

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS AND MAN-MADE RISK
OF INDUSTRIAL SAFETY IN THE TEXTILE INDUSTRY
IN MODERN CONDITIONS**

В.И. ВАУЛИН¹, С. А. СИНГЕЕВ¹, С.В. ВАУЛИН²

V.I. VAULIN¹, S.A. SINGEEV¹, S.V. VAULIN²

*(¹Сызранский филиал Самарского государственного технического университета,
²АО "ТЯЖМАШ")*

*(Syzran Branch of Samara State Technical University,
JSC "TYAZHMASH")*

E-mail: vaul.vladimir2014@yandex.ru

В статье рассматривается вопрос анализа надежности технических систем (ТС) и техногенного риска промышленных предприятий легкой промышленности в современных условиях. Высокая энергетическая и технологическая оснащенность промышленных предприятий вызывает необходимость анализа надежности работы, выработки технических решений обеспечения безопасности эксплуатации технических систем и производств. Работа ТС характеризуется наличием вероятности индивидуального, технического, экологического, социального, экономического риска при чрезвычайной ситуации (ЧС). Рассмотрение технической системы как составляющей элементов "человек – машина – среда обитания" позволяет оценивать экологическую безопасность многопланово. Важное место в этом вопросе имеет обеспечение предприятия машинами и аппаратами защиты водной и воздушной среды, внедрение технологий защиты земной поверхности. Рассматривая отношение сложной ТС с системами в решении задач экологической безопасности и защиты окружающей среды, возможно использовать киберфизические системы в управлении.

The article considers the issue of reliability analysis of technical systems (TS) and man-made risks of industrial enterprises of light industry in modern conditions. The high energy and technological equipment of industrial enterprises caused the necessity of reliability analysis, development of technical solutions to ensure safe operation of technical systems and production. When assessing the condition of an object and the possibility of including it in work, it is necessary to establish the absence or presence of defects. The work of the vehicle is characterized by the presence of the probability of individual, technical, environmental, social, and economic risk in an emergency situation (emergency) when dangerous sources are realized. When assessing risk, it can use a quantitative risk assessment methodology. Consideration of the technical system as a component of the elements "man, machine, habitat" allows us to consider environmental safety in many ways. An important place in this issue is the provision of the enterprise with machines and devices for protecting the water and air environment, the introduc-

tion of technologies for protecting the earth's surface. Considering the relationship of a complex technical system with systems in solving the tasks of environmental safety and environmental protection, it is possible to use cyber-physical systems in management.

Ключевые слова: техническая система, опасные факторы технических систем, экологическая безопасность, виды риска, процесс управления рисками, защита гидросферы, методы и способы защиты, киберфизические системы в управлении.

Keywords: technical system, dangerous factors of technical systems, environmental safety, types of risks, risk management, hydrosphere protecting, methods and methods of protection, cyber-physical systems in management.

Деятельность предприятий легкой промышленности характеризуется наличием рисков, которые требуют управления [8].

На рис. 1 показано распределение несчастных случаев по подотраслям легкой промышленности. Причиной более 75 % несчастных случаев на производстве в организациях легкой промышленности является человеческий фактор, в том числе: 29 % – невыполнение работодателями и специалистами обязанностей по охране труда; 18% – несоответствие технологического процесса требованиям безопасности; 13% – нахождение пострадавшего в состоянии токсического, алкогольного или наркотического опьянения; 9 % – эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования, отсутствие вспомогательного инструмента для выполнения технологической операции; 6 % – прочее (неосторожность и невнимательность потерпевшего).

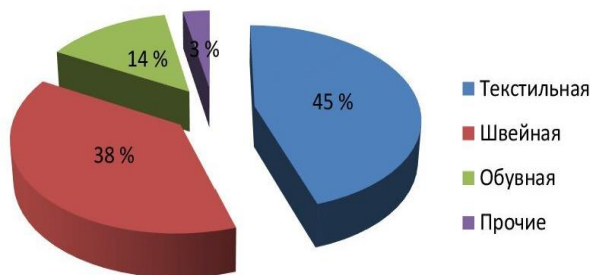


Рис. 1

Эффективность и безопасность работы предприятия легкой промышленности в современных условиях необходимо рассматривать как комплекс "технические системы – человек – окружающая среда".

Вопросы обеспечения надежности работы технических систем в легкой промышленности рассмотрены в ряде работ ученых. Так, Абрамов М.М. [1] отмечает, что автоматизация, искусственный интеллект, мониторинг и оптимизация процессов определяют устойчивость бизнес-моделей.

