

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 620.1:614.843

д-р техн. наук, проф. Здор Г.Н., Потеха А.В.*
канд. техн. наук Иванов Ю.С.**

Прогнозирование развития систем пожарной безопасности

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

**УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно*

***Учреждение «Научно-исследовательский институт*

пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

Показано, что для прогнозирования развития систем пожарной безопасности можно использовать показатель наукоемкости создаваемого, а также используемого производственного или специального оборудования. Предложена математическая модель процесса, обеспечивающая возможность оценки наукоемкости сложных инновационных продуктов, и на этой основе – прогнозирования перспективных направлений их совершенствования. Приводятся примеры использования математической модели для оценки наукоемкости элементов и систем пожарной безопасности.

Ключевые слова: прогнозирование, технические системы, наукоемкость, пожарная безопасность.

Dr. (Tech), Professor G. Zdor, A. Potekha*,
Ph.D. (Tech) Y. Ivanov**

Forecasting the development of fire fighting systems

Belarussian National Technical University, Minsk

**Grodno State Agrarian University, Grodno*

***Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry
for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

It is shown that science intensity indicator of originating and existing industrial and special equipment can be used for the forecasting of fire safety systems. A mathematical model of the process that provides science intensity estimability of complex innovative products is proposed. This model can be used for forecasting of advanced trends for such products further development. Some examples of the mathematical model use for science intensity indicator evaluation of elements and fire fighting systems are described.

Keywords: forecasting, technical systems, research intensity, fire safety

Введение

Проблема пожарной безопасности по своей сути является общемировой. По влиянию пожаров на жизнь общества выделяют

экономический, социальный и экологический ущербы [1-2]. В начале XXI века в мире ежегодно регистрируют 6,5...7,5 млн. пожаров, при которых погибает около 70...75 тыс. человек и травмируется при-

мерно 1 млн. человек. По среднему числу погибших при пожарах «лидируют» Россия и Индия (от 10 до 20 тысяч пожаров в год), США, Китай, Беларусь, Украина, Япония (от 1 до 4 тысяч) [3]. В Республике Беларусь ежегодно происходит около 10 000 чрезвычайных ситуаций (ЧС), значительная часть которых относится к пожарам, уничтожается более десятка тысяч зданий и сооружений, тысячи единиц техники, голов скота и др. [4]. По предварительным данным, только прямой ущерб экономике Российской Федерации от летних пожаров в 2010 году составил более 15 млрд. долларов, что составляет около 1 % ВВП страны. С учетом косвенных и отложенных потерь ущерб может составить от 2 до 3 % ВВП и более.

Значительный ущерб от пожаров и затраты на обеспечение пожарной безопасности выдвигают в число приоритетных задач создание и использование инновационных образцов техники и систем, способных эффективно бороться с огнем, выявлять и ликвидировать возгорания на ранних стадиях.

Во многих странах мира уделяется большое внимание совершенствованию систем пожарной безопасности. При этом особая роль принадлежит выявлению (прогнозированию) перспективных направлений совершенствования противопожарной техники. Для этого могут быть использованы общие законы развития технических систем [5-6], сингулярные (экспертные методы, морфологиче-

ский анализ, матричный метод и др.) и математические (корреляционный и регрессионный анализы, теория распознавания образов, спектральный анализ и др.) методы [7]. В группе математических методов можно выделить моделирование, значимость которого в настоящее время все более и более возрастает [8].

Одним из наиболее перспективных критериев оценки инновационности продуктов может быть показатель наукоемкости, который в отечественных научных изданиях впервые, по-видимому, был представлен в работе [9]. Наукоемкость (называется авторами цитируемой работы также удельным информационным показателем) в предложенной модели определяется как отношение цены к массе изделия (\$USD/кг).

Наши исследования [10-11] показали, что значения наукоемкости продуктов наглядно демонстрируют эффективность работы предприятий и конкурентоспособность производимой ими продукции.

Постановка задачи

Главной задачей исследования является теоретическое обоснование и практическое подтверждение возможности достаточно точного определения показателя наукоемкости сложных инновационных изделий и на этой основе научно обоснованного прогнозирования направлений развития систем пожарной безопасности.

Основная часть

Ранее нами были отмечены существенные методические неточности, возникающие при практическом использовании показателя наукоемкости, определяемого по модели, представленной в работе [9], при анализе сложных (многоэлементных) инновационных изделий [12].

