

УДК 656.132:621.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Гаврилюк А.Ф.*, Гудым В.И.* **, д.т.н., профессор, Петровский В.Л.*

*Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности ГСЧС Украины

**Краковская политехника, Польша

e-mail: gavrilyk3@ukr.net

В материалах статьи рассмотрено влияние электропроводов бортовой сети на пожарную опасность легковых автомобилей. Проведено экспериментальное исследование по определению горючести, температуры воспламенения, самовоспламенения, а также температуры смягчения и плавления изоляционного материала. Установлено, что изоляционный материал электропроводов бортовой сети по своим характеристикам является горючим и средней воспламеняемости, причем способен поддерживать горение.

It is considered a fire hazard of the electricity cables of the board system in passenger car. It is held the experimental investigation to determine the flammability, the temperature of the ignition and spontaneous ignition and also the temperature of softening and melting of the insulating material. It was established that the insulating material of electric wires of board network is combustible and has medium inflammability; moreover it is able to ignite and maintain the fire.

(Поступила в редакцию 19 декабря 2013 г.)

Введение

Мировой автотранспортный парк насчитывает более 1 млрд. единиц, и по прогнозам к 2035 году их число удвоится. Лишь в 2012 году согласно статистическим данным Всемирной организации автопроизводителей ОИСА было произведено более 84 млн. автотранспортных средств (АТС) и около 75 % из них составляют легковые автомобили. Распределение количества автомобилей в разных странах разное. Например, на одну тысячу населения в России приходится 210 автомобилей, в Польше – 324, в США – 458, в Великобритании – 474, во Франции – 489, в Германии – 560, в Украине – 151 автомобиль.

Использование АТС тесно связано с пожарной опасностью, так как нормальные режимы работы автотранспортных средств протекают при высоких температурах нагрева агрегатов двигателя и при использовании пожароопасных веществ, способных создавать взрывоопасные смеси с воздухом.

В странах СНГ ежегодно происходит более 25 тысяч пожаров АТС, в частности в Российской Федерации более 17 тыс., Украине – более 3 тыс. [1-2]. Около 40 % причин возгораний связано с неполадками электрооборудования.

Постановка задачи

При выходе из строя электрооборудования, аварийные режимы работы которого вызывают возгорание, изоляционный материал имеет первоочередное значение в воспламенении и (или) в поддержании горения. Поэтому актуально исследование изоляции электропроводов бортовых сетей на горючесть и определение температурных пределов распространения пламени и самовоспламенения. Для этих целей нами были подготовлены многожильные медные проводники сечением 1 мм² с поливинилхлоридной изоляцией бортовых электросетей автомобилей ВАЗ-2106 (1996 г.в.), ВАЗ-2108 (2002 г.в.), Volkswagen

В4 (1995 г.в.), Mitsubishi lancer (2010 г.в.). Измерения проводились в аттестованной лаборатории ЛГУБДЖ. Для проведения испытания использовался прибор ОТМ (определение группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов), изготовленный в соответствии с [3].

Решение задачи

Испытание на горючесть производится согласно п. 4.3 [3]. Метод применяют для однородных материалов. Суть метода испытаний экспериментального определения на горючесть изоляционных материалов бортовых электросетей автомобилей заключался в определении потери массы опытных образцов и изменении температуры при заданном температурном режиме. Перед проведением эксперимента образцы выдерживали в вентилируемом сушильном шкафу при температуре $(60 \pm 5) ^\circ\text{C}$ в течение 20 часов, после чего печь была отключена и охлаждена до температуры окружающей среды вместе с образцами. После этого исследуемые проводники взвешивались. Под температурным воздействием изоляция проводников плавится, поэтому их размещали в мешок, который изготовлен из стеклоткани – негорючего материала шириной 60 мм и высотой 150. Для каждой марки автомобиля производилось по три испытания материала. Температура в камере фиксировалась с помощью термопары ТХА и регулятора-измерителя температур РТ- 0102. После этого опытный образец крепили на держателе и помещали в камеру прибора, в которой предварительно устанавливалась температура $200 \pm 5 ^\circ\text{C}$. Время, за которое будет достигнута максимальная температура горючих газов, а также время свободного горения образцов фиксировалось с помощью секундомера СОПР. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования изоляционного материала электропроводников