Буравцев А.В., Цветков В.Я. исследовали сложные организационно-вычислительные системы как информационную систему и показали различие между распределенной системой и сетью [2].

Болодурина И.П., Парфёнов Д.И. для обеспечения надежности функционирования объектов сетевой инфраструктуры предложили структурную модель архитектуры производственной киберфизической системы с использованием облачных вычислений в качестве базовой платформы на четырех уровнях абстракции, объединяя все элементы на основе мультиагентного подхода. Это позволило на основе методов интеллектуального анализа данных системы мониторинга осуществлять поиск и выявлять уязвимые с точки зрения надежности элементы сетевой инфраструктуры киберфизической системы [3].

Запорожцев А.В. рассмотрел задачу проектирования систем автоматизации управления организационно-техническими системами (ОТС) методом моделирования технической части таких систем. Формулировка термина "техническая система" (ТС) зависит от поставленной задачи [2]. Техническая система – это взаимосвязанная совокупность технических объектов, предназначенная для выполнения опреде-

ленных функций. Здесь технический объект – это любое изделие (элемент, устройство, подсистема, функциональная единица или система) [5].

Козлов А.В. проанализировал эволюцию сложных систем – при возрастании внешней и внутренней сложности происходит эволюция иерархических систем в субдиарные системы [7].

Кузьмин Д.И., Савельев И.И. и др. исследовали вопросы эффективности предприятий, отметили наличие рисков, являющихся факторами, влияющими на показатели производственно-хозяйственной деятельности предприятий текстильной промышленности [8].

Лезговко А.М. рассмотрел управление рисками на предприятиях легкой промышленности. Он считает, что механизм управления интегрирует все возможные ресурсы предприятия в единую систему и обеспечивает эффективную оценку, прогнозирование и управление рисками, выбор эффективных стратегических компетенций по реализации [10].

Миронова И.А. изучила проблемы рисков на предприятиях легкой промышленности, предложила методические подходы по снижению рисков [11].

Острейковский В.А., Шевченко Е.Н. проводят анализ моделей распределения характеристик техногенного риска по статистическим данным аварий сложных критически важных объектов (самолеты, атомные реакторы и плотины), а также чрезвычайных событий: пожаров, взрывов и выбросов вредных химических веществ. Данные исследования могут быть использованы для расчета показателей техногенного риска сложных динамических объектов на этапах их проектирования и эксплуатации [13].

Римшин В.И., Калайдо А.В. и др. исследовали риски в текстильной промышленности, влияющие на здоровье персонала. Опасные факторы техпроцессов включают группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Предложены два метода оценки радоновой обстановки на предприятиях текстильной промышленности, использование которых

является вариантом решения задачи сохранения здоровья [15].

Цветков В.Я., рассматривая сложные технические системы (СТС), предлагает для их описания два подхода: как сложных систем и как набора больших данных [2]. С позиций системного анализа теория систем применима для анализа СТС [3]. С позиций больших данных описание и анализ таких систем решается техническими и организационными средствами [4]: использованием информационной логистики [5], учета социальных факторов, применением методов параллельного проектирования и конструирования [16].

Цветков В.Я. анализирует сложную информационно-техническую систему, сравнивая системы и сети. Раскрывает особенности применения киберфизических систем в управлении. Показывает тройственность проектирования киберфизических систем и алгоритмическую сложность программного обеспечения киберфизических систем [17].

Шевченко А.В. рассмотрел непосредственную защиту населения от поражающих факторов радиационного, химического и биологического характера в мирное и в военное время [18].

Таким образом, работа технических систем связана с опасными факторами, способными привести к аварии и катастрофе. Важно определить структуру, состав технических систем, постоянно проводить мониторинг работы элементов и осуществлять управление. Техсистемы включают машины, аппараты, агрегаты, приборы, сооружения, ручные орудия, их элементы в виде узлов, блоков, агрегатов и других сборочных единиц. Следовательно, техническая система – это материальный объект искусственного происхождения, который состоит из элементов (составных частей, различающихся свойствами, проявляющимися при взаимодействии), объединенных связями и вступающих в определенные отношения (условия и способы реализации свойств элементов) между собой и с внешней средой, чтобы осуществить процесс и выполнить функцию технической системы. Также в каждой техни-

ческой системе существует определенная структура, которая характеризуется ее составом. Так, различают следующие виды структур: простая и сложная; односвязная и многосвязная; одноуровневая и много-

уровневая. Среди класса многосвязных и многоуровневых сложных структур выделяют так называемые иерархические структуры. На рис. 2 представлены принципы классификации технических систем.

