

# Безопасность кислородных систем

За конструкцию и работу кислородных систем несут ответственность конечные потребители, которые должны получать квалифицированную профессиональную поддержку для обеспечения безопасного использования кислорода.

## Содержание

Данный технический отчет представляет собой обзор уникальных пунктов, которые необходимо учесть для обеспечения безопасности кислородных систем. Он основан на информации, взятой из множества опубликованных документов, список которых указан в конце, и предоставляется в качестве услуги нашим заказчикам. Мы не являемся экспертами или инженерами-консультантами в области кислородных систем.

## Факторы опасности

Кислород является огнеопасным веществом, поскольку он способствует возгоранию. Серьезные последствия пожаров в воздухе, содержащем всего 21 % кислорода, хорошо известны. Повышение концентрации кислорода свыше 21 % значительно увеличивает пожароопасность. Многие материалы, не воспламеняющиеся в обычной атмосфере, загораются в насыщенной кислородом среде. Горючие материалы легче воспламеняются и сгорают быстрее с выделением большего количества тепла. Огонь распространяется быстрее, зачастую с видимыми взрывными эффектами. Источники воспламенения, безвредные в воздушной среде, в кислородных системах могут стать критически опасными.

## Пожары в кислородных системах

Для появления огня требуются три элемента: окислитель, топливо и энергия воспламенения. Огонь в атмосфере можно предотвратить, убрав один из этих трех элементов, но в кислородной системе они неразделимы. Кислород содержится внутри системы, как правило, под существенным давлением. Клапаны, регуляторы, трубы, фитинги и другие компоненты, содержащие кислород, по сути являются топливом. Энергия воспламенения исходит изнутри системы, зачастую посредством механизмов, которые в других обстоятельствах не приводят к воспламенению. Таким образом, несмотря на то что возможность пожара в кислородных системах нельзя полностью исключить, его можно избежать с помощью управления рисками, основанного на тщательном анализе опасностей и рисков. Конструкция системы, подбор деталей, используемые материалы, методы изготовления, а также процедуры эксплуатации и техобслуживания системы должны тщательно прорабатываться для каждой конкретной цели.

## Цепь возгорания

Цепь возгорания начинается при высвобождении в системе небольшого количества энергии, которая зажигает материал с низкой температурой воспламенения или частицу, обладающую малой массой и большой площадью поверхности. После возгорания небольшого предмета вырабатываемое им тепло воспламеняет более крупные материалы с более высокой температурой воспламенения, вырабатывая все больше тепла до тех пор, пока пламя не станет самоподдерживающимся. Четыре наиболее распространенных механизма воспламенения:

## Механический удар

При столкновении двух предметов в точке соударения образуется тепло, как при ударе молотком по поверхности. Тепло, вырабатываемое в результате механического удара, может выступать в качестве источника воспламенения. Например, в кислородной системе механическая деталь может сломаться и ударить по контейнеру, находящемуся под давлением, выработав тепло при ударе. Если поверхность контейнера загрязнена маслом, оно может воспламениться и инициировать цепь возгорания.

## Столкновение частиц

Небольшие частицы могут переноситься вместе с потоком кислорода, зачастую с высокой скоростью. При столкновении частиц с поверхностью в системе энергия удара высвобождается в виде тепла, и частицы, ввиду их малой массы, нагреваются в достаточной степени для воспламенения более крупных материалов.

## Трение

При трении двух твердых материалов друг о друга они вырабатывают тепло, которое может воспламенить другие материалы.

## Нагрев при сжатии

При прохождении газа через выходное отверстие из области высокого давления в область низкого давления он расширяется, и его скорость может достигать скорости звука. Если поток газа заблокировать, он сжимается, достигая первоначального давления, и нагревается. Чем выше разность давлений, тем выше температура газа. Это явление знакомо каждому, кто накачивал велосипедные шины: по мере увеличения давления в шине насос нагревается. В кислородной системе температура кислорода может оказаться достаточно высокой для инициирования цепи возгорания.

