

EXPERIMENTAL STUDY ON HAZARDOUS FIRE FACTORS IN A PASSENGER TRAIN COUPE

Svilena Arabadzhieva

Faculty of Fire Safety and Civil Protection,
Academy of the Ministry of Interior
Tel. 02/9821280
E-mail: ssarab@mail.bg

Todor Toshev

First Regional Fire Safety and Civil Protection Station– Plovdiv
E-mail: t_toshev17@abv.bg

Abstract: The report presents the results of a full-scale experiment in a real-size passenger train coupe model. Real fire scenario is simulated in real conditions. The purpose of the study is to identify the occurrence of the critical importance of hazardous fire factors for humans. The full-scale experiment was preceded by a series of small-scale experiments designed to investigate the fire performance of interior interior materials after a specified period of time using standardized laboratory methods.

Keywords: passenger train coupe, fire, heat, smoke, toxicity, loss of vision

ВЪВЕДЕНИЕ

Броят на пожарите в пътническият подвижен състав е относително малък и непроменлив през годините, но с големи загуби. Наличието на много пътници, ограничените възможности за евакуация и затрудненият достъп на спасителните служби до някои места от железопътната инфраструктура, допълнително утежняват обстановката при евентуален пожар. Преобладаващият вагонен парк на „БДЖ – Пътнически превози” ЕООД е с висока възраст (Arnautski, G., 2014). С течение на времето влаганите, при средни и капитални ремонти, материали са подменяни с различни спрямо оригиналните при конструирането на вагона. Всички те са изпитвани спрямо действащия към момента на ремонта стандарт, но няма цялостно изследване за състоянието им при пожар в комбинация с останалите материали и конструкция, а също така няма данни и за промяната на състоянието им от гледна точка пожарната безопасност с течение на експлоатацията.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За изследване на опасните фактори на пожара в купе на пътнически вагон беше изграден модел на купе втора класа, предназначено за превоз на пътници, в реален размер. Стените на макета са изпълнени от плоскости от дървесни частици с дебелина 18 mm, подобно на тези, от които са изградени преградните стени на стандартните купета. По външната преградна стена – успоредна на надлъжната ос на вагона, е монтиран стандартен прозорец. Монтирани са две плъзгащи врати, като едната е неподвижна. Уплътнението на прозореца е изпълнено с оригинална гумена лента. При изграждането на интериора на купето са използвани автентични елементи от интериорно обзавеждане на купетата, които са в експлоатация и към момента на провеждане на изследването. Те са свалени непосредствено преди извършване на капитален ремонт на пътнически вагон. Седалките са двойни, с пълнеж от пенополиуретан, облицовани с плат. Носещата им конструкция е изпълнена от дърво и плоскости от дървесни частици, което не оказва влияние на резултатите на експеримента, тъй като той приключва преди тяхното запалване.

Изследвани са следните опасни фактори на пожара: висока температура на въздуха в купето, недостиг на кислород във въздуха, токсичност/задушливост на димните газове и загуба на видимост поради наличие на димни газове.

Методика за изследване опасните фактори на пожара:

Висока температура - по време на експеримента за определяне изменението на температурата в обема на купето са монтирани 24 броя термодвойки, като девет са поставени в обема на купето, осем на стените над седалките, две от вътрешната страна на прозореца на купето, две на стената над прозореца, три по височина на вратата от вътрешната страна на купето на различни височини. В настоящия доклад се анализират данните от осем термодвойки, които са монтирани на височина 1,7 m, височината, която се приема за осредненото ниво на дихателните органи на човек в изправено положение. Замерването на температурата се извършва на всеки 30 s. За критични значения на температурата в затворен обем се приемат стойности в порядъка на 70°C, при време на въздействие от няколко секунди до минута.

Нестиг на кислород във въздуха – измерването концентрацията на кислорода в обема става посредством газанализатор. Като критична стойност за осигуряване на безопасната евакуация се възприема концентрация на кислорода от порядъка на 17 об.% или 205 g/m³, тъй като сред пътниците е възможно да има малки деца, възрастни и трудно подвижни хора.

Токсичност/задушливост на димните газове – предвид финансовите и техническите ограничения, които бяха пред експеримента бяха избрани пет продукта на горенето, които да се измерват - въглероден оксид, въглероден диоксид, циановодород, азотни окиси и сероводород. Измерването на газовете е посредством газанализатор на всеки 15 s, извърши се от лице, оборудвано със защитно облекло и дихателен апарат в обема на купето на разстояние 1,7 m от огнището на пожара. Показанията на уреда са отчетени чрез софтуер Dräger GasVision.