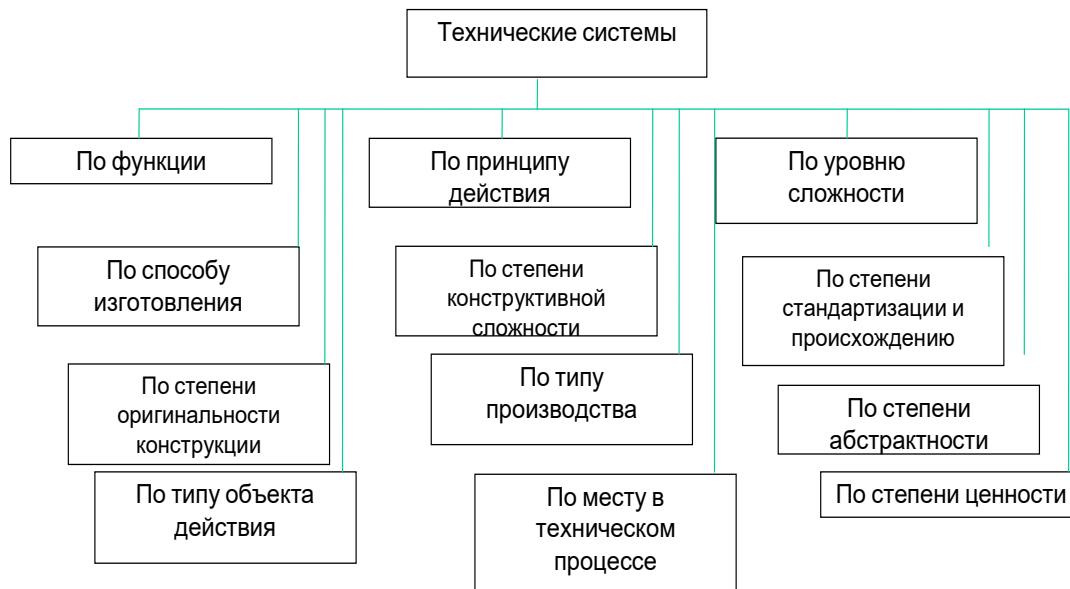


Рис. 2

Технические системы и их элементы в зависимости от характера по ГОСТ 2.101 подразделяются на виды. На рис. 3 показана

иерархическая структура технической системы.



Рис. 3

Особенностью иерархической структуры являются вертикальные связи, характеризующие расположение подсистем по разным уровням иерархии. При этом подсистемы вышестоящего уровня иерархии либо предоставляют приоритетное дей-

ствие (или влияние) подсистемам низших уровней, либо включают их в свой состав. В первом случае мы имеем дело с иерархией по управлению, во втором – по составу. Для информационных систем возможна

также иерархия по глубине описания (степени абстрагирования).

Функции элементов системы: 1) оператор, главный элемент системы управления, 2) источник энергии, 3) двигатель, 4) трансмиссия, 5) рабочий орган, 6) обрабатываемый объект.

Все типы ТС имеют законы развития: закон полноты частей системы; энергетической проводимости системы; согласования ритмики частей системы; увеличения идеальности ТС; неравномерности развития частей системы; перехода в надсистему; перехода на микроуровень; увеличения степени вепольности; повышения динамичности, управляемости и вытеснения человека и др. Предельное состояние объекта определяется в соответствии с конструкторской (проектной) документацией и требованиями. Совокупность данных элементов позволяет осуществлять управление надежностью технологических систем и техногенными рисками (НТС и ТР) [23].

При оценке состояния объекта и возможности включения его в работу необхо-

димо установить отсутствие или наличие дефектов. В соответствии с ГОСТ 15467-79 "Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения" различают конструктивный, производственный, физико-механический, эстетический, явный, скрытый дефект. Технические системы характеризуются таким параметром, как надежность, которая согласно ГОСТ 27.002-2015 оценивается: безотказностью, ремонтпригодностью, восстанавливаемостью (свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта); долговечностью, сохраняемостью, готовностью. Суммарная стоимость C_{Σ} системы изменяется в зависимости от ее надежности, затрат на эксплуатацию C_{Σ} и создание C_0 [2].