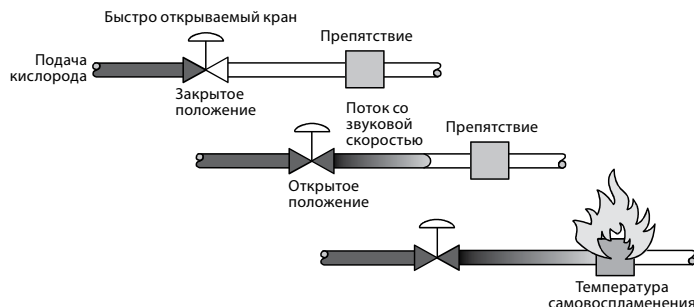


Рис. 1

Общий пример нагрева при сжатии (рис. 1) в кислородной системе наблюдается, когда кран (особенно быстро открываемый шаровой или пробковый кран) быстро открывается и поток газа сжимает кислород за краном перед препятствием. Закрытый кран или регулятор является очевидным препятствием, но часто препятствие не является очевидным, поскольку оно возникает внутри самого крана. Например, препятствие может возникать в седле крана при его открывании, на выходе частично открытого регулятора или в другом небольшом отверстии. Кроме того, поток газа может блокироваться при прохождении через угловой фитинг.

Цель возгорания может начаться, если поток газа содержит тонкодисперсные включения либо нагревается при сжатии у полимерного седла крана, эластомерного уплотнения или поверхности, загрязненной смазкой или органическим материалом. Такие материалы в свою очередь могут воспламенить небольшую пружину, тонкую мембрану или фильтр и привести к возникновению самоподдерживающегося пламени. Видеокалип Американского общества по испытанию материалов (ASTM) Безопасность при работе с кислородом показывает механизм нагрева при сжатии, который является распространенной, хотя зачастую и игнорируемой причиной пожара в кислородных системах.

## Предотвращение пожаров в кислородных системах

Распознавание и выявление всех подобных источников воспламенения и возможных причин пожара является непростой задачей. Однако в стандарте NFPA 53 представлены примеры серьезных пожаров в кислородных системах, возникавших в различных видах оборудования и отраслях промышленности, наряду с информацией о причинах этих пожаров и мерах их предотвращения. В стандарте ASTM G128 очень подробно рассмотрены эти опасности, конструктивные особенности и источники воспламенения, а в стандарте G88 и руководстве MNL36 представлены конкретные рекомендации относительно конструкции. ASTM G4. Курс обучения методике разработки стандартов Контролирование факторов пожароопасности в системах, работающих с кислородом, дает подробные указания по проведению анализа опасностей и управлению рисками для кислородных систем, а также обучает работе с множеством доступных средств и источников информации.

Каждая из этих и многих других публикаций посвящена основным моментам предотвращения пожара в кислородных системах:

- Конструкция, эксплуатация и техническое обслуживание системы
- Подбор деталей
- Построение системы
- Эксплуатация и техническое обслуживание системы
- Чистота системы
- Совместимость смазки
- Совместимость полимеров и других неметаллических материалов
- Совместимость металлов

Первое и самое важное правило безопасности при использовании кислорода: консультируйтесь с экспертом. Стандарты ASTM определяют эксперта по кислородным системам следующим образом:

*Квалифицированный технический персонал – лица (инженеры и химики), которые благодаря полученному образованию, обучению или опыту знают, как применять физические и химические принципы реакций между кислородом и другими материалами.*

Несмотря на то что кислородные системы представляют серьезную и необычную опасность, они безопасно используются в промышленности, поскольку рисками получения травм и экономических потерь можно управлять и контролировать их.

Необходимые знания и технологии хорошо проработаны, задокументированы и доступны в различных открытых источниках, некоторые из которых перечислены ниже. Курс ASTM Контролирование факторов пожароопасности в системах, работающих с кислородом, обучает основам безопасной работы с кислородом проектировщиков систем и оборудования, заказчиков и пользователей. Лица, участвующие в использовании кислорода в любой системе, должны воспользоваться такими ресурсами.