Марка автомобиля	Макс. темпер. гор. газов $t_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	Время, за которое достигнута макс. темпер. $t_1, \text{с.}$	Время свободного горения $t_2, \text{с.}$	Масса образца до испытания $m_0, \text{г}$	Масса образца после испытания $m_1, \text{г}$
ВАЗ-2106 (1996 г.в.)	355	187	75	37,31	26,92
	348	182	68	37,26	27,05
	339	195	66	37,92	27,45
ВАЗ-2108 (2002 г.в.)	420	135	73	36,36	21,16
	425	127	69	36,77	21,42
	418	140	67	36,03	20,67
Mitsubishi lancer (2010 г.в.)	364	105	42	15,63	11,09
	378	92	38	15,81	11,4
	381	103	37	15,84	11,27
Volkswagen B4 (1995 г.в.)	265	138	53	26,41	17,24
	245	130	58	26,72	17,58
	268	126	62	26,28	16,91

Согласно [3] материалы классифицируются на трудногорючие и горючие. Горючие материалы в зависимости от времени достижения максимальной температуры подразделяют на трудновоспламеняемые, средней воспламеняемости и легковоспламеняющиеся. Обработанные результаты испытаний изоляционного материала на горючесть и воспламеняемость представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний изоляционного материала на горючесть и воспламеняемость

Марка автомобиля	Макс. прирост температуры Δt_{\max} , °С	Время свободного горения t_2 , с.	Потеря массы Δm , %	Классификация по горючести	Классификация по воспламеняемости
ВАЗ-2106 (1996 г.в.)	155	75	19,8	горючий	сред. воспл.
	148	68	27,5	горючий	сред. воспл.
	139	66	31,23	горючий	сред. воспл.
ВАЗ-2108 (2002 г.в.)	120	73	41,8	горючий	сред. воспл.
	125	69	41,7	горючий	сред. воспл.
	118	67	42,63	горючий	сред. воспл.
Mitsubishi lancer (2010 г.в.)	164	42	28,91	горючий	сред. воспл.
	178	38	27,8	горючий	сред. воспл.
	181	37	38,59	горючий	сред. воспл.
Volkswagen B4 (1995 г.в.)	65	53	19,48	горючий	сред. воспл.
	45	58	34,2	трудногорючий	сред. воспл.
	68	62	35,65	горючий	сред. воспл.

Результаты исследования показывают, что изоляционные материалы электропроводов данных марок автомобилей классифицируются горючими и средней воспламеняемости. При этом, в аварийных условиях работы (перегрузки, короткое замыкание и др.) изоляция способна загораться, поддерживать и распространять горение, что создает пожарную опасность.

Испытания по определению температуры воспламенения и самовоспламенения проводились согласно п. 4.3 [3]. Суть метода испытаний по определению температуры воспламенения заключается в оценке параметров воспламеняемости материала при заданных стандартом уровней воздействия на поверхность образца теплового потока и пламени от источника зажигания. Для размещения исследуемого образца применяли контейнер диаметром 45 ± 1 мм, высотой 10 мм. Для испытаний было подготовлено по 5 образцов исследуемого изоляционного материала различных марок автомобилей массой $3,0 \pm 0,1$ г.

Определяли минимальную температуру образца, при которой за время выдержки в печи не более 20 мин. образец зажигался и горел более 5 с. после удаления горелки, а при температуре на 10°C меньше возгорания не происходило.

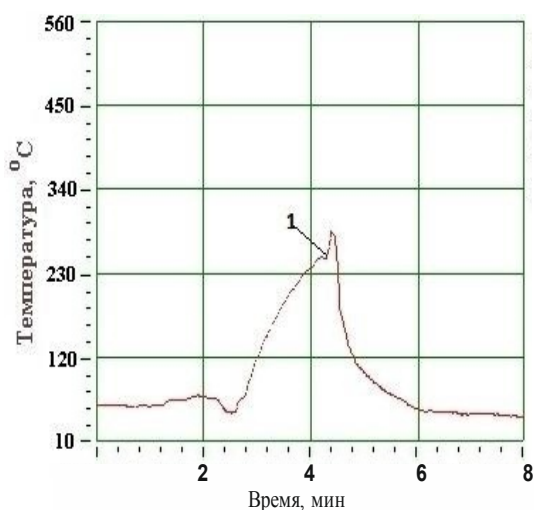
Определение температуры самовоспламенения проводилось аналогично, но без источника пламени. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.

Температуру воспламенения исследуемого вещества (материала) принимали как среднее арифметическое двух температур, отличающихся не более чем на 10°C , при одной из которых наблюдалось возгорание образца, а при другой – возгорания не было. Полученное значение температуры округляли с точностью до 5°C . Таким образом, для электропроводов ВАЗ-2106 температура воспламенения изоляционного материала 250°C , самовоспламенения – 355°C , для ВАЗ-2108 – 220 и 355°C , для Mitsubishi lancer – 235 и 265°C , Volkswagen B4 – 270 и 295°C , соответственно. Разница между температурами самовоспламенения и воспламенения для ВАЗ-2106, ВАЗ-2108, Mitsubishi lancer, Volkswagen B4 составляют 105, 135, 30 и 25°C соответственно.