Для устранения этих неточностей предлагается поэтапное решение поставленной задачи в направлении: разработка теоретической модели процесса оценки наукоемкости – оценка практической пригодности разработанной модели – определение перспективных направлений

совершенствования систем пожарной безопасности.

На рисунке 1 представлена модель процесса оценки наукоемкости инновационных продуктов (П). При этом получаемое значение показателя наукоемкости (N_2) основывается на данных об общем экономическом показателе продукта (ЭП), в качестве которого используется его цена, и массе продукта (МП). Вычислительные операции реализуются в математическом операционном блоке (МОБ). Так как масса продукта в цитируемой работе [9] не конкретизирована, по умолчанию будем считать, что использована масса нетто.

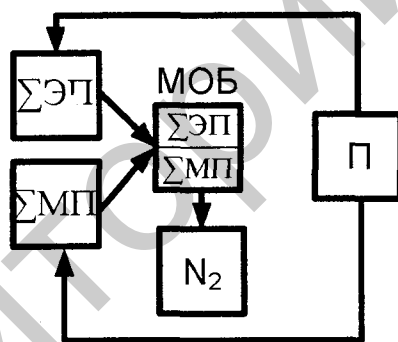


Рисунок 1 – Модель процесса оценки наукоемкости сложного многоэлементного инновационного продукта (по данным А.И. Свириденка и С.А. Маскевича)

Такая модель может быть эффективно использована для оценки наукоемкости простых одноэлементных деталей. Для сложных продуктов (например, ответственных механизмов и машин) использование модели представляется не столь эффективным. Тем не менее, известная модель позволяет рассчитывать наукоемкость сложных продуктов. Очевидно, что значения наукоемко-

сти, полученные с использованием известной модели, могут представлять интерес лишь с точки зрения некоторой предварительной оценки инновационных продуктов. Для их объективной оценки необходимо существенно изменить методологию создания вычислительной модели.

Несмотря на свою прогрессивную роль, предложенная в работе [9] модель процесса оценки наукоемко-

сти имеет ряд недостатков, не позволяющих эффективно использовать ее на практике. Во-первых, она не обеспечивает хорошую точность оценки наукоемкости сложных (многоэлементных) систем (продуктов). Во-вторых, отсутствует возможность определения наиболее «слабых» в плане достигнутого уровня инновационного развития элементов систем и на этой основе предложения наиболее перспективных направлений их развития.

Недостатки известной модели во многом обуславливаются достаточно узкой трактовкой самого термина «наукоемкость». Фактически известная модель предполагает операции над некоторым готовым для практического использования продуктом, имеющим заданные и определяемые его конструкцией и технологией изготовления значения эко-

номического показателя. Существенно расширить трактовку термина «наукоемкость» и, соответственно, повысить точность оценки рассчитываемого показателя можно путем использования понятия «жизненный цикл» продукта. Имеющиеся по этой теме публикации, например, [13] показывают, что эффективность создаваемых систем (машин) при этом может быть существенно повышена.

Нами предлагается усовершенствованная модель процесса оценки наукоемкости продуктов (рисунок 2). Модель характеризуется тем, что МОБ дополнительно оснащен сумматором и системным блоком жизненного цикла элементов продукта, а в качестве экономического показателя используют сумму издержек на этапах его жизненного цикла.

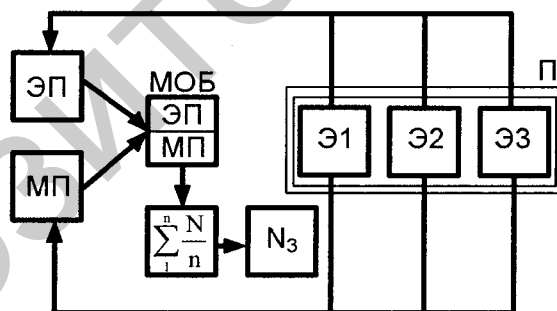


Рисунок 2 – Модель процесса оценки наукоемкости сложного (многоэлементного) инновационного продукта с одноуровневым сумматором и возможностью реализации функции прогнозирования

Модель процесса оценки наукоемкости сложного инновационного продукта (П), состоящего из нескольких элементов (для примера Э1-Э3), представлена на рисунке 2. В состав МОБ дополнительно включен сумматор (Σ), предназначенный

для накопления данных вычислений наукоемкости по всем элементам (n) сложного продукта. Кроме вычислительных функций, сумматор позволяет по результатам поэлементных расчетов выявить элементы системы, имеющие наиболее низкие зна-

чения показателя наукоемкости. Это, в свою очередь, создает предпосылки для определения наиболее перспективных направлений совершенствования сложных систем. Таким образом, модель, представленная на рисунке 2, отличается, по сравнению с известной моделью (рисунок 1), возможностью осуществлять прогнозирование перспективных направлений развития сложных систем.

