

Tretyakova E. V. Новые подходы к комплексной токсиколого-гигиенической оценке безопасности кабельной продукции = New approaches to integrated toxicological and hygienic safety assessment of cables products. Journal of Education, Health and Sport. 2015;5(4):157-168. ISSN 2391-8306. DOI: [10.5281/zenodo.16696](https://doi.org/10.5281/zenodo.16696)
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%284%29%3A157-168>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/553789>
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.16696>
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011 – 2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.
Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.
Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).

© The Author (s) 2015;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 20.01.2015. Revised 27.03.2015. Accepted: 27.03.2015.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОЙ ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ NEW APPROACHES TO INTEGRATED TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC SAFETY ASSESSMENT OF CABLES PRODUCTS

Е.В. Третьякова

E.V. Tretyakova

Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта Минздрава
Украины

State Enterprise Ukrainian scientific-research institute of transport medicine, Ministry
of Public Health of Ukraine

Abstract

The article highlights the problem of cable products safety and imperfect criterion and methodological bases of conducting small-scale tests of combustion products toxicity. The high level of fire danger of such products is associated with its combustible components, mainly polymeric materials, as well as the specifics of cable products maintenance. It is shown that the conducting of standard tests for each component separately and further application of computational methods for the cable assembly, leads to unlawful referral to a class of products more dangerous than it actually belongs in 60% of cases. The last one, as a result, significantly restricts the scope of the many types of cables on formal grounds laid down in the relevant regulations.

The rational approach includes a three-step test, which forms an adequate model, that reflects the realities of burning cables. The protocol also involves additional studies, particularly determination of heavy metals and assessing the contribution of the aerosol phase in the combustion products toxicity. All made recommendations will help to more effectively solve the problem of cable products safety for human health.

Keywords: cable production, the toxicity of combustion products, polymeric materials, fire safety, certification tests.

Реферат

В статье освещается проблема безопасности применения кабельной продукции и несовершенство критериально-методической базы, регламентирующей проведение маломасштабных испытаний токсичности продуктов горения. Высокий уровень пожарной опасности данного вида продукции связан с использованием в ее составе горючих, главным образом, полимерных материалов, а также со спецификой эксплуатации изделий. Показано, что при проведении стандартных испытаний, включающих исследование по каждому компоненту отдельно, а затем применение расчетных методов для кабеля в сборке, неправомерно относит более 60,0 % изделий к классу более опасных. Последнее, как следствие, значительно ограничивает область применения многих типов КП по формальному признаку, заложенному в действующих нормативных документах.

Предложен рациональный подход трехэтапных испытаний, адекватная модель, отражающая реальные условия горения кабельной продукции, а также проведение дополнительных исследований, включающих определение тяжелых металлов и оценку вклада аэрозольной фазы в токсичность продуктов горения, что позволит в комплексе решить проблему безопасности применения данного вида продукции для здоровья человека.

Ключевые слова: кабельная продукция, токсичность продуктов горения, полимерные материалы, пожарная безопасность, сертификационные испытания.

Актуальность темы. Среди причин и источников возникновения антропогенных пожаров одно из ведущих мест занимают кабельные и электротехнические изделия [1]. Их широкое применение практически во всех отраслях экономики и сферах жизнедеятельности населения выдвигает в качестве актуальной проблему обеспечения пожарной безопасности объектов, решение которой требует проведения сертификации кабельной продукции (КП) на основе комплексной оценки по результатам испытаний пожароопасных свойств [2, 3]. Однако разнообразие, а иногда и противоречивость национальных и международных требований, несовершенство критериально-методической базы проведения испытаний, различия в уровне и составе оснащения, средств измерения, компетентности персонала испытательных лабораторий, действие конъюнктурных факторов ставит в затруднительное положение как производителей и поставщиков КП, так и ее потребителей и контролирующие органы. С одной стороны, кабельная продукция должна относиться к классу малоопасных по токсичности продуктов горения (ТПГ) и иметь умеренную дымообразующую способность [4], с другой, - отсутствие надежных материалов сертификации не позволяет осуществлять аргументированный выбор и проводить прогнозные оценки поведения тех или иных материалов и изделий в различных условиях эксплуатации [5, 6].

