

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

В. П. Спиридонов<sup>✉</sup>, А. А. Копылов, О. В. Двоенко, А. Ю. Дмитриев

*Академия Государственной противопожарной службы Министерства РФ  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий  
стихийных бедствий, 129366, г. Москва, Российская Федерация*

✉ [svp-vak@mail.ru](mailto:svp-vak@mail.ru)

**Аннотация.** Проведен анализ и представлены статистические данные по частоте возникновения опасных техногенных явлений в нефтегазовой отрасли, пожарам и взрывам в зависимости от объекта возникновения, причинам возникновения пожаров и взрывов на объектах складов нефти и нефтепродуктов. Впервые получены результаты испытаний дистанционной работы лазерным лучом на расстоянии 50 и 100 м до тестового объекта. Установлено, что МЧС России сталкивается с проблемой обеспечения пожарной безопасности и ликвидации ЧС на объектах нефтегазовой промышленности. Показано, что дистанционное применение лазерных технологий при проведении аварийно-спасательных работ обладает возможностью дополнительного преимущества по обеспечению безопасности для пожарных и спасателей. Определено, что внедрение лазерных систем в аварийно-спасательные работы в зоне чрезвычайных ситуаций является актуальным направлением и требует дальнейших исследований. Выявлено, что для обеспечения безопасности эксплуатации нефтегазового оборудования и трубопроводов в нефтегазодобывающей отрасли необходимо внедрение новых технологий и применение лазерных установок. Авторы статьи предлагают применение лазерного комплекса «ZORKA-1300» на объектах топливно-энергетического комплекса.

**Ключевые слова:** нефтегазовая промышленность, чрезвычайные ситуации, пожар, взрыв, лазерные системы

**Для цитирования:** Спиридонов ВП, Копылов АА, Двоенко ОВ и др. Применение лазеров при чрезвычайных ситуациях в топливно-энергетическом комплексе. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(1):С. 91-98. <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-91-98>.

**Благодарности:** Исследования проводились с использованием ресурсов Ростехнадзора и МЧС России.

## THE USE OF LASERS IN EMERGENCY SITUATIONS IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

V. P. Spiridonov<sup>✉</sup>, A. A. Kopylov, O. V. Dvoenko, A. Y. Dmitriev

*Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and  
Elimination of Consequences of Natural Disasters, 129366, Moscow, Russian Federation*

✉ [svp-vak@mail.ru](mailto:svp-vak@mail.ru)

**Annotation.** The article analyzes and presents statistical data on: the frequency of occurrence of dangerous man-made phenomena in the oil and gas industry; fires and explosions depending on the object of occurrence; causes of fires and explosions at oil and petroleum products warehouses. For the first time, the results of tests of remote operation with a laser beam at a distance of 50 and 100 meters to the test object have been obtained. It has been established that the Ministry of Emergency Situations of Russia is facing the problem of ensuring fire safety and emergency response at oil and gas industry facilities, and the remote use of laser technologies during emergency rescue operations has the possibility of additional safety advantages for firefighters and rescuers. It is determined that the introduction of laser systems in emergency rescue operations in the emergency zone is an urgent area and requires further research. It has been revealed that in order to ensure the safety of operation of oil and gas equipment and pipelines in the oil and gas industry, it is necessary to introduce new technologies and use laser installations. The authors of the article propose the use of the ZORKA 1300 laser complex at the facilities of the fuel and energy complex.

**Keywords:** oil and gas industry, emergencies, fire, explosion, laser systems

**For citation:** Spiridonov VP, Kopylov AA, Dvoenko OV, et al. The use of lasers in emergency situations in the fuel and energy complex. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(1):91-98. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-91-98>.

**Acknowledgments:** The research was carried out using the resources of Rostekhnadzor and the Ministry of Emergency Situations of Russia.

### Введение

**Т**опливные ресурсы обеспечивают энергией не только всю промышленность любой страны мира, но и практически все сферы человеческой жизнедеятельности. Важнейшей частью топливно-энергетического комплекса России является нефтяной и газовый сектор. Нефтегазовая отрасль – это комплексы промышленных предприятий по добыче, транспортировке, переработке и распределению конечных продуктов переработки нефти и газа. Это одна из мощнейших отраслей Российской Федерации, в значительной степени формирующая бюджет и платежный баланс страны, обеспечивающая валютные поступления и поддержание курса национальной валюты.