Над 70% от жертвите при пожар са от отравяния, вследствие продуктите на горене. Най-често отделяни при пожар са окисите на въглерода – въглероден оксид и въглероден диоксид, като се явяват причина за 50-80% от загиналите. (Dimitrov, St., 2014). Поради тази причина са избрани да бъдат измерени времената за достигане на критичните стойности на тези два продукта на горенето. Като критична стойност се възприема концентрация на въглеродния оксид от порядъка на 12,6 g/m³, а на въглеродния диоксид 183 g/m³.

Предвид това, че най-голямата част от горимия материал в първите минути на пожара в купето са именно седалките и техния пълнеж, който е пенополиуретан са избрани да бъдат измерени и два от най-вероятните продукти на горенето – циановодород и азотни окиси - като критичните стойности са съответно 0,5 g/m³ и 1,0 mg/l.

Измерено е и времето за достигане на критичното значение на съдържание на сероводород във въздуха, който са 1,1 g/m³.

Загубата на видимост е едни от основните опасни фактори на пожара пряко свързан с осигуряването на безопасната евакуация на хората. По същество видимостта в задимена обстановка се определя от няколко основни фактора: осветеност, димообразуваща способност на веществата и материалите, оптичната плътност на дима и оптически качества на човешкото око. Видимостта в задимена среда е в пряка зависимост от всички горепосочени фактори и е обвързана с тях посредством коефициента на загуба на видимост μ_m [m⁻¹]. Съществуват математически модел за изчисляване на времето за настъпване на опасните фактори на пожара, но по отношение на загубата на видимост се оказва неприложим в конкретния случай поради малкия обем на купето (Dimitrov, St., 2014).

Към момента няма стандартизирана методика за практическото определяне на коефициента на загуба на видимост. Поради това вниманието на множество специалисти в областта на пожарната безопасност е насочено именно към разработването на методология за оценка на този параметър (Chizhikov, Vl., 1989).

По време на експеримента, с цел да се направи опит за практическото му определяне в обема на купето се използва следната тестова постановка:

В обема на купето на ниво 1,7 m от пода се поставя така нареченият „наблюдаван обект“. В качеството на наблюдаван обект се използва закачен лист хартия, на които шахматно са

изчертани съизмерими квадрати с рамер 0,5 cm в тъмносив и бял цвят, така че процентно отношение на белия към тъмносивия цвят да е 50:50.