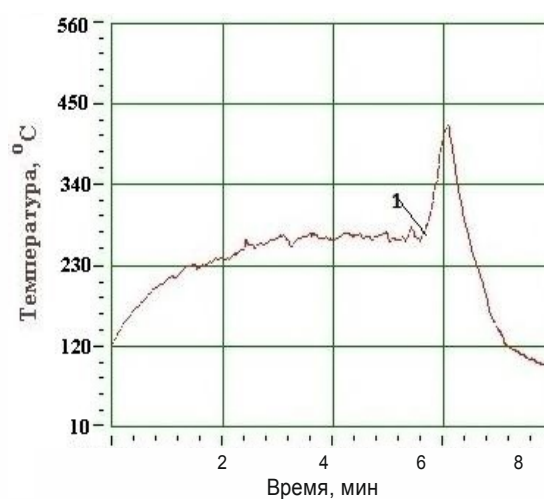
На рис. 1 изображены графики усредненных температур возгорания изоляционного материала электропроводов автомобилей ВАЗ-2106 и ВАЗ-2108, где отражено изменение температуры нагрева изоляционного материала от времени пребывания в реакционной камере прибора ОТМ.

Таблица 3 – Данные по температуре воспламенения и самовоспламенения изоляционного материала электропроводников

Марка автомобиля	Температура в реакционной камере, °С	Возгорание	Температура в реакционной камере, °С	Самовозгорание
ВАЗ-2106 (1996 г.в.)	285	состоялось	385	состоялось
	281	состоялось	378	состоялось
ВАЗ-2106 (1996 г.в.)	262	состоялось	365	состоялось
	253	состоялось	357	состоялось
	245	не состоялось	350	не состоялось
ВАЗ-2108 (2002 г.в.)	280	состоялось	381	состоялось
	258	состоялось	372	состоялось
	231	состоялось	363	состоялось
	223	состоялось	355	состоялось
	215	не состоялось	350	не состоялось
Mitsubishi lancer (2010 г.в.)	260	состоялось	387	состоялось
	254	состоялось	382	состоялось
	248	состоялось	378	состоялось
	237	состоялось	369	состоялось
	230	не состоялось	362	не состоялось
Volkswagen B4 (1995 г.в.)	280	состоялось	324	состоялось
	277	состоялось	319	состоялось
	272	состоялось	308	состоялось
	270	состоялось	300	состоялось
	265	не состоялось	292	не состоялось



а)

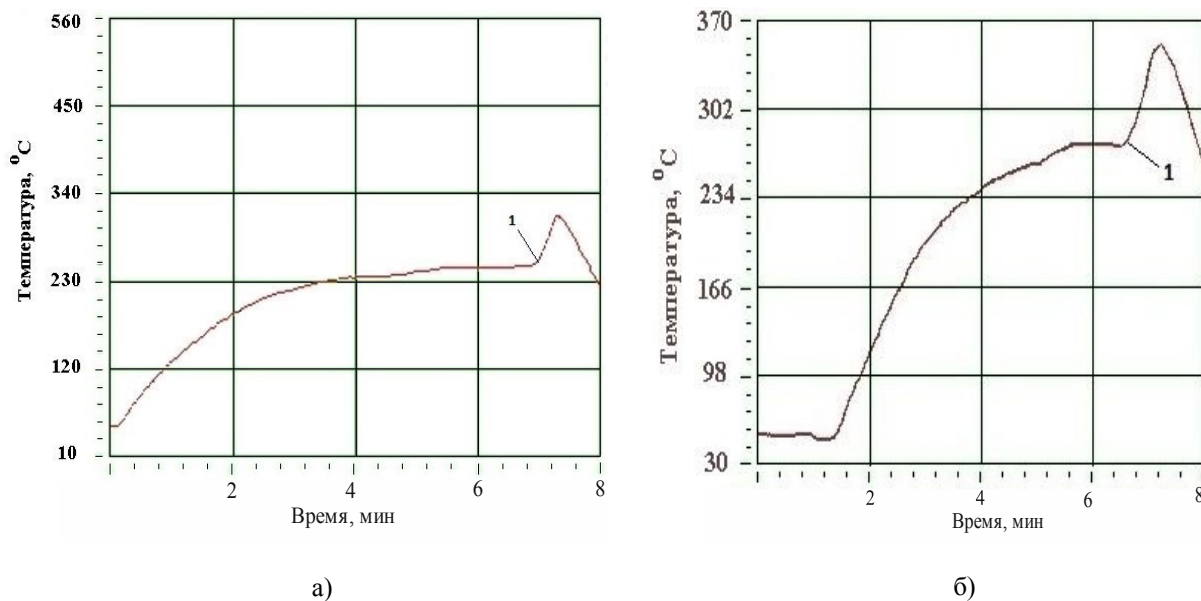


б)