Российская Федерация располагает огромным углеводородным потенциалом. Нефтегазовая отрасль России входит в число ведущих в мире, полностью обеспечивает внутренние текущие и перспективные потребности в нефти, природном газе, продуктах их переработки. Значительное количество углеводородных ресурсов и их продуктов поставляется на экспорт, обеспечивая пополнение валютного запаса. Россия занимает второе место в мире по объему запасов жидких углеводородов с долей порядка 10 %. Запасы нефти разведаны и освоены в недрах 35 субъектов РФ.

Промышленные объекты нефтегазодобывающей сферы занимают масштабные участки земли, характеризуются высокой взрывопожарной опасностью, в случае возникновения техногенной катастрофы способны нанести значительный ущерб биосфере и человеку. Обеспечение пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов от угроз различного характера является одной из важнейшей задачи МЧС России.

**Цель исследований:** анализ чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса. Определение возможности применения лазерных установок при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

### Методика исследований

Определение и оценка функциональных возможностей макета лазерной установки с учетом заявленных тактико-технических характеристик, а также определение области его применения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

### Результаты исследований

На основании промышленных испытаний подготовлены предложения для конструктивной доработки макета лазерной установки «ZORKA-1300» и его оценки при проведении аварийных работ по дистанционному резу различных материалов и конструкций.

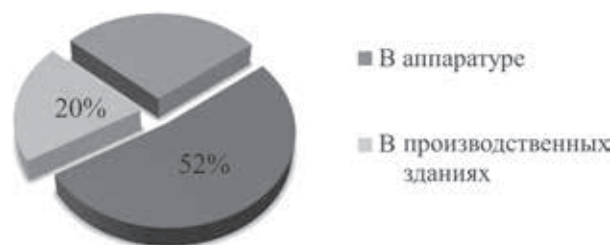
### Анализ пожаров и чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазовой добывающей промышленности

В ходе статистического анализа было установлено, что с течением времени ситуация с пожарами в стране не улуч-

шается. По статистическим данным источника [1], с 2013 по 2017 год произошло 100 опасных техногенных явлений на нефтеперерабатывающем комплексе РФ в виде взрывов (36), пожаров (31), выбросов опасных веществ в атмосферу (33). С 2018 по 2021 год количество пожаров увеличилось с 765 и возросло до 894.

Например, с 2019 года количество возникших возгораний выросло больше чем в два раза, нежели чем было в 2018-м, потому что с 2019 года изменился нормативный подход учета пожаров. Исходя из этого можно сделать вывод, что постепенное развитие технологических процессов напрямую приводит человечество к потенциальной опасности.

Анализ характера и причин аварий в нефтегазовой промышленности показывает, что в последнее десятилетие большинство из них (около 95 %) связано со взрывами: 52 % – в аппаратуре, 20 % – в производственных зданиях и 28 % – на открытых технологических площадках (рис. 1).



**Рис. 1. Статистика взрывов в нефтегазовой промышленности в зависимости от объектов /**  
**Fig. 1. Explosion statistics in the oil and gas industry, depending on the facilities**

По данным МЧС за 2022–2023 годы, на объектах нефтегазовой отрасли из общего количества взрывов в 42,5 % случаев происходят взрывы сжиженных углеводородных газов. При залповых выбросах горючих 7 % не сопровождаются воспламенением, 35 % завершаются взрывами, в 23 % случаев взрывы сочетаются с пожарами, 34 % сопровождаются только пожарами. На объектах нефтепереработки произошло 23 пожара, на которых погиб 1 человек, еще 3 травмированы. В 2022 году на указанных объектах произошло 84 пожара, погибло 4 человека, 23 получили травмы, а в результате взрывов на объектах ТЭК погибло 49 человек. В 2022 году – 84 пожара, на которых погибло 4 человека, 23 получили травмы [1–3].

В связи с этим МЧС России сталкивается с проблемой обеспечения пожарной безопасности и ликвидации ЧС на объектах нефтегазовой промышленности [4, 5].

Пожары на объектах нефтепереработки характеризуются быстрой динамикой развития в начальной стадии, обусловленной наличием большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Успешное тушение пожаров на начальной стадии объектов нефтепереработки зависит в значительной степени от своевременного обнаружения возгорания, оповещения о нем пожарной охраны и технологии тушения и ликвидации в каждом конкретном случае [6].