Надежность технической системы – важный параметр для расчета возможных экологических рисков, связанных с эксплуатацией системы и поддержанием экологической безопасности [24]. Классификация рисков представлена в виде схемы на рис. 4.



Рис. 4

Каждый риск можно измерить величиной среднегодового ущерба R , которая определяется масштабами аварий и ката-

строф, вероятностью их возникновения W и размером ущерба C (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Класс аварий и катастроф	W (1/год)	C (долл.)	R (долл./год)
Локальные	$5,0 \cdot 10^0$	$5,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^4$
Объектовые	$1,2 \cdot 10^0$	$4,0 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$
Местные	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^6$
Региональные	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^7$
Национальные	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^8$
Глобальные	$8,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{10}$	$8,0 \cdot 10^8$

При выполнении работ на работников предприятий легкой промышленности возможно воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов: 1) движущиеся машины и механизмы, подвижные части технологического оборудования, перемещаемые изделия, заготовки, материалы; 2) повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; 3) повышенная загазованность воздуха рабочей зоны; 4) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 5) повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 6) повышенный уровень шума на рабочем месте; 7) повышенный уровень вибрации; 8) повышенный уровень ультразвука; 9) повышенная или пониженная влажность воздуха; 10) повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; 11) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 12) повышенный уровень статического электричества; 13) повышенный уровень электромагнитных излучений; 14) недостаточная освещенность рабочей зоны; 15) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и технологического оборудования; 16) расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности пола (земли); 17) химические и токсические опасные и вредные производственные факторы, влияющие на кожные покровы и слизистые оболочки; 18) микроорганизмы; 19) физические перегрузки (статические и динамические); 20) нервно-психические перегрузки [9].

Работа ТС на предприятии характеризуется наличием вероятности индивидуально-технического, экологического, социального, экономического риска при чрезвычайной ситуации (ЧС) [12].

Вероятность индивидуального риска R рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{P}{L}, \quad (1)$$

где P – число пострадавших (погибших) в единицу времени t от определенного фактора риска f ; L – число людей, подверженных соответствующему фактору риска f в единицу времени t .

Для количественной оценки риска можно использовать формулу:

$$R(C_{\Sigma}) = W(Ca) M(Cy), \quad (2)$$

где $R(C_{\Sigma})$ – значение риска; $W(Ca)$ – вероятность возникновения хотя бы одной аварии за рассматриваемый период работы объекта или технической системы; $M(Cy)$ – ожидаемый размер ущерба при возникновении аварии; C_{Σ} – средства, выделяемые на снижение риска; Ca – средства, выделяемые на снижение вероятности реализации аварии; Cy – средства, выделяемые на снижение ожидаемого ущерба в случае возникновения аварии [2].

Развитие риска промышленной системы может быть представлено в виде функциональной модели (рис. 5) [33].