## Справочная документация

**Национальная ассоциация противопожарной защиты (National Fire Protection Association, Inc.; NFPA), 1 Batterymarch Park, Box 9101, Quincy, MA 02269-9101, [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)**

NFPA 53. Рекомендуемые практические методы работы с материалами, оборудованием и системами, в которых используются насыщенные кислородом среды

**Американское общество по испытанию материалов (ASTM), 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959, [www.astm.com](http://www.astm.com)**

ASTM G128. Стандартное руководство по контролю над опасностями и рисками в системах, в которых используется насыщенная кислородом среда

ASTM G88. Стандартное руководство по проектированию систем для эксплуатации в кислородной среде

ASTM G-4. Курс обучения методике разработки стандартов *Контроль опасности возникновения пожара в системах, работающих с кислородом*

Видеокалип ASTM *Безопасность при работе с кислородом*

*Безопасное использование кислорода и кислородных систем: рекомендации по выбору материалов конструкции, эксплуатации, хранению и транспортировке кислородных систем, руководство MNL36; H.D. Beeson, W.F. Stewart и S.S. Woods, Ed., 2000*

## Другие справочные документы

Ниже представлены дополнительные источники информации по кислородным системам, перечисленные по издателям. Для получения текущих списков публикаций по безопасности использования кислорода обращайтесь к соответствующим издателям.

**Американский национальный институт стандартов (ANSI), 11 W. 42nd St., New York, NY 10036, www.ansi.org**  
ANSI/ASME B31.3. Технологические трубопроводы

**Американское общество по испытанию материалов (ASTM), 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959, www.astm.com**

Сборник ASTM: *стандарты, относящиеся к пожароопасности и реакционной способности материалов в насыщенных кислородом средах*, PCN 03.704097.31.

Данный сборник содержит все стандарты, опубликованные ASTM в отношении безопасности при работе с кислородом на момент его издания.

*Ежегодный сборник стандартов ASTM*, том 00.01, предметный указатель; алфавитно-цифровой список  
В ежегодном указателе стандартов перечислены все стандарты, опубликованные в течение года выпуска, включая стандарты, не вошедшие в предыдущий сборник.

*Альтернативы жидкостям на основе хлорфторуглерода для чистки кислородных и аэрокосмических систем и компонентов*, STP 1181, C.J. Bryan и K. Gebert-Thompson, Ed., 1993

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах*, STP 812, B.L. Werley, Ed., 1983

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 2*, STP 910, M.A. Benning, Ed., 1986

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 3*, STP 986, D.W. Schroll, Ed., 1988

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 4*, STP 1040, J.M. Stoltzfus, F.J. Benz и J.S. Stradling, Ed., 1989

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 5*, STP 1111, J.M. Stoltzfus и K. McIlroy, Ed., 1991

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 6*, STP 1197, D.D. Janoff и J.M. Stoltzfus, Ed., 1993

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 7*, STP 1267, D.D. Janoff, W.T. Royals и M.V. Gunaji, Ed., 1995

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 8*, STP 1319, W.T. Royals, T.C. Chou и T.A. Steinberg, Ed., 1997

*Пожароопасность и реакционная способность материалов в насыщенных кислородом средах, том 9*, STP 1395, T.A. Steinberg, B.E. Newton и H.D. Beeson, Ed., 2000

**Американское общество специалистов по сварке (AWS), 550 NW Lejeune Rd., Box 351040, Miami, FL 33135, www.aws.org**

AWS Z49.1. Безопасность при выполнении сварки, резки и связанных с ними процессов

**Ассоциация по сжатым газам (Compressed Gas Association, Inc.; CGA), 1725 Jefferson Davis Highway, Suite 1004, Arlington, VA 22202, www.cganet.com**

Видеооклип CGA AV-8 *Характеристики и безопасность работы с газообразным кислородом при использовании криогенных жидкостей*

CGA G-4. Кислород

CGA G-4.1. Оборудование для очистки кислородных систем

CGA G-4.4. Отраслевые практические методы для трубопроводных систем распределения и передачи газообразного кислорода

CGA P-39. Насыщенные кислородом среды.