Анализируя происшествия на объектах нефтегазовой промышленности в России за последние 10 лет, можно прийти к выводу, что наибольшее количество пожаров, по статистическим данным, приходится именно на объекты хранения нефтепродуктов – наземные резервуары типа РВС, порядка 93 %. Одновременно с количеством пожаров можно сделать утверждение, что пожары на наземных резервуарах типа РВС являются самыми крупными, наиболее сложными для ликвидации и несут колоссальный экономический ущерб предприятиям и экономике России, а иногда травмирование и гибель людей.

В реальности большинство пожаров на резервуарах начинается со взрыва паровоздушного облака с последующим горением нефтепродукта. При взрыве установки автоматического пожаротушения резервуаров низкоеффективны в условиях реального пожара, так как часто разрушаются ударной волной, и дальнейшее их использование не представляется возможным.

Необходимо рассмотреть вопрос о целесообразности и эффективности применения лазерных установок [7].

#### Ликвидация аварий на объектах нефтегазовой отрасли

Особую сложность при ликвидации техногенной чрезвычайной ситуации представляют собой пожары на газонефтяных фонтанах. Пламя на фонтанирующих скважинах может достигать катастрофических масштабов, распространяться на соседние буровые установки и сооружения. Это происходит в результате мощного теплового излучения от вертикального факела пламени высотой более 100 м и горящей вокруг него нефти, разлившейся на площади нескольких тысяч квадратных метров. Воспламенение фонтана сопровождается взрывообразным сгоранием газозавоздушной смеси в объеме газозавоздушной зоны, а при растекании нефти и конденсата горит вся поверхность этой зоны. В результате пожар может распространиться на другие объекты, расположенные в указанных зонах. Через 15–30 минут после воспламенения фонтана металлоконструкции в зоне воздействия пламени теряют несущую способность, деформируются и загромождают устье скважины искореженными конструкциями весом более 100 т (рис. 2).



Рис. 2. Авария на газовом месторождении с открытым фонтанированием /  
Fig. 2. An accident at an open-gushing gas field

Характерным для нефтяных и газовых фонтанов является то, что температура быстро, в течение нескольких минут, стабилизируется и достигает порядка 1200–1500 °С.

Величина тепловых потоков зависит от температуры пламени, дебита скважины, вида струи фонтана, состава фонтанирующего вещества, расстояния до факела пламени, расположения пламени над уровнем земли, направления и скорости ветра.

Личный состав без специального теплозащитного снаряжения может работать в зоне, плотность теплового потока которой не превышает 6 кал/(см<sup>2</sup>·мин). В данных условиях личный состав может работать в боевой одежде и касках с защитными щитками.

Для оперативной ликвидации пожара необходимо срезать фланец трубы и заглушить газонефтяной фонтан. Исходя из сложившейся обстановки, все, что могут сделать спасательные подразделения, – дожидаться полного выгорания горючего вещества и только после этого приступить к аварийно-восстановительным работам. Однако применение лазерной установки существенно облегчило бы и ускорило процесс тушения.

Анализ сценариев возникновения аварий в резервуарных парках показал, что наиболее опасным из них является полное разрушение вертикального стального резервуара (РВС). В результате этого происходит его полная разгерметизация, взрыв паровоздушной смеси внутри, пролив горящих нефтепродуктов, тепловое воздействие горящего пролива на рядом стоящие РВС. Данный сценарий возникает вследствие разрушения стенок РВС по причине их интенсивного прогрева, старения и воздействия коррозии на конструктивные элементы (рис. 3).



Рис. 3. Авария в резервуарном парке по хранению нефти  
с открытым пламенем /  
Fig. 3. Accident in an open flame oil storage tank farm

По статистике, тушение пожаров в резервуарном парке во многих случаях занимает от двух часов до пяти суток. Пожары в резервуарах обычно предваряют кипение жидкости и повышение избыточного давления в объеме резервуара, после которого происходит взрыв паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара. Взрыв сопровождается срывом крыши и нарушением целостности ее отдельных элементов. Стены вертикальных стальных резервуаров состоят из металлических листов, как правило, размером 1,5 × 4 м. Толщина резервуара колеблется в пределах от 6 мм (РВС-1000) до 25 мм (РВС-120000) с учетом вместимости резервуара. Толщина верхнего пояса составляет от 4 до 15 мм.