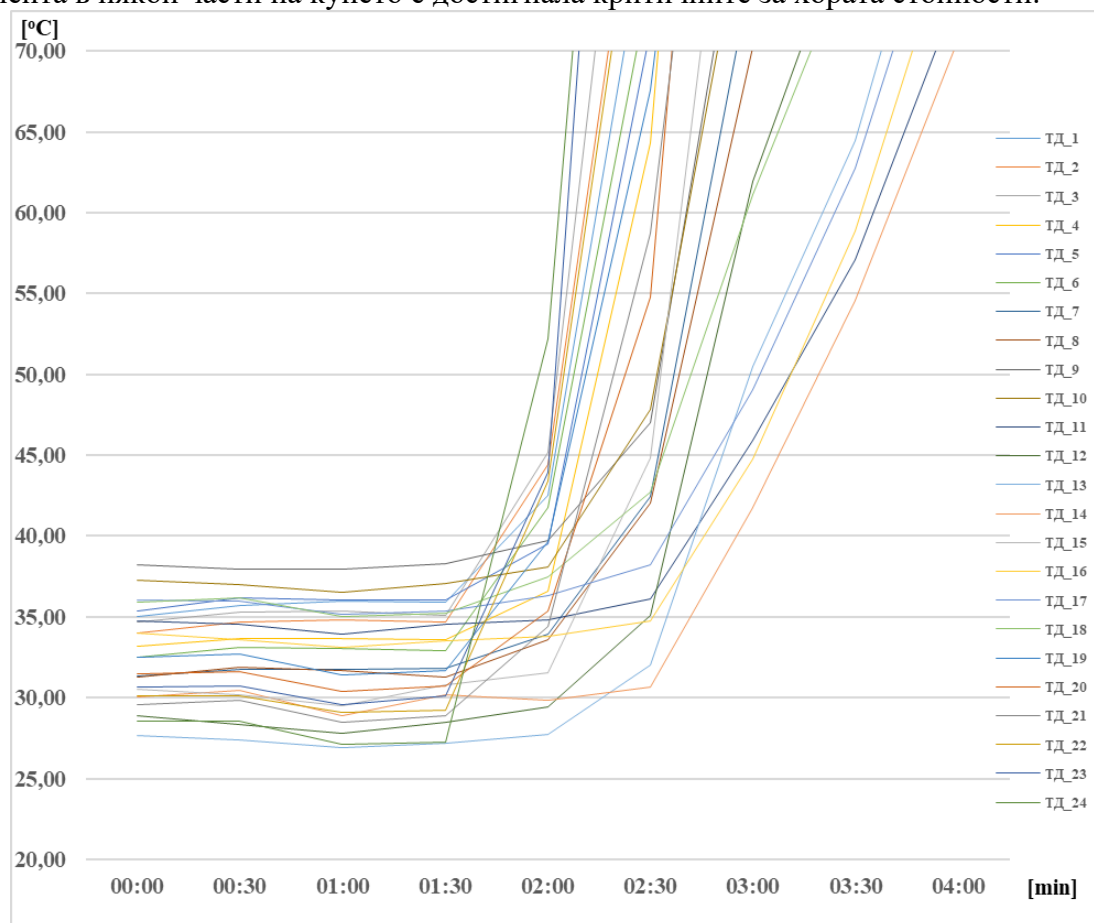
Наблюдател с хронометър на разстояние 15 m по хоризонтала, мерено от равнината на наблюдавания обект отбелязва времето, за което спира да различава белите полета на листа и разстоянието, на което се намира. След което се премества по направление на купето, така че отново да може да различи белите полета. Процедурата се повтаря докато наблюдателят не стигне до вратата на купето. По този начин се отчитат и на практика и оптичските качества на човешкото око.

Начертава се графика, чийто максимален диапазон е съобразен с данните посочени в справочната литература. По абсцисата се нанасят разстоянията до обекта – максимум 15 m, стъпка 3 m, а по ордината се нанасят стойностите на коефициента на загуба на видимост определен в лабораторни условия – за максимум се взема $0,46 \text{ m}^{-1}$, тъй като тази стойност отговаря на критичната и съобразена с факта, че сред пътниците може да има възрастни, трудно подвижни хора и малки деца, стъпка – $0,1 \text{ m}^{-1}$.

На базата на анализа на тези данни може да се направи оценка за времето, за което се достигат критичните стойност на коефициента на загуба на видимост в купе на пътнически вагон.

Анализ на експерименталните данни:

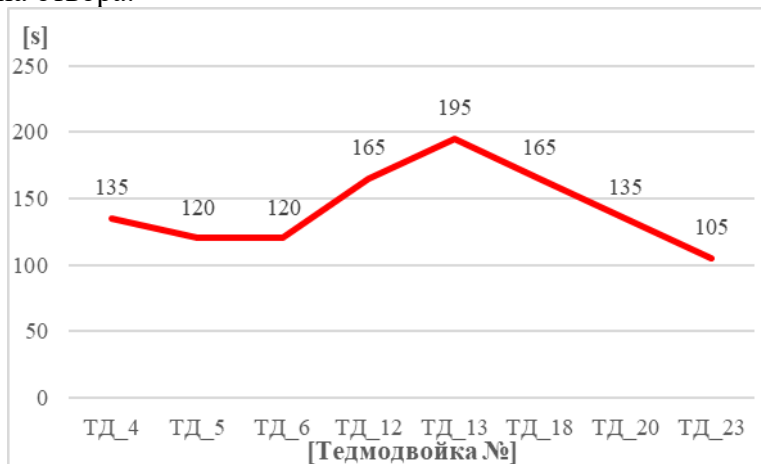
На фигура № 1 е представено изменението на температурата в купето от момента на запалване до момента, в който температурата в купето стига критичната за хората – 70°C . От графиката става видно, че температурата още на втората минута след началото на експеримента в някои части на купето е достигнала критичните за хората стойности.



Фигура № 1 - Изменение на температурата в купето от момента на запалване до момента, в който температурата в купето стига критичната за хората – 70°C .