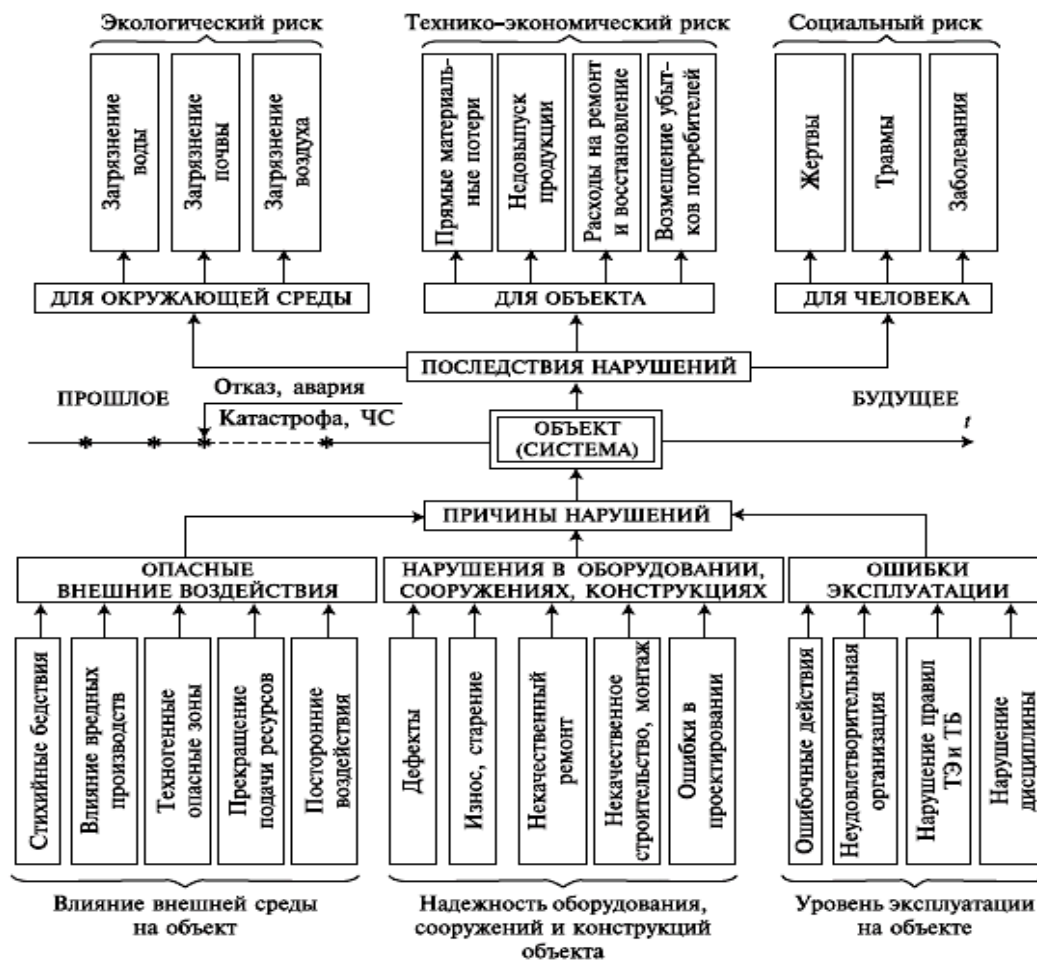


Рис. 5

Таким образом, возможно сделать ряд выводов: 1. Нет "нулевого общего риска". 2. Риск бывает: технический, экономический, социальный, политический и др. 3. Требуется постоянное обеспечение безопасности. 4. Требуется управление рисками технических систем.

Для выработки мер обеспечения безопасности возможно рассчитать вероятность реализации риска: вероятность события равна отношению числа исходов, благоприятствующих событию, к общему числу событий. События A и B называются несовместимыми, если может произойти только одно из них. Правило сложения вероятностей применяется для подсчета вероятности осуществления событий A или B или их обоих сразу с использованием формулы:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB). \quad (3)$$

Если события A и B несовместимы, то $P(AB) = 0$ и, следовательно,

$$P(A+B) = P(A) + P(B). \quad (4)$$

Правило умножения вероятностей применимо для событий A и B , которые произойдут одновременно:

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B/A). \quad (5)$$

Величина риска в данном случае определяется по формуле:

$$R = P \cdot X, \quad (6)$$

где R – величина риска; P – вероятность последствий; X – последствия.

Например, возможно найти вероятность безотказной работы системы, вероятность отказа системы, рассчитать риск персонала, обслуживающего систему,

если известно, что ежегодно от отказа подобных систем погибает около двух человек. Рассчитаем величину риска при численности обслуживающего персонала $L=2000$ чел:

$$Ru = \frac{P}{L} = \frac{2}{2000} = 0,001. \quad (7)$$

При этом вероятность возникновения травмы, требующей максимальной компенсации за лечение, составляет $P = 0,1$.

Повысить эффективность деятельности на предприятиях легкой промышленности позволяет реализация интеграционного механизма управления рисками [10].

Процесс управления рисками может иметь различную структуру: линейную, циклическую, древовидную (иерархическую), матричную и сетевую, информационную [31]. Он включает выполнение следующих процедур: 1) планирование управления рисками; 2) идентификация рисков; 3) качественная оценка рисков; 4) количественная оценка; 5) планирование реагирования на риски; 6) мониторинг и контроль рисков [32].

Рассматривая отношение сложной техсистемы с другими системами [20] (рис. 6) для решения задач НТС и ТР [27], экологической безопасности и защиты окружающей среды, возможно использовать киберфизические системы в управлении [25, 33].