В самом общем случае жизненный цикл состоит из определенной последовательности стадий, начинающихся от идеи создания продукта и завершающихся его выведением из эксплуатации – утилизацией. Перечень стадий жизненного цикла во многом зависит от степени их детализации применительно к конкретному виду продукта и особенностям его использования. Наиболее часто жизненный цикл составляют следующие стадии: 1) Маркетинг, поиск и изучение рынка. 2) Проектирование и разработка продукции. 3) Планирование и разработка производственных процессов. 4) Производство продукта. 5) Упаковка и хранение. 6) Продажа и доставка. 7) Монтаж и эксплуатация. 8) Техническая помощь в обслуживании. 9) Утилизация или переработка в конце цикла.

Учет стадий жизненного цикла позволяет существенно повысить точность оценки наукоемкости продуктов за счет более полного учета значений расчетных показателей (ЭП и МП). Полезность такого методологического подхода и предлагае-

мой модели процесса совершенно очевидна, так как будет способствовать более быстрому и эффективно-му созданию действительно инновационных продуктов, востребованных обществом.

Для учета стадий жизненного цикла в конструкцию модели процесса оценки наукоемкости дополнительно включен системный блок жизненного цикла элементов продукта (на рисунке 2 блок выделен сплошной двойной линией, объединяющей элементы Э1-Э3). Это представляется достаточно логичным, так как жизненный цикл отдельных элементов сложного продукта по своему содержанию может существенно отличаться друг от друга.

Включение в модель системного блока жизненного цикла позволяет всесторонне и аргументировано подойти к созданию инновационных продуктов. Так, например, практически исключается возможность постановки на массовое производство изделий, у которых величина издержек на стадии их утилизации (выведения из эксплуатации) будет чрезмерной по сравнению с тем эффектом, который мог бы быть получен от продукта на стадии эксплуатации. То есть наукоемкость нужно рассматривать более широко, чем это делается сейчас, и относить ее не только к готовому продукту, но и ко всем этапам его жизненного цикла.

Одновременно возникла необходимость изменить требования, предъявляемые к экономическому показателю, характеризующему продукт: – вместо цены продукта

нами предлагается использовать издержки на этапах жизненного цикла продукта.

С использованием предложенной модели наукоемкость продукта рассчитывают с учетом данных о количестве элементов (Ξ), образующих продукт (n); количества стадий жизненного цикла каждого элемента (z); массы нетто элементов, образующих продукт (m), и функции изменения издержек элементов продукта $f_{ij}(t)$ на стадиях их жизненного цикла по формуле

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^z f_{ij}(t)}{m_i}.$$

Функция $f_{ij}(t)$ описывает характер изменения издержек элементов продукта в пределах конкретных этапов их жизненных циклов.

Таблица 1 – Показатели наукоемкости простых элементов систем пожарной безопасности

Изделие	N_1 , \$USD/кг
Лом пожарный лёгкий ЛПЛ	0,97
Ведро конусное пожарное	2,75
Лестница пожарная ручная трехколенная металлическая ВПЛ (ТУ У 28.7-26287312-013-2003)	3,22
Ствол пожарный ручной РС-70 ТУ 317.5 Украина 002-93	4,6
Головка ГЗ-125	6,7

Примечание: при расчете использованы курсы 1 долл. США = 3100 BLR и 1 долл. США = 28,0 RUR; использованы экономические показатели, представленные на сайтах предприятий – производителей продукции.

