagovkin, A.A. Sidorov

Samara State Technical University, Samara, Russia

The humans and equipment protective properties quality assessment has been carried out. The person protective qualities characteristics and their integral assessment are established. The equipment protective properties dependencies are obtained. The study results make it possible to improve human safety during the technological system operation and eliminate incidents.

Key words: protective qualities, man, equipment, interaction, technological system.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-120-126