На фигура № 2 е представено, в кой момент от развитието на пожара се достигат критичните значения на температурта за хората на височина 1,7 m от пода, която съответства на осредненото ниво на дихателните органи на човек в изправено положение. От графиката става видно, че критичната температура е достигната между 1 min 45 s и 3 min 15 s. Най-бързо

тази температура е достигната от термодвойката, разположена непосредствено до вратата, а най-бавно от тези до прозореца и на срещуположната стена от огнището на пожара. Противно на очакванията термодвойките, които са разположени непосредствено над огнището на пожара първи да отчетат критичната за хората температура, това не се случи. Причина за всичко това е, че единствените неплътности в купето са при врата и се получава пропускане на въздух отвън в долната част на купето, а горещите димни газове от пожара се изтласкват през горната част на отвора.



Фигура № 2 - Достигане на температура 70°C на височина 1,7 m от пода

На фигура № 3 е показано изменението на наличието на кислород и изследваните газове, продукти на горенето.

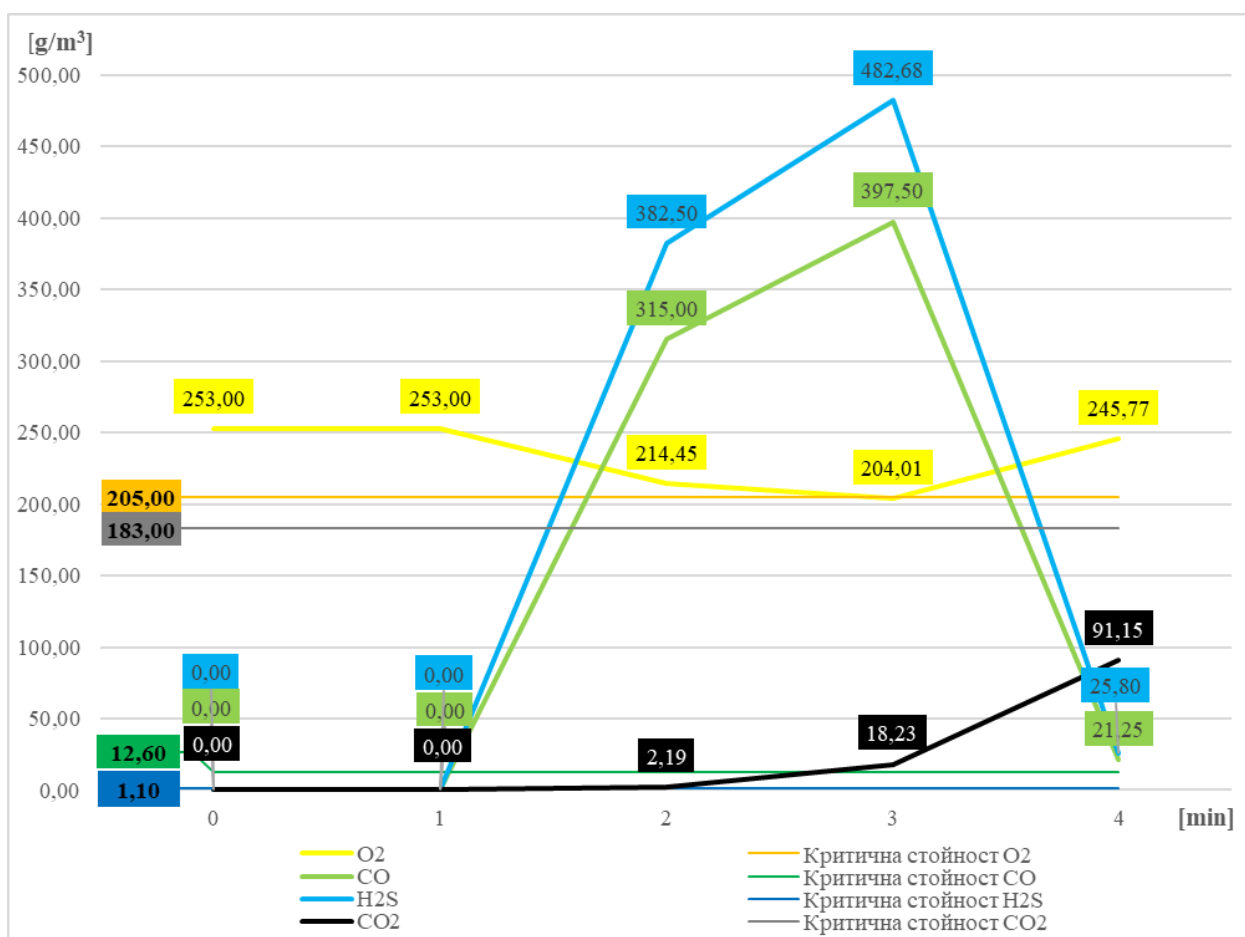
На фигура 3 с жълт цвят е показано намаляването на количеството на кислорода в течение на времето. По време изпитанието минималното количеството на кислорода в обема на купето бе достигнато три минути и половина след началото на експеримента. След това следва повишаване на количеството на кислорода, тъй като се отваря вратата.

От проведените експерименти относно токсичността на димните газове могат да се посочат резултати за три от тях, тъй като при отчитането на показанията не можаха да бъдат свалени данните за циановодорода и азотните окиси.

На фигура № 3 със зелен цвят е показано изменението на концентрацията на въглеродния оксид в течение на времето. От нея става видно, че критичните за хората значения се достигат още на първата минута от началото на изпитанието като на третата минута концентрацията на въглеродния оксид в обема на купето превишава с около двадесет и пет пъти критичната.

На фигура № 3 с черен цвят е показано изменението на концентрацията на въглеродния диоксид в течение на времето. Както става видно по време на експеримента в обема на купето не е достигната критичната за хората концентрация. Това е единственият продукт на горенето, който продължава да увеличава своята концентрация след отварянето на вратата. Този резултат потвърждава напълно експерименталните резултати от проведените към момента опити от редица изследователи в областта на пожарната безопасност при опити свързани с определянето на концентрацията на въглеродния диоксид при пожар в затворен обем. Опасността на този димен продукт се заключава във факта, че при експозиция предизвиква учестване на дишането като по този начин способства за по-бързото и в по-големи количества проникване на токсичните вещества в човешкия организъм.

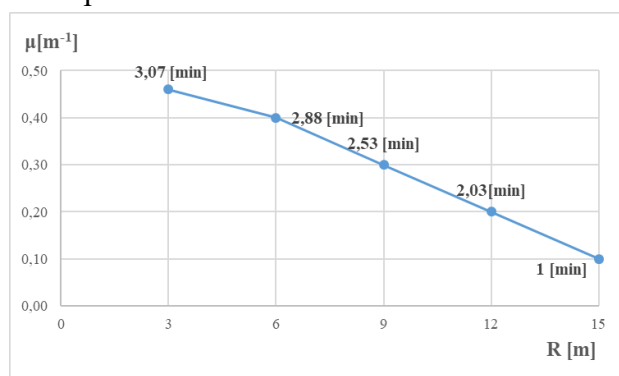
На фигура № 3 със син е показано изменението на концентрацията на сероводорода в течение на времето. При анализа на резултатите от експеримента става ясно, че леталната концентрация се достига след първата минута от началото на опита. На втората минута концентрацията на горепосочения токсичен компонент превишава триста четиресет и седем пъти леталната, а на третата минута завишението е с около четиристотин тридесет и девет пъти.



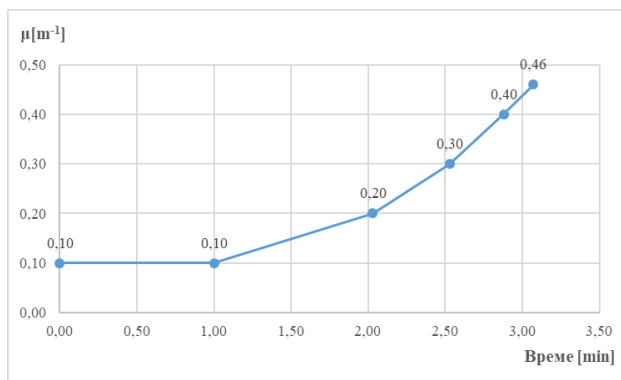
Фигура № 3 - Изменение наличието на кислород и изследваните газове, продукти на горенето, в обема на купето

На фигура № 4 са маркирани времената, за които коефициентът на загуба на видимост придобива конкретна стойност като по абсцисата са насени стойностите на коефициента, а по ордината е нанесено разстоянието, на което отговарят тези стойности.