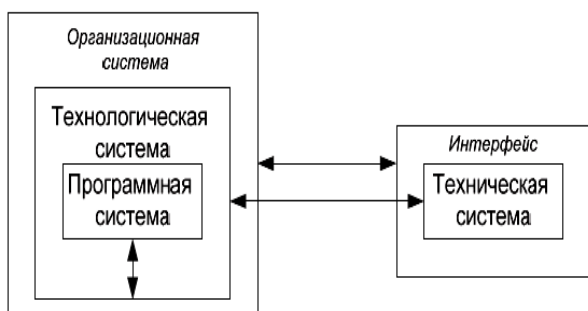


Рис. 6

При этом возможно использовать тройственное проектирование киберфизических систем [28]. На рис. 7 показана структура киберфизической системы в виде семантической сети [17, 29].

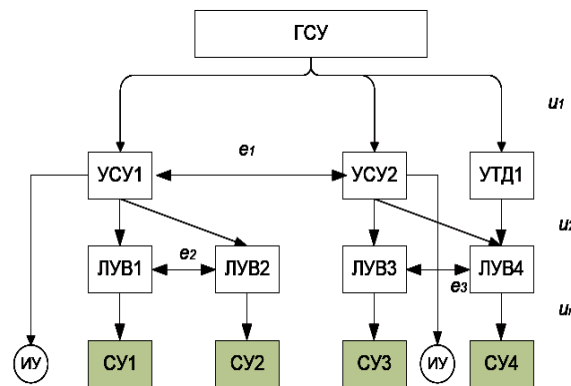


Рис. 7

ВЫВОДЫ

Техсистемы включают машины, аппараты, агрегаты, приборы, сооружения, ручные орудия, их элементы в виде узлов, блоков, агрегатов и других сборочных единиц. Работа ТС сопряжена с наличием вероятности индивидуального, технического, экологического, социального, экономического риска при чрезвычайной ситуации (ЧС). Управление технической системой безопасности может быть представлено моделью управления рисками. Рассмотрение ТС как системы "человек – машина – среда обитания" позволяет оценивать экологическую безопасность многопланово. Важное место в этом вопросе имеет обеспечение предприятия машинами и аппаратами защиты водной и воздушной среды, внедрение технологий защиты земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов М.М.* Технологические инновации в швейной промышленности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 9А. С. 655...662. – DOI: 10.34670/AR.2023.16.97.073
2. *Буравцев А.В., Цветков В.Я.* Сложные организационно-вычислительные системы // Перспективы науки и образования: международный электронный научный журнал (онлайн). 2018. 4 (34). С. 293...300. – ISSN 2307-2334
3. *Болодурин И.П., Парфёнов Д.И.* Моделирование обеспечения надежности функционирования объектов сетевой инфраструктуры киберфизической системы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2018. Т.18, № 4. С. 41...51.