Высокий уровень пожарной опасности данного вида продукции связан с использованием в ее составе горючих, главным образом, полимерных материалов, а также со

спецификой эксплуатации изделий. Поэтому, в странах-производителях КП затрачиваются значительные усилия и средства на создание трудногорючих полимерных композиций, а также постоянно совершенствуется и обновляется законодательно-нормативная и методическая база по оценке и обеспечению ее безопасности [7].

Научные разработки и технологические решения в данной области включают синтез химически и физически модифицированных полимеров, широкое применение интумесцентных добавок и антипиренов [8, 9]. Однако, улучшение технических характеристик, технологических и эксплуатационных свойств таких материалов нередко сопровождается ухудшением токсиколого-гигиенических показателей, в частности, ростом дымообразования и ТПГ [10].

Особенности методологии сертификационных испытаний многокомпонентной КП (состоящей из оболочки, изоляции и наполнителя), а также ряд других характеристик, таких, например, как распространение пламени по длине изделия, а не в объеме, остаются недостаточно изученными с токсиколого-гигиенических позиций.

Поэтому **цель** настоящего исследования состояла в анализе и обобщении накопленных данных, существующих методов оценки ТПГ материалов кабельного назначения и КП, сопоставлении показателей токсичности продуктов горения пластикутов различных производителей, и разработке на этой основе новой концепции проведения сертификационных испытаний для выработки предложений по совершенствованию методических подходов к комплексной токсиколого-гигиенической оценке ТПГ и повышению пожарной безопасности КП.

Материалы и методы исследования. Маломасштабные лабораторные испытания проведены со 152 полимерными материалами кабельного назначения (59 поливинилхлоридных – ПВХ, 86 – на основе полиолефинов - ПО, 7 – из силиконовой резины – СР) и 96 кабельных изделиях в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.044-89 [11], ДСТУ 4809:2007 [12] и Методических указаний [13] на экспериментальной установке, разработанной сотрудниками Украинского научно-исследовательского института медицины транспорта МЗ Украины (УНИИМТ) и Украинского научно-исследовательского института пожарной безопасности (УкрНИИПБ) [14] (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальная опытная установка для исследования токсичности продуктов горения.

Кроме того, дополнительные исследования проведены на опытной установке для испытаний КП, разработанной специалистами УкрНИИМТ [15] (рис. 2).



Рис. 2. Специальная опытная установка для исследования показателей пожарной опасности кабельной продукции

Ее преимуществом является то, что в трубе горение происходит по длине кабеля, а не в массе материала, как в обычной установке по ГОСТ 12.1.044-89. Это дает возможность моделировать разные сценарии пожара (возгорание с конца кабеля, с середины изделия, воздействие перемещающего источника нагрева), а также возможное влияние горизонтального, вертикального и наклонного положения кабеля на показатели токсичности продуктов горения). Указанное обстоятельство имеет особенно важное значение при сертификации кабельной продукции, применяемой в угольных шахтах, лифтах, для кабельных проводок на судах и кораблях, в метро, и других объектах, где имеются кабельные каналы.

Комплексная гигиеническая оценка полимеров кабельного назначения включала проведение химико-аналитических и токсиколого-гигиенических исследований в соответствии с Методическими указаниями 8.8.2.4-127-2006 [13], разработанными сотрудниками УНИИМТ при участии ведущих специалистов в области токсикологии и пожарной безопасности Украины.

Химико-аналитические исследования токсичных продуктов горения (ТПГ) проведены с использованием хроматографов «Кристаллюкс – 4000», адаптированных к условиям проведения эксперимента, хромато-мас- спектрометра типа GC/MS Perkin Elmer Clarus 500/560 D и спектрофотометра APEL PD-303UV.

В газопаровых смесях, отобранных в экспозиционной камере в процессе горения образцов, определяли концентрации основных компонентов ТПГ, принадлежащих к различным классам опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [16]: акролеин (2 класс), бензол (2 класс), оксид углерода (II) (4 класс), оксид углерода (IV), сернистый ангидрид (3 класс), фенол (2 класс), формальдегид (2 класс), хлорбензол (3 класс), хлористый водород (2 класс), четыреххлористый углерод (2 класс). Они, как правило, вносят наибольший вклад в суммарный показатель токсичности материалов, иначе, интегральный показатель фракционной эффективной дозы (fractional effective dose – FED), который определяют по формуле 1 в соответствии со стандартом ISO 13344–96 [17]:

$$FED = \sum_{i=1}^n \int_{t_0}^t \frac{C_i}{(Cxt)_i} dt \quad (\text{формула 1})$$

где: C_i – концентрация токсического компонента i , выраженная в $мг/м^3$ или в ppm , а $(Cxt)_i$ – концентрация C за время экспозиции t i -го компонента, выраженная в $мг/м^3$ или в ppm .

Для общего случая FED равно отношению средней концентрации отдельного токсиканта i к значению его среднесмертельной концентрации (LC_{50}) при одинаковом времени воздействия.

Токсикологические исследования проводили на белых мышах массой 20-22 г в соответствии с международными требованиями биоэтики European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes [18]. Определяли, в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89, интегральный показатель токсичности (HCL_{50}), равный массе материала (г), отнесенной к единице объема ($м^3$), в котором образующиеся при сгорании материала ТПГ вызывают при экспозиции 30 мин гибель 50 % взятых в опыт животных. Расчет данного показателя проводили методом пробит-анализа

[13]. В каждой серии экспериментов использовали не менее 5 групп животных, по 6-8 особей в каждой.

С целью оценки степени развития гемической гипоксии после экспозиции ТПГ в крови подопытных животных определяли уровень карбоксигемоглобина (СОHb). При содержании в крови СОHb $\geq 60,0$ % токсический эффект обусловлен действием оксида углерода (II). Если же показатель СОHb $< 60,0$ %, это свидетельствует о том, что определенный вклад в смертельный эффект вносят и другие компоненты токсической смеси. Во время экспозиции животных в динамическом режиме газохроматографическим методом контролировали уровень кислорода в экспозиционной камере (п. 4.20.3.3 ГОСТ 12.1.044-89) для исключения вклада в развитие летального эффекта гипоксической формы гипоксии вследствие недостатка кислорода в камере.

Данные, полученные в результате комплексных химико-аналитических и токсикологических исследований, позволяют обосновать принадлежность материалов (пластиков, компонентов кабельной продукции) к определенному классу опасности (по ГОСТ 12.1.044-89).

На последнем этапе исследований кабельной продукции в соответствии с ДСТУ 4809:2007 [16] рассчитывали класс опасности изделия по формуле 2:

$$H_{CL_{50}} = \frac{\sum m_k}{\sum \frac{m_k}{H_{CL_{50}k}}} \quad (\text{формула 2})$$

где: HCL_{50} - показатель токсичности продуктов горения кабельной продукции, г/м³;

HCL_{50k} - показатель токсичности продуктов горения k -го неметаллического элемента изолированного кабеля или провода;

m_k - масса k -го неметаллического элемента изолированного кабеля или провода в одном погонном метре.

По результатам расчетных данных и на основании экспериментальных исследований кабельной продукции присваивали класс опасности КП (табл. 1).

Таблица 1.

Классы опасности кабельной продукции в соответствии с нормативными документами [11, 12]

Интегральный показатель токсичности продуктов горения КП (HCL_{50})	Класс опасности
$HCL_{50} \leq 13$	Чрезвычайно опасные
$13 < HCL_{50} \leq 40$	Высоко опасные
$40 < HCL_{50} \leq 120$	Умеренно опасные
$HCL_{50} > 120$	Малоопасные

Статистическую обработку полученной информации проводили методами вариационного, корреляционного и пробит-анализа с использованием стандартного пакета программ в Microsoft Excel [19].

Результаты исследований. На первом этапе работы проводили токсиколого-гигиеническую оценку результатов испытаний отдельных компонентов КП. При этом исследованные материалы распределялись следующим образом: применяемые в качестве оболочки – 39,3, наполнителя – 15,2 и изоляции – 45,5 %. Из них только 178 полимерных материалов (88,6 %) соответствовали требованиям безопасности по показателю ТПГ, тогда как 11,4 % были отклонены. Распределение материалов, предназначенных в качестве оболочки кабельной продукции по классам опасности представлено в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний материалов для оболочки КП на токсичность продуктов горения согласно ГОСТ 12.1.044-89

Вид материала	Количество образцов	Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=450 ^o C				Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=750 ^o C			
		1	2	3	4	1	2	3	4
ПВХ	34	-	-	17	13	-	-	3	1
ПО	34	-	-	18	15	-	-	-	1
СР	2	-	-	-	1	-	-	-	1
Итого:	70			35	29			3	3

Из приведенных в таблице данных видно, что 54,3 % исследованных материалов относятся к классу умеренно опасных и 45,7 % - к малоопасным. Причем, подавляющее большинство (91,4 %) проявляют наибольшую токсичность при температуре беспламенного горения (450^oC).