Вследствие взрыва искореженные металлические конструкции лежат вокруг резервуара и преграждают доступ специальной технике, которая подает огнетушащие веще-



ства. С развитием пожара горящие емкости мощного теплового излучения (порядка 1000 °С) и пламя высотой более 40 м не позволяют пожарным приблизиться к резервуарам. Опасность обрушения металлических конструкций резервуара и отсутствие средств защиты, способных выдержать указанную температуру в течение определенного времени, усложняют работу пожарных – подачу средств пожаротушения для охлаждения несущих конструкций.

Для ликвидации чрезвычайных ситуаций пожарные подразделения задействуют достаточно сил и средств, чтобы провести пенистую атаку. Пожарным необходимо получить запас пенообразователя для тушения резервуара. Для этого требуется снизить давление, проделав отверстия. В настоящее время для проведения такой процедуры применяют механические средства (гидравлические инструменты). При этом подвергается риску здоровье и жизнь личного состава.

Исходя из вышесказанного, целесообразно применять лазерную установку для сбрасывания давления и оттока жидкости в обвалование или в другое безопасное место путем срезания отверстия [6, 7].

#### **Дистанционное разрушение обледенений в Арктической зоне, ликвидация разливов нефтепродуктов в береговой и прибрежной зоне**

В задачи Российской Федерации входят разведка и освоение арктических подводных месторождений углеводородов, находящихся под сплошным ледяным покровом. Чтобы освоить подледные арктические месторождения, необходимо ликвидировать аварийные разливы нефти (далее – ЛАРН). Данные месторождения, как правило, удалены от наземной инфраструктуры и мест базирования сил и средств ликвидации разливов нефти. Доступ к районам добычи затруднен из-за ледяного покрова, и оперативное развертывание традиционных сил и средств ЛАРН затруднено.

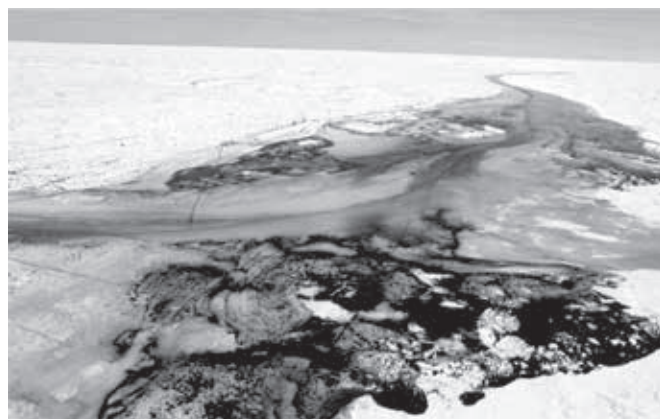
Большие скопления льда на территории Арктики ставят под угрозу стабильность и целостность производственных объектов. Обледенение может привести к скользким поверхностям на поручнях, лестницах, палубах и т. п., угрожать безопасности персонала. Обледенения также могут покрывать спасательные лодки и палубное оборудование для тушения пожаров – важные элементы оборудования. Обычные механические способы устранения обледенения требуют доступа к ледовому оборудованию, которое может быть небезопасным в эксплуатации.

Лазерные технологии могли бы отлично справиться с данными задачами, дистанционно разрушив крупные обледенения (рис. 4).

Климатические условия Арктики характеризуются рядом особенностей, которые необходимо учитывать при выработке подходов к ликвидации разливов нефти. Главные среди них: наличие постоянного или присутствующего продолжительное время обширного ледяного покрова; низкие, в том числе отрицательные, температуры воздуха; низкие температуры воды, продолжительные периоды полярных ночей, удаленность от береговой инфраструктуры. Эти факторы препятствуют развертыванию и эксплуатации надводных технических средств в арктических условиях. Вместе с тем низкие температуры и ледяной покров затрудняют распространение нефти. В условиях низких температур разлитая в морской воде нефть имеет увеличенную вязкость, вследствие чего она с трудом растекается подо льдом (рис. 5).



**Рис. 4. Обледенения в Арктической зоне /  
Fig. 4. Icing in the Arctic zone**



**Рис. 5. Разлив нефти в прибрежной зоне /  
Fig. 5. Oil spill in the coastal zone**

Изложенные аспекты обуславливают применение лазерных установок для ЛАРН под толщей льда. По сравнению с прочими методами удаления разливов нефти (механический, микробиологический, термический) лазерный признан наиболее эффективным для применения в условиях Арктики. Применение лазеров гарантирует дистанционный (до 300 м) поджог и дожигание нефтепродуктов в ледовых арктических условиях; позволяет менее чем за двое суток с эффективностью до 98 % ликвидировать разлив [7].

#### **Разделка, фрагментация крупногабаритных металлических и железобетонных конструкций при землетрясениях, обрушении горных пород и жилых помещений**

Колоссальный объем ручного труда и риск, которому подвергаются спасатели, – следствие использования неэффективных средств механизации для ликвидации завалов. У спасателей для борьбы со стихией и спасения людей есть только респиратор, лопата, лом и кайло, в лучшем случае – гидравлические ножницы и резак с ручным приводом. Разборка подобных завалов в шахтах проводится спасателями вручную и представляет собой длительный, трудоемкий и травмоопасный процесс. Между тем главное условие обнаружения под завалом максимального количества тяжело раненных – это их поиск, длящийся не более 24 часов.

Особую сложность вызывает у спасателей ликвидация завалов в горной местности, жилых зданий и сооружений. Завалы представляют собой массу из искореженной металли-

ческой крепи, бетонных конструкций, труб, рельсов, кабелей и других материалов (рис. 6, 7).



Рис. 6. Обрушение жилых помещений /  
Fig. 6. Collapse of residential premises



Рис. 7. Обрушение горных пород /  
Fig. 7. Rock collapse

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что при ведении подобных аварийно-спасательных работ лазерные установки нашли бы свое применение. Луч лазера может разрушать и разрезать бетонные или металлические части больших размеров. Установки способны обеспечить оперативность разборки конструкции и заменить неэффективную технику [8–11].

#### Этапы проведения экспериментального испытания и анализ результатов возможности применения макета лазерного комплекса «ZORKA 1300».

На сегодняшний день лазеры – стремительно развивающаяся область новых технологических решений, которые с каждым годом все больше внедряются в различные сферы промышленной и производственной деятельности. Однако для решения задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций это направление до сих пор не рассматривалось, хотя оно является весьма перспективным [12].

#### Материально-техническое обеспечение экспериментального исследования

Для проведения экспериментальных испытаний требуется следующее материально-техническое обеспечение: макет молекулярного лазерного комплекса «ZORKA-1300» (основные технические характеристики приведены в табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Основные технические характеристики образца молекулярного лазерного комплекса «ZORKA-1300» /  
Themaintechnical characteristics of the sample of the molecular laser complex ZORKA 1300

| Параметр / Parameter                                    | Величина / Value                                    |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Средняя мощность излучения, Вт                          | 1 300                                               |
| Длина волны, мкм                                        | 10,6                                                |
| Модовая структура лазерного излучения                   | TEM00                                               |
| Диаметр выходного пучка по уровню интенсивности e-2, мм | 20                                                  |
| Оптическое качество пучка                               | M2 <1,1                                             |
| Тип лазера                                              | Газопотоковый, с возбуждением электрическим зарядом |
| Размеры лазера (Д x Ш x В), мм                          | 1 200 x 400 x 600                                   |
| Вес лазерного источника, кг                             | 60                                                  |
| Электропитание, кВт                                     | 18                                                  |
| Напряжение питания, В                                   | 220, 380                                            |
| Частота тока, Гц                                        | 50/60                                               |
| Время непрерывной работы, ч                             | 12                                                  |
| Рабочий температурный диапазон                          | -40/+40                                             |
| Срок службы, лет                                        | 10                                                  |

#### Этапы проведения экспериментального испытания и анализ результатов возможности применения макета лазерного комплекса «ZORKA-1300»

Оценка параметров воздействия сфокусированного лазерного излучения на каждый тестовый объект в рамках испытаний проводился три раза. Запись всех полученных результатов, а также среднее арифметическое по заданному количеству измерений занесены в протокол испытания согласно соответствующему тестовому объекту.

Время прожига каждого тестового объекта определялось с использованием секундомера. Начало отсчета временного промежутка осуществлялось вручную по факту включения макета лазерного комплекса на поражающее воздействие (включение светового сигнала работы лазерного комплекса на излучение), конец отсчета временного промежутка осуществляется вручную по факту физического уничтожения воздушного шара, сопровождающегося звуковым хлопком. Исследования проводились на расстоянии 50, 100 метров от объектива лазерного комплекса до тестового объекта [13–15].

#### Исследования на стальном листе толщиной 3 мм

Этапы сквозного прожига лазерным лучом стального листа толщиной 3 мм представлены на рисунке 8.



а (а)



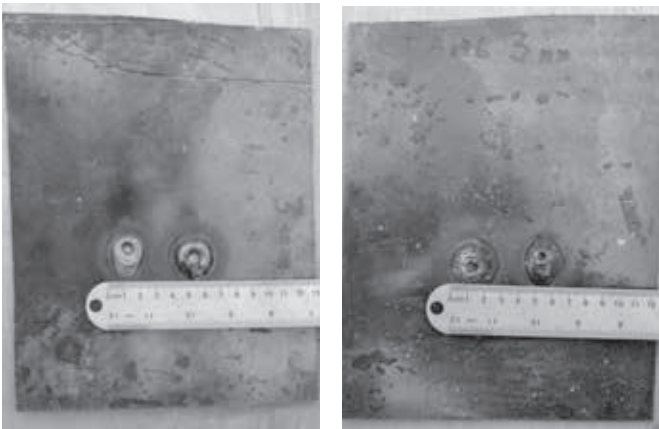
б (b)



в (c)

Рис. 8. Этапы прожига стального листа толщиной 3 мм: а – фокусировка и прицеливание лазерного луча; б – начало воздействия лазерного луча с надутым шаром; в – окончание воздействия лазерного луча с сквозным прожигом и лопнувшим шаром /  
Fig. 8. The stages of burning a 3 mm thick steel sheet: a – focusing and aiming a laser beam; b – the beginning of the effect of a laser beam with an inflated ball; c – the end of the effect of a laser beam with a through-burning and a burst ball

На рисунке 9 показан общий вид полученных отверстий на стальном листе толщиной 3 мм в результате воздействия лазерного луча.



а (a)

б (b)

Рис. 9. Полученные отверстия на стальном листе толщиной 3 мм от воздействия лазерного луча: а – входное отверстие; б – выходное отверстие /  
Fig. 9. The holes obtained on a steel sheet with a thickness of 3 mm from the action of a laser beam: a – the inlet; b – the outlet plumb

Полученные результаты в ходе проведения исследования представлены на рисунке 10.



Рис. 10. Результаты воздействия лазерного луча на стальной лист толщиной 3 мм /  
Fig. 10. The results of the laser beam exposure to a 3 mm thick steel sheet

Данные протокола испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

Параметры воздействия лазерного луча на стальной лист толщиной 3 мм /  
Parameters of the effect of the laser beam on a 3 mm thick steel sheet

| № измерения /<br>Measurement number | Расстояние от источника<br>излучения до исследуемого<br>объекта, м /<br>The distance from the radiation<br>source to the object under study, m | Режим работы ЛК (мощность), Вт /<br>Operating mode LC (power), W | Время сквозного прожига, с /<br>Through-burning time, with | Диаметр отверстия на входе d,<br>мм / The diameter of the inlet hole<br>d, mm | Диаметр отверстия на выходе d,<br>мм / The diameter of the outlet hole<br>d, mm |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                   | 50                                                                                                                                             | 1 300                                                            | 41                                                         | 15                                                                            | 9                                                                               |
| 2                                   | 50                                                                                                                                             | 1 300                                                            | 54                                                         | 14                                                                            | 8                                                                               |
| 3                                   | 50                                                                                                                                             | 1 300                                                            | 49                                                         | 15                                                                            | 8                                                                               |
| Среднее арифметическое              |                                                                                                                                                |                                                                  | 48                                                         | 15                                                                            | 8                                                                               |
| 1                                   | 100                                                                                                                                            | 1 300                                                            | 78                                                         | 23                                                                            | 7                                                                               |
| 2                                   | 100                                                                                                                                            | 1 300                                                            | 73                                                         | 25                                                                            | 5                                                                               |
| 3                                   | 100                                                                                                                                            | 1 300                                                            | 76                                                         | 22                                                                            | 9                                                                               |
| Среднее арифметическое              |                                                                                                                                                |                                                                  | 75                                                         | 23                                                                            | 7                                                                               |

### Закключение

1. Разнообразие лазеров открыло новую, невероятную перспективную область технологических решений. Лазерные комплексы играют большую роль в происходящих изменениях технологического уклада, которые связаны с повышением гибкости, мобильности и унификации производства, энерго- и ресурсоэффективности, с выходом на новый уровень при ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф. Ни одно из стратегических важных технологических направлений в мире не обходится без использования лазерных установок.
2. Было установлено, что лазерные технологии при проведении аварийно-спасательных работ обладают возможностью применения их дистанционно, что дает сокращение в скорости ликвидации ЧС и дополнительное преимущество по обеспечению безопасности для пожарных и спасателей.
3. Впервые получены результаты испытаний возможностей дистанционной работы лазерным лучом на расстоянии



50 и 100 метров от объектива лазерного комплекса до тестового объекта.

Были определены:

- степень влияния расстояния до тестового объекта на время, необходимое для прожига тестовых объектов;
- параметры получаемых отверстий на тестовых объектах в зависимости от расстояния объектива лазерного комплекса;
- временные параметры прожига лазерного луча в зависимости от расстояния объектива лазерного комплекса до тестового объекта и плотности мощности луча на его поверхности;
- физические параметры исследуемых предметов, поддающиеся поражению лазерным лучом.

4. На основании проведенных испытаний подготовлены предложения для конструктивной доработки макета лазерного комплекса для его оценки при ведении работ по дистанционному резу различных конструкций.

## Выводы

1. Анализ характеристик объектов топливно-энергетического комплекса, собранных статистических данных о пожарах и других различных чрезвычайных ситуаций, а также анализ используемой техники и комплексов для ведения аварийно-спасательных работ показал, что аварийно-спасательные работы до сих пор проводят с использованием традиционной техники, неизбежно подвергаясь большому риску, осложняющемуся наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью пожарных и спасателей.

2. Исходя из технических характеристик лазерных установок было установлено, что лазерные технологии при проведении аварийно-спасательных работ обладают возможностью применения их дистанционно, что дает дополнительное преимущество по обеспечению безопасности личного состава при ликвидации ЧС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Двоенко ОВ, Халиков РВ, Сергеевкова НА и др. Анализ пожаров и аварий на территории объектов нефтегазового комплекса. *Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны в год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России: В 5 частях.* Москва, 2023: 205-210.
- Dvoenko OV, Khalikov RV Sergeenkov et al. Analysis of fires and accidents on the territory of oil and gas complex facilities. *Civil defense on guard of peace and security: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Civil Defense Day in the Year of the 90th anniversary of the Academy GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. In 5 parts.* Moscow, 2023: 205-210. (In Russ.).
2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683. URL: <https://base.garant.ru/71296054/>.
- Decree of the President of the Russian Federation No. 683 dated December 31, 2015 "On the National Security Strategy of the Russian Federation". Available from: <https://base.garant.ru/71296054/> (In Russ.).
3. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году: государственный доклад. Москва, 2021: 264.
- The State report "On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2020". Moscow, 2021:264. (In Russ.).
4. Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566030578>.
- The Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 01.10.2020 N 737 "On approval of the guidelines for the organization of material and technical support of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and elimination of consequences of natural disasters". Available from: <https://docs.cntd.ru/document/566030578> (In Russ.).
5. Розумов ВВ, Спиридонов ВП и др. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации. Под редакцией С.К. Шойгу. Москва, 2010: 696.
- Rozumov VV, Spiridonov VP. and others. Atlas of Natural and Man-made hazards and Emergency risks of the Russian Federation. Edited by S.K. Shoigu. Moscow, 2010: 696. (In Russ.).
6. Мерициди ИА и др. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: справочник. Санкт-Петербург, 2008: 432-446.
- Mericidi IA et al. Equipment and technologies for localization and liquidation of emergency oil and petroleum product spills: Reference St. Petersburg, 2008: 432-46. (In Russ.).
7. Аскарьян ГА, Карлова ЕК, Петров РП и др. Действие мощного лазерного луча на поверхность воды с пленкой жидкости: селективное испарение, выжигание и выбрызгивание слоя, покрывающего поверхность воды. *Письма в ЖЭТФ.* 1973;18(11).
- Askaryan GA, Karlova EK, Petrov RP, et al. The effect of a powerful laser beam on the surface of water with a liquid film: selective evaporation, burning and spraying of the layer covering the surface of the water. *Letters to the JETP.* 1973;18(11). (In Russ.).
8. Сашурин АД, Мельник ВВ, Усанов СВ и др. Проблемы безопасности при ликвидации горнодобывающих предприятий. *Проблемы недропользования.* 2014;3(3):60-5.
- Sashurin AD, Melnik VV, Usanov SV et al. Safety problems in the liquidation of mining enterprises. *Problems of subsoil use.* 2014;3(3):60-5. (In Russ.).
9. Гудков ВМ, Спиридонов ВП. Критерии устойчивости горнопромышленных сооружений и зданий. *Маркшейдерский вестник.* 2004;2:68-71.
- Gudkov VM, Spiridonov VP. Criteria of stability of mining facilities and buildings. *The Surveyor's bulletin.* 2004;2:68-71. (In Russ.).
10. Ройтман ВМ, Серков ББ, Шевкуненко ЮГ и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учебник под редакцией В. М. Ройтмана. Москва, 2013:364.
- Roitman VM, Serkov BB, Shevkunenko YuG et al. Buildings, structures and their fire resistance. Textbook.; edited by V.M. Roitman. Moscow, 2013:364. (In Russ.).
11. Баратов АН, Корольченко АЯ и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание: в 2 книгах. Москва, 1990:496.
- Baratov AN, Korolchenko Aya et al. Fire and explosion hazard of substances and materials and their extinguishing agents: Reference edition: in 2 books. Moscow, 1990:496. (In Russ.).

12. Физика лазеров, лазерные технологии и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество. Сост. Е.В. Харанжевский, М.Д. Кривилев. Москва, 2011:187.

Laser physics, laser technologies and methods of mathematical modeling of laser effects on matter. Comp. E. V. Kharanzhevsky, M.D. Krivilev. Moscow, 2011:187. (In Russ.).

13. Физика лазеров: учебное пособие. Сост. В.С. Айрапетян, О.К. Ушаков. Новосибирск, 2012:134.

Physics of lasers: a textbook. Comp. V.S. Hayrapetyan, O.K. Ushakov. Novosibirsk, 2012: 134. (In Russ.).

14. Бореишо ВА, Клочков ДВ, Коняев МА и др. Военные применения лазеров: учебное пособие. Санкт-Петербург, 2015: 103.

Boreysho VA, Klochkov DV, Kopyaev MA et al. Military applications of lasers: a textbook. St. Petersburg, 2015:103. (In Russ.).

15. Копылов АА, Спиридонов ВП, Лобода КА. Лазерные технологии в зоне чрезвычайных ситуациях. *Технический оппонент*. 2024;1:60-4.

Kopylov AA, Spiridonov VP, Loboda KA. Laser technologies in the emergency zone. *Technical Opponent*. 2024;1:60-4. (In Russ.).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**Валерий Петрович Спиридонов** –

кандидат технических наук, профессор.

Академия Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 129366, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: svp-vak@mail.ru



**Андрей Александрович Копылов** –

кандидат социологических наук, доцент.

Академия Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 129366, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: kopylovff@mail.ru



**Олег Викторович Двоенко** –

кандидат технических наук, доцент. Академия Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 129366, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: dvoenko\_oleg@mail.ru



**Александр Юрьевич Дмитриев** –

инспектор отдела научного информирования Центра организации научных исследований и научной информации. Академия Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 129366, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: sanhos01@mail.ru

## ABOUT THE AUTHORS

**Valery P. Spiridonov** –

Candidate of Technical Sciences, Professor, Academy of the State Fire Service Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 129366, Moscow, Russian Federation, e-mail: svp-vak@mail.ru

**Andrey A. Kopylov** –

Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor Academy of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 129366, Moscow, Russian Federation, e-mail: kopylovff@mail.ru

**Oleg V. Dvoenko** –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 129366, Moscow, Russian Federation, e-mail: dvoenko\_oleg@mail.ru

**Alexander Yu. Dmitriev** –

Inspector of the Scientific Information Department of the Center for the Organization of Scientific Research and Scientific Information, Academy of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 129366, Moscow, Russian Federation, e-mail: sanhos01@mail.ru

**Критерии авторства / Contribution:** Личный вклад каждого автора интегрирован в общую работу / The personal contribution of each author is integrated into the overall work.

**Конфликт интересов / Conflict of interest:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.01.2025. Поступила после рецензирования: 01.02.2025. Принята к публикации: 17.02.2025.

### Article info

Received: 17.01.2025. Revised: 01.02.2025. Accepted: 17.02.2025.