Рисунок 1 – Изменение температуры нагрева изоляции проводников от времени
а) ВАЗ-2106; б) ВАЗ-2108

Из рис. 1 видно, что после помещения образцов в камеру уже через 180-200 с. при 250 °С происходит воспламенение изоляции (точка 1) бортовой электросети ВА3-2106, которая продолжает гореть после удаления горелки. Изоляция электропроводов автомобиля ВА3-2108 при достижении температуры 230-240 °С кратковременно загоралась, но горение прекращалось после удаления источника возгорания, о чем свидетельствуют скачки температуры на графике.

Изоляционные материалы зарубежных производителей АТС Mitsubishi lancer безотказно занимают при достижении температуры 235 °С за время 400-420 с., а Volkswagen B4 при 270 °С за время 260-280 с. начала нагрева. Графические зависимости приведены на рис. 2.



**Рисунок 2 – Изменение температуры нагрева изоляции проводников от времени
а) Mitsubishi lancer; б) Volkswagen B4**

Таким образом, изоляционный материал бортовой электросети автомобилей как отечественного, так и зарубежного производства является горючим средней воспламеняемости, что создает опасность возникновения пожара при аварийных режимах работы электрооборудования.

После этого было проведено перегрузки постоянным током проводников перечисленных марок автомобилей с помощью трансформатора тока с целью определения температуры размягчения и плавления изоляционного материала. Для этого были подготовлены по три образца исследуемых проводов с ПВХ изоляцией автомобилей ВА3-2106, ВА3-2108, Mitsubishi lancer, Volkswagen B4 с площадью поперечного сечения электропроводников 1,5, 0,9, 0,6 и 1 мм² соответственно и длиной 40 см. Результаты приведены в таблице 4.

Установлено [4, 5], что температура в моторном отсеке может превышать температуру окружающей среды на 100 °С, а температура отдельных элементов может составлять более 500 °С. Поэтому можно считать, что изоляционные материалы, находящийся в моторном отсеке работают на пределе своих физических свойств.

Таблица 4 Экспериментальные данные температуры смягчения, дымообразования и плавления изоляционного материала электропроводников

Марка автомобиля	Температура смягчения, °С		Температура дымообразования, °С		Температура плавления, °С	
ВАЗ-2106 (1996 г.в.)	90	90	105	105	145	144
	89		107		143	
	90		103		145	
ВАЗ-2108 (2002 г.в.)	90	89	110	110	160	161
	88		112		163	
	90		107		159	
Mitsubishi lancer (2010 г.в.)	95	94	130	130	180	180
	93		128		181	
	95		133		180	
Volkswagen B4 (1995 г.в.)	90	90	145	145	200	200
	90		143		198	
	91		147		201	

Выводы

Экспериментально установлено, что изоляционный материал электропроводов бортовой сети АТС по своим характеристикам может быть классифицирован как горючий и средней воспламеняемости.

Установлено температурные пределы загорания изоляционного материала проводов бортовых электросетей АТС составляют 220–270 °С, а пределы самовоспламенения – 300–355 °С.

Определена температура размягчения изоляции – 89-94 °С, которая находится в пределах рабочей температуры моторного отсека 70-110 °С. Вследствие этого изоляция становится уязвимой при трении проводов между собой и их контакте с элементами кузова автомобиля. Ухудшаются ее механические и изоляционные свойства, что может привести к искрению или короткому замыканию с последующим пожаром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналіз пожеж, що сталися в Україні у 2012 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2012/12/31/AD_12_12_1.pdf.
2. Анализ пожаров, произошедших в России в 2011 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.mchs.gov.ru/Stats/Pozhari/2012_god/Svedeniya_o_pozharah_i_ih_posled_stvija.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. ГОСТ 12.1.044-89 – М.: Из-во стандартов, 1989. – 54 с.
4. Исхаков, Х.И. Пожарная безопасность автомобиля / Х.И. Исхаков, А.В. Пахомов, Я.Н. Каминский. – М: Транспорт, 1987. – 86 с.
5. Булочников, Н.М. Пожар в автомобиле: как установить причину? / С.И. Зернов, А.А. Становенко, Ю.П. Черничук. – М: ФЛИГИСТОН, 2006. – 224 с.
6. Ізольвані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування: ДСТУ 4809:2007: – Київ: Держбуд України, 2007. – 37 с.