*Справочник по сжатым газам*, 3-е изд., 1989

**Европейская ассоциация промышленных газов (EIGA), Publication de la Soudure Autogene, 32 Boulevard de la Chapelle, 75880 Paris Cedex 18, France, Эл. почта: info@eiga.org**

EIGA 33/86/E. Оборудование для очистки кислородных систем

EIGA 6/77. Безопасность при работе на металлорежущих станках с использованием кислорода и горючих газов

EIGA 8/76/E. Предотвращение несчастных случаев, возникающих по причине насыщения или недостатка кислорода в атмосфере

EIGA 13/82. Транспортировка и распределение кислорода по трубопроводам. Рекомендации по проектированию, монтажу и техническому обслуживанию

**Factory Mutual Engineering Corp., Box 9102, Norwood, MA 02062, www.affiliatedfm.com**

**Национальная ассоциация противопожарной защиты (National Fire Protection Association, Inc.; NFPA), 1 Batterymarch Park, Box 9101, Quincy, MA 02269-9101, www.nfpa.org**

NFPA 51. Стандарт на проектирование и монтаж систем сварки, резки и связанных с ними процессов, в которых используется кислород и горючие газы

NFPA 51B. Стандарт на противопожарные меры при выполнении сварки, резки и других горячих работ

NFPA 55. Стандарт на хранение, использование и обработку сжатых газов и криогенных жидкостей в переносных и стационарных контейнерах, цилиндрах и резервуарах

NFPA 99. Стандарт на учреждения здравоохранения

*Справочник по учреждениям здравоохранения NFPA*

**Национальная служба технической информации (National Technical Information Service, NTIS), 5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22161, www.ntis.gov**

Национальное агентство по авионавигации и исследованию космического пространства (NASA) *Стандарт безопасности на кислород и кислородные системы: рекомендации по выбору материалов конструкции, эксплуатации, хранению и транспортировке кислородных систем.*

288 стр., 1 января 1996 г.

Код заказа NTIS: N96-24534/SINZ.

**Сервер технических отчетов NASA**  
<http://techreports.larc.nasa.gov/cgi-bin/NTRS>

**Underwriters Laboratories, Inc.**  
**333 Pfingsten Rd., Northbrook, IL 60062, www.ul.com**

**Внимание: запрещается совмещать детали изделий с деталями других производителей, а также заменять их деталями других производителей.**

## Об этом документе

Благодарим вас за то, что вы загрузили этот электронный каталог. Он представляет собой одну главу более объемного тома в печатном формате — *Каталога изделий Swagelok*. Электронные файлы, подобные этому, обновляются по мере появления новой или измененной информации, и в них могут содержаться более свежие данные, чем в печатной версии.

Компания Swagelok является крупным разработчиком и поставщиком решений для трубопроводных систем, включая изделия, сборочные узлы и услуги для научно-исследовательской, контрольно-измерительной, фармацевтической, нефтегазовой, энергетической, нефтехимической и полупроводниковой отраслей промышленности, а также для отрасли альтернативных видов топлива. Наши производственные и исследовательские предприятия, службы технической поддержки и распространения формируют глобальную сеть из более чем 200 авторизованных центров продаж и обслуживания в 57 странах.

Посетите ваш веб-сайт Swagelok и найдите уполномоченного представителя компании Swagelok по продажам, чтобы расспросить его о характеристиках, технических данных, кодах заказов изделий и получить другую информацию об изделиях либо узнать больше о широком ассортименте услуг, которые можно получить исключительно через центры торговли и сервисного обслуживания Swagelok.

**Подбор изделий с учетом требований безопасности**  
**При выборе изделия следует принимать во внимание всю систему в целом, чтобы обеспечить ее безопасную и бесперебойную работу. Соблюдение назначения устройств, совместимости материалов, надлежащих рабочих параметров, правильный монтаж, эксплуатация и обслуживание являются обязанностями проектировщика системы и пользователя.**

## Информация о гарантии

На изделия компании Swagelok распространяется ограниченная пожизненная гарантия компании Swagelok. Экземпляр условий гарантии можно получить у своего уполномоченного представителя компании Swagelok или на вашем веб-сайте Swagelok.

Swagelok, