

## О характере разрушения полимерных канистр при взрывах различных сред

И.С. Таубкин, А.В. Ахачинский, А.Р. Саклантй<sup>1</sup>, Ю.А. Роботько<sup>1</sup>, А.Ф. Кожухов, В.В. Гуленков

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы имени профессора А.Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 101000, Россия

**Аннотация.** Характер разрушения полимерных канистр, обнаруженных на местах взрывов, может нести информацию о природе взорвавшейся среды – газо- или паровоздушной смеси, либо конденсированного взрывчатого вещества.

В связи с тем, что в доступной технической литературе отсутствовали данные о характере разрушения полимерных канистр при взрывах различной природы, экспертами при производстве экспертизы по одному из уголовных дел были проведены специальные исследования, результаты которого представлены в предлагаемой статье.

**Ключевые слова:** *судебная взрывотехническая экспертиза, канистры, разрушение, фрагменты, осколки, ацетон, диэтиловый эфир, воспламенитель, электродетонатор, поверхность излома*

**Для цитирования:** Таубкин И.С., Ахачинский А.В., Саклантй А.Р., Роботько Ю.А., Кожухов А.Ф., Гуленков В.В. О характере разрушения полимерных канистр при взрывах различных сред // Теория и практика судебной экспертизы. 2025. Т. 20. № 1. С. 96–103.

<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2025-1-96-103>

## On Fracture Pattern of Polymer Canisters at Explosion of Various Media

Igor' S. Taubkin, Aleksandr V. Akhachinskii, Aleksandr R. Saklantii<sup>1</sup>, Yurii A. Robot'ko<sup>1</sup>,  
Aleksandr F. Kozhukhov, Viktor V. Gulenkov

<sup>1</sup> The Russian Federal Centre of Forensic Science named after Professor A.R. Shlyakhov of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 101000, Russia

**Abstract.** The fracture pattern of polymer canisters found at an explosion site may contain information on the nature of an exploded medium – gas or an air-vapor mixture or a condensed explosive substance. Due to the fact there was no data in the available technical literature on the fracture pattern of polymer canisters' explosions of various nature, experts conducted special studies under examination of one of the criminal cases the results of which are presented in this article.

**Keywords:** *forensic explosive examination, canisters, fracture, fragments, chips, acetone, diethyl ether, igniter, electric detonator, fracture surface*

**For citation:** Taubkin I.S., Akhachinskii A.V., Saklantii A.R., Robot'ko Yu.A., Kozhukhov A.F., Gulenkov V.V. On Fracture Pattern of Polymer Canisters at Explosion of Various Media. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2025. Vol. 20. No. 1. P. 96–103. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2025-1-96-103>

### Введение

Характер разрушения полимерных канистр, обнаруженных на местах взрывов, может нести информацию о природе взорвавшейся среды – газо- или паровоздушной смеси, либо конденсированного взрывчатого вещества.

В связи с тем, что в доступной технической литературе отсутствовали данные о характере разрушения полимерных канистр при взрывах различной природы, экспертами при производстве экспертизы по одному из уголовных дел были проведены специальные исследования, результаты которого представлены в предлагаемой статье.

При осмотре места происшествия в одноэтажном доме в строительном мусоре, извлеченном после взрыва из его подвала, была обнаружена полимерная канистра емкостью 10 л черного цвета, а также большое количество разнообразных по форме фрагментов (осколков) из полимера такого же цвета (рис. 1).

По данным следствия, в подвале дома могли находиться канистры емкостью 10 л производства филиала Балашихинского опытного химического завода

Канистры, полученные следствием для производства экспертизы с этого завода, по внешнему виду, конструкции, габаритам, форме, цвету (черный), рельефному изображению (тиснению) на их боковых стенках

полностью соответствовали показателям канистры, извлеченной из подвала дома. Материал, из которого были изготовлены канистра с места происшествия и канистры с завода (по данным специальных физико-химических исследований) представлял собой плотный полиэтилен.

Визуальный осмотр и исследование фрагментов (осколков), найденных в подвале, показали, что они:

- изготовлены из того же материала, что и канистры;
- имеют значительное количество трещин и шероховатую поверхность изломов – в виде «рваных краев».

На одном из таких фрагментов сохранилась ручка и деформированная горловина с резьбой (рис. 2), напоминающие такие же части корпуса канистр. Поверхность объекта имела множественные повреждения («просечки»), в некоторых ее местах имелись внедренные мелкие частицы металла. Диаметр горловины, шаг ее резьбы и толщина ручки соответствовали аналогичным параметрам не разрушенной канистры из подвала дома и канистр с завода.

Вышеприведенные данные позволили утверждать, что до разрушения этот объект, а также другие фрагменты (осколки) представляли собой полимерную канистру емкостью 10 л, изготовленную на Балашихинском опытном химическом заводе.



**Рис. 1.** Общий вид фрагментов канистры, найденных в подвале дома  
**Fig. 1.** General view of the canister fragments found in the house basement



**Рис. 2.** Фрагмент с ручкой и деформированной горловиной с резьбой.

Стрелками показаны вкрапления частиц металла

**Fig. 2.** A fragment with a handle and a deformed neck with a thread.

The arrows show the inclusions of metal particles

Экспертам необходимо было решить вопрос о природе вещества, взрыв которого привел к разрушению канистры, осколки которой были найдены в подвале.

### Исследование

1. Из числа хранившихся в полуподвале дома горючих жидкостей наиболее вероятным источником образования взрывоопасной паровоздушной смеси в канистрах мог быть ацетон (диметилкетон,  $C_3H_6O$ ). Поэтому взрыв его паров в канистре был первой экспертной версией, которую необходимо было проверить.

Исследование характера разрушения канистр при взрывах и сжигании в них различных сред проводили на полигоне в г. Великие Луки, средства на создание которого были выделены Министерством легкой промышленности СССР в связи с взрывами

на Житомирском, Великолукском, Вяземском и Димитровградском льнокомбинатах и необходимостью изучения пожаровзрывоопасности их аспирационных систем. В дальнейшем полигон использовался не только для исследования пожаровзрывоопасности оборудования различных производств Минлегпрома СССР, а затем и России, но для проведения экспертных экспериментов по фактам взрывов на различных объектах страны.

Весь комплекс организационных (аренда территории, электроснабжение, телефонизация, водопровод и снабжение необходимыми материалами) и технических (проектирование оборудования, его изготовление и монтаж, в том числе контрольно-измерительных приборов, строительство электроподстанции, аэродинамического стенда и стенда пожаротушения) вопро-

сов был успешно решен под руководством зав. сектором исследования проблем пожаровзрывобезопасности в промышленности и на транспорте Всесоюзного научно-исследовательского института судебных экспертиз (ВНИИСЭ) Министерства юстиции СССР к. т. н. И.С. Таубкина и главного механика Великолукского льнокомбината А.Ф. Кожухова.

Главным оператором полигона был старший научный сотрудник указанного сектора ВНИИСЭ А.В. Ахачинский, высокая квалификация которого во многом способствовала успешному проведению испытаний на полигоне. Обязанности главного механика полигона исполнял В.В. Гуленков.

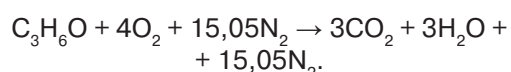
В взрывных испытаниях различного оборудования принимали участие сотрудники сектора: к. т. н. Л.И. Семенов Л.И., к. т. н. Ю.Н. Панарин, к. т. н. А.Р. Саклантй и Ю.А. Роботко.

При испытаниях использовали диэтиловый эфир ( $C_4H_{10}O$ ), по пожароопасным свойствам (теплота сгорания, скорость испарения, температурные пределы распространения пламени, параметры взрыва) несколько превосходящий ацетон [1], что позволило получить в ходе экспериментов более высокие параметры взрыва.

Паровоздушную смесь в канистрах получали путем испарения в течение 15 мин налитых в канистру 2 мл ацетона или эфира (канистра в это время закрывалась крышкой, встряхивалась и переворачивалась). Такие количества ацетона и эфира, как показывают расчеты, позволяют получить в канистрах концентрации паровоздушных смесей, близкие к стехиометрическим, для которых характерны максимальные параметры взрыва – избыточное давление и скорость его нарастания.

Количество горючего, соответствующее стехиометрической концентрации его смеси с воздухом, определяли по уравнению химической реакции полного окисления горючего.

Реакция горения ацетона в воздухе при содержании в нем 21%<sub>об</sub> кислорода может быть записана следующим образом:



Реакция горения диэтилового эфира:



Для создания стехиометрической смеси с воздухом в канистрах объемом 10 л, в соответствии с приведенными уравнениями, необходимо было испарить 1,29 г ацетона, что при температуре 20 °С составляет 1,64 мл, либо 1,11 г диэтилового эфира (1,56 мл при температуре 20 °С). Воспламенение смесей производили электровоспламенителем МБ-2Н, помещаемом в навеску дымного ружейного пороха массой 0,5 г и располагаемом внутри канистры у ее горловины.

Были также проведены испытания по разрушению канистр при быстром нагружении их избыточным давлением воздуха, перепускаемого в канистру из ресивера, а также при сгорании в канистре навески (10 г) дымного ружейного пороха.

Параметры нагружения, при которых происходило разрушение канистр (избыточное давление и скорость его нарастания в момент разрушения), регистрировали при помощи датчиков давления ДД-10, сигнал от которых фиксировали шлейфовым осциллографом Н-117. Датчик давления устанавливали на переходнике, плотно закрывающем горловину канистры. В ходе одного из экспериментов через его отверстие в канистру подавали сжатый воздух, в других опытах отверстие заглушалось.

Были также проведены испытания канистр, горловина которых не была закрыта, – при сжигании внутри канистры у горловины воспламенителя МБ-2Н с навеской пороха массой 0,5 г и при зажигании таким же воспламенителем ацетоно-воздушной смеси.

Результаты испытаний приведены в таблице.

При перепуске в канистру сжатого воздуха из ресивера давление и скорость его нарастания в ней составили, соответственно, 280 кПа и 5600 кПа/с. При этом произошел разрыв одной боковой поверхности по всей высоте канистры.

Необходимо отметить, что в «естественных» условиях – при испарении жидкости из канистры с последующим образованием паровоздушной смеси в помещении и ее воспламенением от внешнего источника – пламя попадает в канистру через открытую горловину. Поэтому опыты с закрытой горловиной создают весьма жесткие условия взрывного нагружения канистр, которые в «естественных» условиях не могут реализоваться.



**Таблица. Результаты испытаний**  
**Table. Test findings**

| №№ | Состояние горловины канистры | Нагружение канистры продуктами сгорания | Параметры нагрузки при разрушении канистры |                                     | Характер разрушений канистры                             |
|----|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|    |                              |                                         | Давление, кПа                              | Скорость нарастания давления, кПа/с |                                                          |
| 1  | Закрыта                      | Ацетоно-воздушной смеси                 | 240                                        | 9300                                | Разрыв одной боковой поверхности по всей высоте канистры |
| 2  | Закрыта                      | Эфирно-воздушной смеси                  | 240                                        | 11200                               | То же                                                    |
| 3  | Закрыта                      | Навески пороха массой 10 г              | 250                                        | 13500                               | То же                                                    |
| 4  | Открыта                      | Ацетоно-воздушной смеси                 | -                                          | -                                   | Сквозная трещина длиной 3 мм на боковой поверхности      |
| 5  | Открыта                      | Воспламенителя                          | -                                          | -                                   | Не разрушилась                                           |

Экспериментальные исследования показали, что полиэтиленовые канистры при сгорании в них паровоздушных смесей и навесок пороха не разрушаются на отдельные фрагменты как при закрытой, так и открытой горловине канистры. Во всех случаях разрушение происходит в виде одиночного разрыва по боковой поверхности: при закрытой горловине – по всей высоте канистры (рис. 3), а при открытой – на очень небольшую длину (рис. 4), при этом линия разрыва плавно меняет направление. Таким образом, характер разрушения канистр полностью отличается от характера разрушения остатков канистры, обнаруженной на месте взрыва.

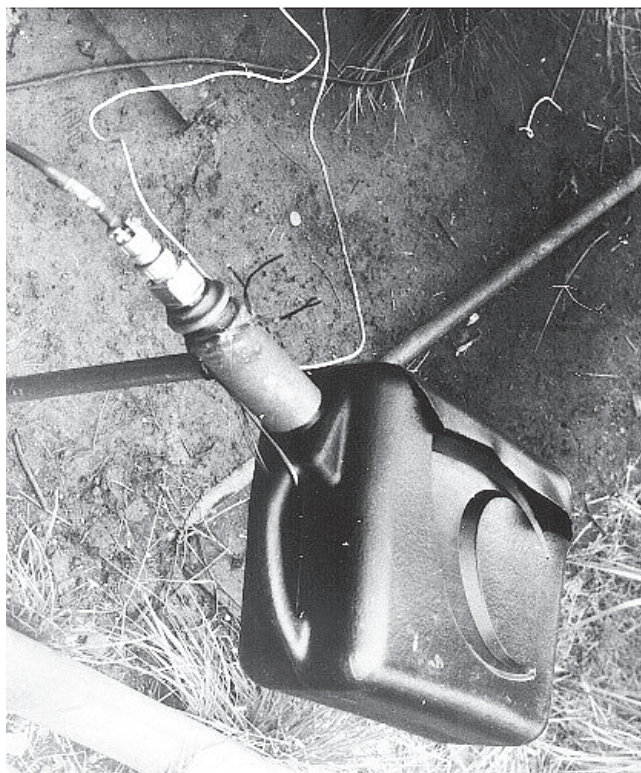
2. В связи с тем, что в подвале нашли значительное количество осколков канистры, что свидетельствовало о весьма высокой скорости ее нагружения, было решено подвергнуть неповрежденные канистры воздействию взрыва зарядов конденсированного взрывчатого вещества (далее – ВВ). Эксперименты проводили при подрыве заряда ВВ внутри канистры и снаружи нее, причем как пустых канистр, так и канистр, заполненных водой.

#### **Эксперимент с подрывом заряда ВВ внутри канистры**

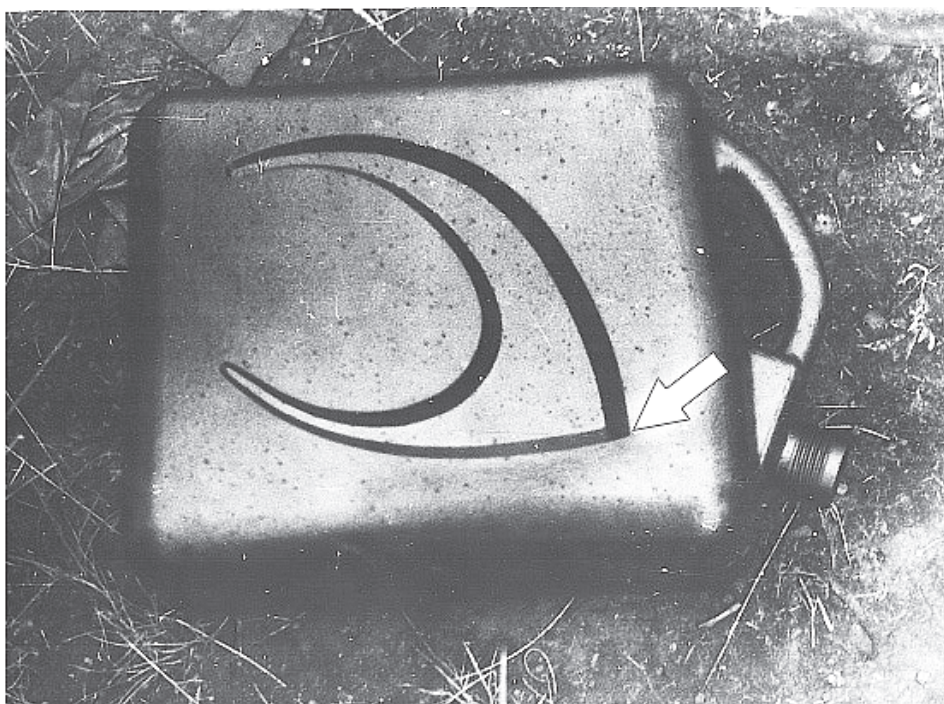
При подрыве пустых канистр использовали цилиндрические заряды диаметром 30 мм и высотой 18 мм из флегматизированного гексогена массой 22,5–22,7 г, иницирование которых производили электродетонаторами ЭДП.

1. Заряд ВВ опускали внутрь стоящей пустой канистры через ее горловину на расстояние около 120 мм от верхнего края горловины. При этом канистра была наклонена примерно на 30° с целью размещения заряда ВВ ближе к ее центру, на приблизительно равных расстояниях от противоположных стенок. В результате взрыва канистра была разрушена на большое количество фрагментов: 10 крупных (среди которых ручка канистры и участок возле ее горловины) и около 20 мелких.

Крупные осколки образовывались из торцевой, донной и средних частей боковых стенок (в районе тисненного рисунка) канистры. Более интенсивное дробление наблюдалось в районах углов и граней. При этом характер полученных осколков был весьма сходен с характером осколков



**Рис. 3.** Разрушение канистры с закрытой горловиной при взрыве в ней ацетано-воздушной смеси  
**Fig. 3.** Fracture of a canister with a closed neck at explosion of an acetone-air mixture in it



**Рис. 4.** Разрушение канистры с открытой горловиной при взрыве в ней ацетано-воздушной смеси.  
Стрелкой показана трещина  
**Fig. 4.** Fracture of a canister with an open neck at explosion of an acetone-air mixture in it.  
The arrow shows a crack

канистры, извлеченных из подвала дома. Фрагмент канистры с ручкой и горловиной по своим размерам и форме оказался практически точной копией аналогичного фрагмента (рис. 2), обнаруженного на месте происшествия.

2. При внутреннем подрыве канистры, заполненной водой, использовали заряды из порошка не флегматизированного гексогена массой 50,0 г. Навеску гексогена оборачивали полиэтиленовой пленкой, при этом заряд имел форму, близкую к эллипсоиду, диаметром около 30 мм и высотой около 50 мм (плотность заряда – около 0,9 г/см<sup>3</sup>). Иницирование взрыва заряда производили электродетонатором ЭД-8.

В стоящую канистру, заполненную водой до верха, через горловину опускали заряд ВВ с детонатором; во избежание всплытия заряд привязывали к тонкой деревянной рейке и фиксировали на высоте 200 мм от дна на примерно равном расстоянии от противоположных стенок канистры.

В результате взрыва канистра разрушилась на 6 крупных и около 20 мелких фрагментов. Степень разрушения была аналогична степени разрушения пустой канистры – разрыв на большое количество осколков. При этом размеры и форма крупных фрагментов, образовавшихся из торцевых, донной и боковых стенок канистры, были примерно такими же, как и при подрыве пустой канистры.

#### **Эксперимент с подрывом заряда ВВ снаружи канистры**

В установленную на дно канистру наливали около 8,5 л воды (до уровня верха рисунка, тисненного на боковой стенке канистры), а заряд ВВ подвешивали на высоте 150 мм от дна и 20 мм от боковой стенки. Он был обращен к канистре боковой стороной, а электродетонатор был расположен вертикально.

Подрыв заряда ВВ привел к образованию в прилегавшей к заряду боковой стенке канистры трещин и пробоины с рваными краями. Ее размеры составили 200 мм в вертикальном направлении и 50–110 мм в горизонтальном. Образование в этом случае в стенке канистры пробоины эллипсоидной формы, в отличие от прямоугольной пробоины при подрыве пустой канистры (когда использовался цилиндрический заряд ВВ), объяснялся формой использованных зарядов ВВ [2].

Кроме указанной пробоины канистра получила дополнительные повреждения следующего характера: в середине боковой стенки в вертикальном направлении выше и ниже пробоины образовались разрывы в виде плавных, неразветвленных линий. Такой же разрыв прошел по середине дна канистры вдоль имевшегося технологического шва, а несколько разрывов – по краям тисненных на обеих боковых стенках рисунков. Имелись небольшие разрывы такой же формы по углам канистры.

Очевидно, что разрывы в виде плавных, без разветвлений линий образовались вследствие гидроудара, вызванного воздействием на воду, заполнявшую канистру, детонации заряда ВВ. При этом импульсное избыточное давление, возникшее в воде, являющейся практически несжимаемой жидкостью, быстро и равномерно распространилось во всех направлениях, что вызвало примерно одинаковое по интенсивности разрушение по плавным линиям во всех частях канистры.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что повреждения канистры, аналогичные образовавшимся при взрыве в подвале дома, получают при взрыве внутри нее заряда ВВ типа гексогена массой от 20–25 г (пустая канистра) до 50 г (канистра, заполненная жидкостью).

При экспериментальных подрывах зарядов ВВ электродетонаторами ЭДП образовавшиеся из их корпусов мелкие алюминиевые осколки не обладали энергией, необходимой для пробития стенок полиэтиленовой канистры – в местах их внедрения в стенках образовывались мелкие кратеры без сквозного пробития; при использовании же детонаторов ЭД-8 наблюдалось образование сквозных отверстий.

При подрыве заряда в заполненной канистре практически все осколки гильзы детонатора ЭД-8 были заторможены водой и, как следствие, на внутренних поверхностях ее фрагментов следы осколочного действия отсутствовали.

#### **Заключение**

Суммируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. При взрыве (взрывном сгорании) внутри канистры паровоздушной смеси ацетона или диэтилового эфира с концентраци-



ей, близкой к стехиометрической, а также навески дымного ружейного пороха массой 10 г, разрушения канистры емкостью 10 л на отдельные фрагменты не происходит – как при закрытой, так и при открытой ее горловине. Повреждение имеет вид одиночного разрыва стенки по боковой поверхности канистры – по всей ее высоте, если горловина закрыта, или на небольшой длине в случае открытой горловины канистры.

2. При взрыве заряда ВВ внутри канистры последняя разрушается на большое количество фрагментов с разветвленными трещинами и с шероховатой поверхностью разру-

шения как в случае с пустой канистрой, так и при ее заполнении примерно на  $\frac{3}{4}$  водой.

При наружном подрыве заряда ВВ, расположенного вблизи пустой канистры, в ее стенке, обращенной к заряду, возникает пробоина, форма которой соответствует форме заряда и имеет шероховатую поверхность излома. При наличии в канистре воды за счет гидроудара происходит дополнительное разрушение стенок.

3. Разрушение канистры, осколки которой были найдены в подвале дома, было следствием взрыва заряда ВВ, расположенного в самой канистре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов А.И., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. [и др.]. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд.: в 2-х кн. М.: Химия, 1990.
2. Физика взрыва / Под ред. К.П. Станюковича. 2-е изд. М.: Наука, 1975. 704 с.

#### REFERENCES

1. Baratov A.I., Korolchenko A.Y., Kravchuk G.N. *et al. On Fire and Explosion Hazard of Substances and Materials and their Extinguishing Agents. Reference Edition: in 2 books.* Moscow: Khimiya, 1990. (In Russ.).
2. *Physics of Explosion* / K.P. Stanukovich (ed.). 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: Nauka, 1975. 704 p. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Таубкин Игорь Соломонович** – к. т. н., почетный сотрудник Министерства юстиции Российской Федерации, почетный член совета ветеранов Следственного комитета Российской Федерации, академик Национальной академии наук пожарной безопасности; e-mail: igor-tau@mail.ru

**Ахачинский Александр Владиславович** – старший научный сотрудник Всесоюзного института судебных экспертиз Минюста СССР

**Саклантй Александр Робертович** – к. т. н., главный государственный эксперт отдела пожарно-технической, взрывотехнической и взрывотехнологической экспертизы ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России;

e-mail: oeipv@sudexpert.ru

**Роботко Юрий Александрович** – заместитель начальника отдела пожарно-технической, взрывотехнической и взрывотехнологической экспертизы ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России;

e-mail: oeipv@sudexpert.ru

**Кожухов Александр Федорович** – главный механик Великолукского льнокомбината

**Гуленков Виктор Васильевич** – механик Великолукского льнокомбината, главный механик полигона

#### ABOUT THE AUTHORS

**Taubkin Igor' Solomonovich** – Candidate of Engineering, Honorary Employee of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Honorary Member of the Council of Veterans of the Investigative Committee of the Russian Federation; Academician of the National Academy of Fire Safety Sciences; e-mail: igor-tau@mail.ru

**Akhachinskii Aleksandr Vladislavovich** – Senior Researcher at the All-Union Institute of Forensic Examinations of the USSR Ministry of Justice

**Saklantiy Aleksandr Robertovich** – Cand. Sc. (Engineering), Chief State Expert, Department of Fire-Technical and Explosives Examination of the Russian Federal Centre of Forensic Science named after professor A.R. Shlyakhov of the Ministry of Justice of the Russian Federation;

e-mail: oeipv@sudexpert.ru

**Robot'ko Yurii Aleksandrovich** – Deputy Head of Department of Fire-Technical and Explosives Examination of the Russian Federal Centre of Forensic Science named after professor A.R. Shlyakhov of the Ministry of Justice of the Russian Federation; e-mail: oeipv@sudexpert.ru

**Kozhukhov Aleksandr Fedorovich** – Chief Mechanic of the Velikiye Luki Flax Mill

**Gulencov Viktor Vasil'evich** – Mechanic of the Velikiye Luki Flax Mill, Chief Mechanic of the test site

Статья поступила: 20.01.2025  
После доработки: 10.02.2025  
Принята к печати: 21.02.2025

Received: January 20, 2025  
Revised: February 10, 2025  
Accepted: February 21, 2025