Материалы, используемые в качестве изоляции КП, распределялись по ТПГ следующим образом (табл. 3): 50,9 % относятся к умеренно опасным, а 49,1 % - к малоопасным. Наибольшую токсичность при беспламенном горении проявляли 90,9 % материалов, а при пламенном – лишь 9,1 %. Эти показатели практически идентичны с материалами, используемыми в качестве оболочки КП.

Таблица 3

Результаты испытания материалов для изоляции КП на токсичность продуктов горения согласно ГОСТ 12.1.044-89

Вид материала	Количество образцов	Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=450 ^o C				Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=750 ^o C			
		1	2	3	4	1	2	3	4
ПВХ	17	-	-	4	10	-	-	2	1
ПО	34	-	-	21	12	-	-	1	-
Силиконовая резина	4	-	-	-	3	-	-		1
Итого:	55			25	25			3	2

Что касается материалов, применяемых в качестве наполнителей, то, как видно из данных, приведенных в табл. 4, только один материал проявлял токсичность на уровне умеренно опасных, тогда как 96,3 % оказались малоопасными. Это характерно для материалов данного назначения и подтверждалось неоднократно результатами наших многолетних исследований. ПВХ материалы попадали в число умеренно опасных в 45,8 % случаев, на основе ПО – в 46,5 % и из СР – 0. Учитывая происходящие в литературе дискуссии о превалировании токсических свойств у ПВХ материалов по отношению к ПО, следует отметить, что в наших исследованиях эта позиция не подтвердилась.

Таблица 4

Результаты испытаний наполнителей КП на токсичность продуктов горения согласно ГОСТ 12.1.044-89

Вид материала	Количество образцов	Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=450 ^o C				Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 при t=750 ^o C			
		1	2	3	4	1	2	3	4
ПВХ	8	-	-	1	7	-	-	-	-
ПО	18	-	-	-	17	-	-	-	1
Силиконовая резина	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Итого:	27			1	25				1

Важным моментом является распределение основных групп исследованных образцов КП по степени токсичности, поскольку именно ТПГ кабельных изделий определяет возможность их применения в тех или иных конкретных (специальных) условиях эксплуатации. Представление об этом показателе может быть получено при рассмотрении данных в табл. 5.

Результаты расчета классов опасности испытанных образцов кабельной продукции (по показателю токсичности продуктов горения)

Вид материала	Количество образцов	Классы опасности			
		1	2	3	4
ПВХ	23	-	-	6	17
ПО	50	-	-	25	25
СР	2	-	-		2
Изделия с применением комбинации полимеров (ПВХ+ПО+СР)	21	-	-	2	19
Итого:	96			33	63

Проведенные исследования показали, что практически вся КП относится к умеренно (34,4%) и малоопасным (65,6%) изделиям по показателю ТПГ. Причем, в отличие от сырьевых материалов, среди поливинилхлоридных КП к малоопасным относятся 73,9 %, тогда как среди безгалогенных – только 50,0%. Эта позиция должна, вероятно, учитываться при обсуждении вопроса о переходе повсеместно на применение в КП безгалогенных материалов. В этом плане наиболее безопасными оказались КП на смешанной основе – 90,5% малоопасных.

Следует отметить, что при обработке полученных данных для установления показателя HCL_{50} , в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.044-89 и ДСТУ 4809:2007, учитывается вклад полимерных компонентов в расчете на один погонный метр изделия. Однако, как показали результаты проведенных исследований, это не соответствует реальным условиям процесса горения кабеля в сборе, когда распространение пламени идет по его длине, а не в объеме пространства камеры (объекта). Поэтому при традиционных испытаниях изделие нередко может неправомерно попадать в класс более опасных, чем это вытекает из экспериментально найденных значений по кабелю в целом. Последнее, как следствие, может значительно ограничивать область применения многих типов КП по формальному признаку, заложенному в ДБН В 1.1-7-2002 [4].