4. Ваулин В.И. Теоретические основы подготовки студентов в области безопасности жизнедеятельности // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Философия. Психология. Педагогика, 2019. Т. 19. Вып. 2. С. 212...215. – doi.org/10/18500/1819-7671-2019-19-2-212-215
5. Запорожцев А.В. Моделирование технических систем // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-6. С. 1288...1294. – <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34755> (дата обращения: 04.03.2024).
6. Иноземцев В.А., Ковба В.И., Чузунов Е.А., Шишко Н.А. Аварии на радиационно, химически и биологически опасных объектах: прошлое, настоящее, будущее // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. 2 (27). С. 45...55.
7. Козлов А.В. Субсиарные системы как эволюция сложных систем // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. №3. С. 59...66.
8. Кузьмин Д.И., Савельев И.И., Ашин А.А., Аннин А.Г. Особенности управления логистическими рисками в текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1 (409). С. 13...17. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_1_13. (дата обращения 30.04.2024).
9. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. N 780н "Об утверждении правил по охране труда при проведении работ в легкой промышленности".
10. Лезговко А.М. Управление рисками на предприятиях легкой промышленности: особенности, стратегии и механизм // Транспортное дело России. 2012. С. 220...223.
11. Миронова И.А. Методические подходы к анализу рисков на предприятиях легкой промышленности // Проблемы современной экономики. Экономика и управление предприятиями, отраслями, комплексами. 2013. С. 232...236.
12. <https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-tehnicheskikh-sistem-i-ekologicheskiiy-ekonomicheskiiy-uscherby-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 30.04.2024).
13. Острейковский В.А., Шевченко Е.Н. Анализ моделей распределения характеристик техногенного риска по статистическим данным аварий и катастроф сложных критически важных объектов // Надежность и качество сложных систем. 2015. № 2(10). С. 3...12.
14. ru.ebrdbusinesslens.com/22-about-5176090-problems... Copyright ru.ebrdbusinesslens.com, 2024. (дата обращения: 29.03.2024).
15. Римшин В.И., Калайдо А.В., Семенова М.Н., и др. Радиационные риски на предприятиях текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4 (406). С. 185...191. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_185.
16. Цветков В.Я. Сложные технические системы // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. 3 (20). С. 86...92.
17. Цветков В.Я. Управление с применением киберфизических систем // Перспективы науки и образования: международный электронный научный журнал (онлайн). 2017. 3 (27). С. 55...60. – ISSN 2307-2334
18. Шевченко А.В. Стратегия реализации концепции радиационной, химической и биологической защиты населения // Технологии гражданской безопасности. 2017. Т. 14, № 2 (52). С. 64...71.
19. Янчий С.В., Дегтярев Н.Д. Анализ причин производственного травматизма в организации на основе применения статистического метода // Молодой ученый. 2017. №4(138). С. 95...100. – <https://moluch.ru/archive/138/38850/>
20. Bar-Yam, Yaneer (2002). General Features of Complex Systems (PDF). Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS UNESCO Publishers, Oxford, UK. Retrieved 16 September 2014.
21. Klein J.T. et al. Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society: An effective way for managing complexity. Birkhauser, 2012.
22. Luhmann N. Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie, Frankfurt: Suhrkamp, 1984. (English translation: Social Systems, Stanford: Stanford University Press. 1995.
23. <https://hip.phmsa.dot.gov/analyticsSOAP/saw.dll7Portalpages> (дата обращения 30.04.2024).
24. Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach. LeeSeshia.org, 2011. (дата обращения 30.04.2024)
25. Rad Ciprian-Radu; Hancu Olimpiu; Takacs Ioana-Alexandra; Olteanu Gheorghe (2015). Smart Monitoring of Potato Crop: A Cyber-Physical System Architecture Model in the Field of Precision Agriculture. Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture. 6. P. 73...79.
26. Tsvetkov V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. 2012. 12-1 (36). P. 2166...2170.
27. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design. 2013. V. 1. № 1. P. 64...69.
28. Tsvetkov V.Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design. 2014, Vol. (5), 3. P. 147...152.
29. Tsvetkov V.Ya. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), P. 177...180.
30. Tsvetkov V.Ya. Information field // Life Science Journal. 2014. 11 (5). P. 551...554.
31. Tsvetkov V.Ya. Subsidiarity management // European Journal of Economic Studies. 2018. 7 (1): P. 42...47.
32. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey, IEEE Systems Journal, 2014.
33. Hiroki Sayama. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. Open SUNY Textbooks, Milne Library. State University of New York at Geneseo, 2015. 498 p.