На фигура № 5 е представено изменението на коефициента на загуба на видимост в течение на времето. От графиката става видно, че няма рязка загуба на видимост, а това става плавно и поетапно. Поради малкият обем на помещението този опасен фактор на пожара не е най-критичен.

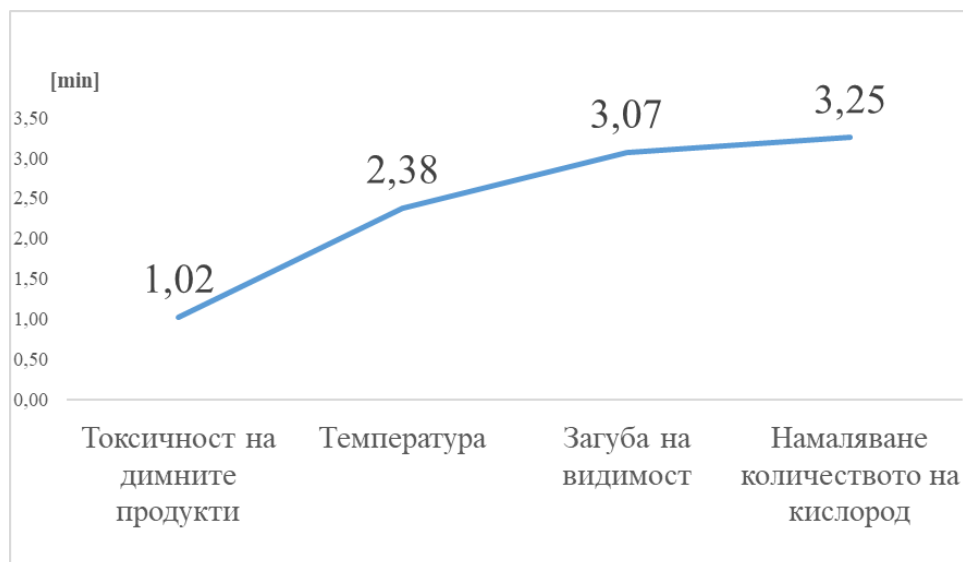


Фигура № 4 - Времена, за които коефициентът на загуба на видимост придобива конкретна стойност



Фигура № 5 - Изменение на коефициента на загуба на видимост в течение на времето

Като заключение на фигура № 6 са представени времената за достигане на критичните стойности на различните опасни фактори на пожара. От нея е видно, че първо се достигат опасните за хората стойности по отношение на токсичността на димните продукти.



Фигура № 6 - Времена за достигане на критичните стойности на различните опасни фактори на пожара

ИЗВОДИ

От направеното изследване могат да се направят следните изводи и заключения:

Опасният фактор на пожара, който първи достига своето критично значение е токсичност на димните продукти – едва една минута след запалването. Това изключително много затруднява навременната евакуация на пътниците. Това би създавало изключително тежка ситуация, особено ако евентуален пожар възникне в тъмната част на денонощието, когато пътниците е възможно да са заспали. Опасният фактор на пожара висока температура също достига критичната си стойност изключително бързо – малко след втората минута. Загубата на видимост достига критични стойности около третата минута, но изследването е проведено в светлата част на денонощието, което се явява притеснителен резултат. В случай на възникнал пожар в тъмната част на денонощието този опасен фактор би достигнал критичното си значение изключително бързо.

Като заключение може да се посочи, че евакуацията от купе на пътнически вагон би трябвало да се извърши не по-късно от 45 s след възникването на пожар в него.

REFERENCES

Arnautski, G., 2014, Some trends in the development of passenger rail transport. Railway Magazine, 9, 4-7 (**Оригинално заглавие:** Арнаутски, Г. 2014. Някои тенденции в развитието на пътническите железопътни превози. сп. Железопътен транспорт, 9, 4-7);

Dimitrov, St., 2014. Fire safety of buildings and constructions. Sofia: Aleksandra-Bakiev Ltd. (**Оригинално заглавие:** Димитров, Ст., 2014. Пожарна безопасност на сгради и строителни съоръжения. София. „Александра-Бакиев“ ЕООД);

Chizhikov, Vl., 1989, Physico-chemical methods of combating smokiness in fires. Moscow: VNIIPPO-MVD (**Оригинално заглавие:** Чижиков, Вл., 1989. Физико-химические способы борьбы с задымленностью при пожарах. Москва. ВНИИПО-МВД)