Исследования показали, что при горении многокомпонентного кабеля различной длины полностью выгорает только 38-50 % (относительная площадь выгорания уменьшается с увеличением длины отрезка). Кроме того, 6,0-8,0 % площади поверхности повреждается частично. Потеря массы при этом составила 25,0 – 30,0 %. Масса металлических жил в многокомпонентных кабелях колеблется в пределах 20,0-50,0 %. Поэтому, на новой опытной установке (рис. 2) летальные эффекты, полученные при моделировании условий пожара согласно ГОСТ 12.1.044-89 (рис. 1), в ряде случаев не достигаются при проведении испытаний целого кабеля. Это свидетельствует в пользу того, что стандартные условия испытаний не позволяют учитывать эффектов интумесценции. Вследствие этого, более чем

60 % всей исследованной кабельной продукции по результатам токсикологических испытаний по стандартной экспериментально-расчетной схеме исследований попало в класс умеренно опасных.

При проведении дополнительных испытаний выявлено, что многие показатели меняются в зависимости от сценария пожара – наклон камеры увеличивает длину выгорания кабеля, массу сгоревшего полимерного материала и потерю массы полимерных компонентов, однако, полученная потеря массы существенно отличается от потери массы отдельных компонентов в сторону уменьшения и, соответственно, снижения токсичности. При горении цельного образца в расчете на погонный метр выгорает не более 20-25 % от общей массы полимерных компонентов, а согласно ДСТУ показатель HCL_{50} определяют в расчете на погонный метр кабеля. Проведенный анализ показал, что такая оценка плохо коррелируется с условиями реального пожара и поведением изделий при горении.

Отличительной особенностью воспламенения и горения КП является быстрое повышение температуры в зоне горения, практически независимо от причины возгорания (короткое замыкание, пробой изоляции, механическое повреждение), поэтому термоокислительной деструкции в режиме пламенного горения чаще всего принадлежит ведущая роль. Известно также, что все составляющие кабель компоненты возгораются практически одновременно, но такой сценарий горения не моделируется при проведении испытаний в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89. Поэтому представляется необходимым при применении расчетных методов для корректировки результатов учитывать дополнительные показатели, в частности, коэффициент, характеризующий величину выгорания кабеля на погонный метр, при условии корреляции с данными токсикологических исследований. По существующим правилам испытаний этот показатель учитывается независимо от исследования ТПГ, что существенно увеличивает неопределенность при трактовке результатов.

Необходимо также обратить внимание на тот факт, что с учетом высокой температуры в зоне горения, ряд металлов, присутствующих в кабелях, включая и сами кабельные жилы, выделяют в воздух достаточно большое количество паров металлов, которые, сорбируясь на частицах аэрозоля, создают дополнительную опасность для здоровья людей.

Все вышеизложенное имеет большое значение не только для решения вопроса о расширении области возможного применения кабеля (высотные здания, метрополитены, транспортные средства и др.), но и для прогнозирования допустимой насыщенности этим видом полимерной продукции объектов специального назначения. Поэтому, представляется целесообразным на последующих этапах проведения токсиколого-гигиенической оценки кабельной продукции интегрировать большее число учитываемых показателей

пожаробезопасности на основе математического моделирования и прогнозирования сочетанного действия основных факторов пожара, а также применяемых способов и средств огнезащиты.

Проведенные исследования и анализ результатов испытаний свидетельствуют о том, что необходима своя методология оценки кабельной продукции и разработка соответствующей нормативной документации.

Выводы

1. Предложен рациональный подход трехэтапных испытаний, адекватная модель, отражающая реальные условия горения кабельной продукции, а также проведение дополнительных исследований, включающих определение тяжелых металлов и оценки вклада аэрозольной фазы в токсичность продуктов горения, что позволит в комплексе решить проблему безопасности для здоровья человека эксплуатации кабельной продукции.

2. На основании проведенных исследований разработана Концепция обеспечения пожаробезопасности кабельной продукции по показателю токсичности продуктов горения (ТПГ). Концепция построена на применении экспериментально-расчетных методов и пошаговой стратегии, включающей три блока (этапа) испытаний, из которых два относятся к полимерным компонентам кабельной продукции, а третий – непосредственно к готовой продукции.