Наибольшие значения показателя наукоемкости в рассматриваемой выборке изделий имеет адресный комбинированный пожарный извещатель «Leonardo-OT». Столь

Результаты расчетов и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 приведены примеры расчета наукоемкости продуктов согласно известной (рисунок 1) и предлагаемой (рисунок 2) модели. Для примеров использованы доступные данные по противопожарному оборудованию и системам пожаротушения, получающим все более широкое применение для защиты объектов культурно-спортивного назначения и предприятий реального сектора экономики. При расчетах использованы валютные курсы Национального банка Республики Беларусь по состоянию на 15 апреля 2011 года и экономические показатели продуктов, представленные в официальных изданиях и на сайтах предприятий – производителей продукции.

высокие значения показателя наукоемкости у данной модели извещателя объясняются тем, что в его конструкции реализован интеллектуальный алгоритм обработки дан-

ных. Это позволяет обнаруживать возгорание по увеличению оптической плотности среды при ее задымленности или по значению температуры окружающей среды и скорости

ее нарастания. Извещатель срабатывает при любом типе возгорания: сопровождающимся задымлением или повышением температуры.

Таблица 2 – Расчет наукоемкости элементов систем пожарной безопасности (расчетная модель представлена на рисунке 1)

Продукт	N ₂ , \$USD/кг
Огнетушитель ОУ-15	1,7
Огнетушитель ОП-10 (переносной)	2,0
Ствол переносной лафетный СЛК-П20 ДСТУ 2802-94 (ГОСТ 9029-95)	11,4
Вентиль латунный 51 мм	12,7
Штатив (фланец) для лафетных стволов ЛС	24,4
Ствол пожарный ручной СРП-50А	26,6
Фонарь аккумуляторный ФОС-3	45,5
Извещатель пожарный ИП 101-23-А1R «ЕСО1005» тепловой	46,4
Ствол лафетный СПЛК-С40	61,6
Адресный комбинированный пожарный извещатель ИП 212/101-3А-А1R «Leonardo-OT»	157,6

В таблице 3 приведены значения наукоемкости для элементов пожарного робота. Расчеты, произведенные с использованием модели, представленной на рисунке 2, показывают, что наибольшие значения наукоемкости имеют пульт управления ПДУ-П по каналу RS-485, устройство радиоуправления комплексом ЛСДп с подключением по каналу RS-485 и программное обеспечение системы пожаротушения. По своим абсолютным значениям показатели наукоемкости этих элементов пожарного робота существенно превосходят значения, характерные для остальных элементов изделия, и приближаются к значениям, характерным для элементов и конструкций, используемых в космических технологиях (в изделиях космического назначения сегодня достигнут

максимально высокий показатель наукоемкости – до 20 000).

Результаты проведенных расчетов показывают, что развитие конструкции пожарного робота происходит крайне неравномерно. Поэлементный анализ значений наукоемкости позволяет осуществить прогноз наиболее перспективных направлений совершенствования пожарного робота. Можно считать, что наиболее вероятные направления совершенствования конструкции будут относиться в первую очередь к лафетному стволу и блоку питания. Совершенствование лафетного ствола может осуществляться в направлении снижения его массы, например, путем использования композиционных полимерных материалов, содержащих в качестве модификатора углеродные волокна. Од-

новременно повысить показатель наукоемкости лафетного ствола можно путем введения в его конструкцию элементов с высокой индивидуальной наукоемкостью. Сниже-

ние массы пульта питания пожарного робота может быть достигнуто путем использования современных электронных компонентов и устройств.

Таблица 3 – Наукоемкость основных элементов пожарного робота (расчетная модель представлена на рисунке 2)

Элемент пожарного робота	N _з , \$US/кг
Блок питания БП-24 1,6 кВт	37,8
Лафетный ствол пожарного робота с программным управлением и расходом 50 л/с на базе лафетного ствола (ГОСТ Р 51115-97), автоматическим обнаружением возгорания	44,6
Дисковый затвор ДЗЭ-80 с электроприводом 24 В	89,3
Устройство сопряжения с комплексным объектом УСО	89,3
ПЭВМ с монитором	407,1
Пульт управления ПДУ-П по каналу RS-485	714,3
Устройство радиуправления комплексом ЛСДп с подключением по каналу RS-485 включая радиопульт и блок управления	1636,9
Программное обеспечение*	7143,0

Примечание: * значение МП условно принято равным 0,1 кг.

Значения показателя наукоемкости могут быть использованы как для прогнозирования развития, так и для сравнительного анализа отдельных элементов или систем пожарной безопасности. При этом для сравнительного анализа целесообразно использовать матрицу наукоемкости, предложенную нами в работах [10-11].