REFERENCES

1. *Abramov M.M.* Technological innovations in the garment industry. Economics: yesterday, today, tomorrow. 2023. Vol. 13. No. 9A. P. 655...662. DOI: 10.34670/AR.2023.16.97.073
2. *Buravtsev A.V., Tsvetkov V.Ya.* Complex organizational computing systems // Prospects of science and education. International Electronic Scientific Journal (online). 2018. 4 (34). P. 293...300. – ISSN 2307-2334
3. *Bolodurina I.P., Parfenov D.I.* Modeling of ensuring the reliability of the functioning of cyber-physical system network infrastructure facilities // Journal of the South Ural State University. Series: Computer technology, control, radio electronics. 2018. Vol. 18, 4. P. 41...51.
4. *Vaulin V.I.* Theoretical foundations of student training in the field of "life safety // Proceedings of the Saratov University. Scientific journal. A new series of Philosophy. Psychology. Pedagogy. 2019. P. 212...215. – DOI: <https://doi.org/10/18500/1819-7671-2019-19-2-212-215>.
5. *Zaporozhtsev A.V.* Modeling of technical systems. Fundamental research. 2014. 8-6. P. 1288...1294. – <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34755>.
6. *Inozemtsev V.A., Kovba V.I., Chugunov E.A., Shishko N.A.* Accidents at radiation, chemically and biologically hazardous facilities: past, present, future // Modern problems of civil protection. 2018. 2 (27). P. 45...55.
7. *Kozlov A.V.* Subsidiary systems as the evolution of complex systems // Information technologies in science, education and management. 2019. 3 P. 59...66.
8. *Kuzmin D.I., Saveliev I.I., Ashin A.A., Annin A.G.* Management features of logistics risks in textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. 1 (409). P. 13...17. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_1_13.
9. Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 16 noyabrya 2020 g. N 780n "Ob utverzhdenii pravil po okhrane truda pri provedenii rabot v legkoy promyshlennosti".
10. *Lezgovko A.M.* Risk management at light industry enterprises: features, strategies and mechanism. // Transport Business of Russia. 2012. P. 220...223.
11. *Mironova I.A.* Methodological approaches to risk analysis at light industry enterprises. // Of problems of modern economics. Economics and management of enterprises, industries, and complexes. 2013. P. 232...236.
12. <https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-tehnicheskikh-sistem-i-ekologicheskoy-ekonomicheskoy-uscherby-v-selskom-hozyaystve> (accessed 30.04.2024).
13. *Ostreikovskiy V.A., Shevchenko E.N.* Analysis of models for the distribution of technogenic risk characteristics based on statistical data of accidents and catastrophes of complex critically important objects // Reliability and quality of complex systems. 2015. 2 (10), P. 3...12.
14. ru.ebrdbusinesslens.com "22-about-5176090-problems... Copyright ru.ebrdbusinesslens.com, 2024. (accessed 30.04.2024)
15. *Rimshin V.I., Kalaido A.V., Semenova M.N. etc.* Radiation risks in the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. 4 (406). P. 185...191. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_185
16. *Tsvetkov V.Ya.* Complex technical systems // Educational Resources and Technologies. 2017. 3 (20). P. 86...92.
17. *Tsvetkov V.Ya.* Management using cyber-physical systems // Prospects of science and education. International Electronic Scientific Journal (online). 2017. 3 (27). P. 55...60. – ISSN 2307-2334.
18. *Shevchenko A.V.* Strategy for the implementation of the concept of radiation, chemical and biological protection of the population // Civil Security Technology. 2017. Vol.14. 2 (52). P. 64...71.
19. *Yanchy S.V., Degtyarev N.D.* Analysis of the causes of occupational injuries in an organization based on the application of the statistical method. // A young scientist. 2017. 4 (138). P. 95...100. – <https://moluch.ru/archive/138/38850/>
20. *Bar-Yam Yaneer* (2002). General Features of Complex Systems" (PDF). Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS UNESCO Publishers, Oxford, UK. Retrieved 16 September. [Obshchie harakteristiki slozhnykh sistem (PDF). Enciklopediya sistem zhizneobespecheniya. Izdatel'stvo EOLSS UNESCO]. 2014.
21. *Klein J.T. et al.* Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society: An effective way for managing complexity. Birkhauser, 2012. (accessed 30.04.2024)
22. *Luhmann N.* Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie, Frankfurt: Suhrkamp, 1984. (English translation: Social Systems, Stanford: Stanford University Press. 1995.
23. <https://hip.phmsa.dot.gov/analyticsSOAP/saw.dll?Portalpages> (accessed 30.04.2024).
24. *Lee E.A., Seshia S.A.* Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach. LeeSeshia.org, 2011. (accessed 30.04.2024)
25. *Rad Ciprian-Radu; Hancu, Olimpiu; Takacs, Ioana-Alexandra; Olteanu, Gheorghe* (2015). Smart Monitoring of Potato Crop: A Cyber-Physical System Architecture Model in the Field of Precision Agriculture. Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture. 6. P. 73...79.
26. *Tsvetkov V.Ya.* Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. 2012. 12-1 (36). P. 2166...2170.
27. *Tsvetkov V.Ya.* Complexity Index // European Journal of Technology and Design. 2013. V. 1. 1. P. 64...69.
28. *Tsvetkov V.Ya.* Information Constructions // European Journal of Technology and Design. 2014, Vol. (5), 3. P. 147...152.
29. *Tsvetkov V.Y.* Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November. 2014. Vol. 11 (Spl. Edn.), P. 177...180.
30. *Tsvetkov V.Ya.* Information field. Life Science Journal. 2014. 11 (5). P. 551...554.

31. *Tsvetkov V.Ya.* Subsidiarity management. European Journal of Economic Studies. 2018. 7(1). P. 42...47.

32. *Khaitan et al.* Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey", IEEE Systems Journal. 2014.

33. Hiroki Sayama. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. Open SUNY Text-

books, Milne Library. State University of New York at Geneseo. 2015. 498 p.

Рекомендована кафедрой общетеоретических дисциплин филиала Самарского государственного технического университета в г. Сызрани. Поступила 17.07.24.