3. Процедура испытаний на ТПГ, по мере накопления информации по однотипной продукции, может существенно сокращаться, что является предпосылкой для снижения времени, необходимого для проведения испытаний, количества экспериментальных животных, материальных затрат при повышении качества интегральной оценки пожаробезопасности материалов и кабельной продукции по показателю токсичности продуктов горения.

Литература

1. Пожежна безпека кабельної продукції. Практичний посібник // Домніч І.К., Кравченко Р.І., Кулаков О.В [та ін]. - Харків, 2008. – 216 с.
2. Пешков И.Б. Тенденции в развитии мировой кабельной промышленности. По материалам Конгресса Международной федерации производителей кабелей (ICF) в г. Амстердаме, Нидерланды / И.Б. Пешков // Кабели и провода. - 2014. - № 6. – С. 3-7.
3. А.И. Балашов, И.Б. Пешков, Г.К. Хромова. Стандартизация и оценка соответствия кабельной продукции // Кабели и провода. - 2010. - № 5. – С. 3-8.
4. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва // Збірка «Пожежна безпека.» – Т.9. – С. 169-225.
5. Tretiakova E.V. Features of hygenic certification of ship cables // Tretiakova E.V. Leonova D.I. Tretiakov A.M. / BOOK OF ABSTRACTS. Maritime Medicine – an International Challeng. 11th International symposium on maritime health. 6-10of september, Odessa- 2011, Ukraine.- P. 121.
6. Шафран Л.М. Токсичність продуктів горіння в системі комплексного дослідження пожежної небезпеки матеріалів як основа їх безпечного застосування та експлуатації /

Шафран Л.М., Третьякова О.В. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна безпека – 2013, 25-26 вересня 2013 р., м. Київ. – С.116-119.

7. Николаев В.Г. Сравнительная оценка современных поливинилхлоридных пластикатов и безгалогенных композиций на основе полиолефинов / В.Г. Николаев // Кабели и провода. - 2010. - № 5. – С. 19-28.

8. Аблеев Р.И. Актуальные проблемы в разработке и производстве негорючих полимерных компаундов для кабельной индустрии / Р.И. Аблеев // Кабели и провода. - 2009. - № 6-7. – С. 64-70.

9. Новак Д.С. Вплив наповнювачів на показники пожежної небезпеки струмопровідних поліетиленових композицій / Новак Д.С., Довбиш А.В., Третьякова О.В. // Науковий вісник УкрНДПБ. - 2012. - № 1. – 101-108.

10. Шафран Л.М. Нормування вимог щодо токсичної небезпеки продуктів горіння кабельної продукції / Шафран Л.М., Харченко І.О., Кравченко Р.І., Скоробагатько Т.М., Новак С.В. // Ж. Актуальні проблеми транспортної медицини. - № 1. – С. 57-66.

11. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. - М.: Изд. стандартов, 1990. – 143 с.

12. ДСТУ 4809:2007. Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування. - Київ. Держспоживстандарт України, 2007.

13. Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів. МВ 8.8.2.4-127-2006. – Одеса, 2006. – 128 с.

14. Шафран Л.М. Деклараційний патент на корисну модель. Камера для дослідження токсичності продуктів горіння / Л.М. Шафран, Л.В. Басалаєва, І.О. Харченко, М.Г. Селіваненко, О.М. Третьяков // Пат. Україна, UA № 4329. G01N7/06. Бюл. № 1, від 17.01.2005.

15. Шафран Л.М. Деклараційний патент на корисну модель. Пристрій для дослідження токсичності продуктів горіння / Л.М. Шафран, В.М. Свиридов, Д.І. Леонова, О.В.Третьякова // Пат. Україна, UA 55137. G01N 21/00. Бюл. № 23, 10.12.2010.

16. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.007-76. Издательство стандартов, Москва, 1982. – 76. – 4 с.

17. Determination of the lethal toxic potency of fire effluents. (ISO 13344:1996 (E)). – Geneva : ISO, 1996. – 12 p.

18. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986. – 53 p.

19. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В Губенко., П.Н. Бабич – К.: МОРИОН, 2000. – 320 с.