Выводы и предложения

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Предложенная модель процесса оценки наукоемкости инновационных продуктов позволяет выбрать наиболее прогрессивные конструкционные разработки для их последующего практического использования.

2. Поэлементный анализ наукоемкости сложных систем позволяет осуществлять прогнозирование перспективных направлений их последующего совершенствования.

В соответствии со Стандартной международной торговой классификацией к высокотехнологичным (наукоемким) видам продукции обычно относят следующие категории: воздушные и космические летательные аппараты; электронно-вычислительную и офисную технику; электронику, оборудование для радио, телевидения и связи; фармацевтические препараты; приборы (медицинские, оптические, измерительные); электрические машины; радиоактивные материалы и иные химические продукты; неэлектрические машины (станки, работающие

на основе лазерных лучей, ультразвуковых, электроразрядных или электрохимических процессов, а также станки с числовым программным управлением); вооружение.

В Республике Беларусь в качестве примеров приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований, обеспечивающих выпуск наукоемкой продукции, относят физические, химические, биологические и генетические методы и технологии получения новых веществ, материалов, модифицированных биологических форм, наноматериалы и нанотехнологии; конкурентоспособные изделия радио-, микро-, нано-, СВЧ- и силовой электроники, микросенсорики, лазерно-оптической техники, разработка новых видов приборов, в том числе для научных целей и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомова, И.А. Обоснование использования инновационных технологий в системах пожарной безопасности / И.А. Пахомова, А.В. Потеха // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2010. – Т. 5. – № 2. – С. 77–83.

2. Пахомова, И.А. Экономическая и социальная эффективность роботизированных систем пожаротушения / И.А. Пахомова, А.В. Потеха // Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні цивільного захисту: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (6–7 квітня 2010 року, м. Черкаси). – Черкаси, АПБ ім.

Героїв Чорнобиля, 2010. – С. 131–134.

3. Брушлинский, Н.Н. Человечество и пожары / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер. – М.: Маска, 2007. – 142 с.

4. Компендиум отдельных направлений деятельности МЧС Республики Беларусь / М-во по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск, 2010. – 88 с.

5. Саламатов, Ю.П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем) // Сб. Шанс на приключение. – Петрозаводск: Карелия, 1991. – С. 5–174.

6. Войтов, А.Г. Техника. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Дашков и К», 2001. – 234 с.

7. Гмошинский, В.Г. Теоретические основы инженерного прогнозирования / В.Г. Гмошинский, Г.И. Флиорент. – М.: Наука, 1973. – 304 с.

8. Бобков, С.П. Моделирование систем / С.П. Бобков, Д.О. Бытев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2008. – 156 с.

9. Свириденко, А.И. Роль научно-технических инноваций в эпоху глобализации / А.И. Свириденко, С.А. Маскевич // Наука и инновации в регионах Беларуси: Материалы республ. науч.-практ. конф. – Могилев: ИТМ НАН Беларуси, 2002. – С. 5–17.

10. Пахомова, И.А. Сравнительная оценка наукоемкости продукции промышленных предприятий Республики Беларусь / И.А. Пахомова // Экономика и менеджмент XXI

века: современные методы, формы, технологии: материалы Междунар. науч. конф., Гродно, 17–18 апр. 2009 г.: в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т; редкол.: Ли Чон Ку [и др.]. – Гродно, 2009. – Ч. 2. – С. 62–66.

11. *Потеха, В.Л.* Научоемкость продукции как фактор повышения конкурентоспособности промышленных предприятий Республики Беларусь / В.Л. Потеха, И.А. Пахомова // Конкурентоспособность предприятий и регионов в глобальной экономике: сб. науч. ст. в 2 ч. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Ли Чон Ку [и др.]. – Гродно, 2009. – Ч. 2. – С. 89–94.

12. *Потеха, В.Л.* Прогнозирование направлений совершенствования роботизированных систем пожаротушения / В.Л. Потеха,

И.А. Пахомова // Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні діяльності служби цивільного захисту: Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції (7-8 квітня 2011 року, м. Черкаси). – Черкаси, АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – С. 84–86.

13. *Карпунин, М.Г.* Жизненный цикл и эффективность машин / М.Г. Карпунин, Я.Г. Любинецкий, Б.И. Майданчик. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.

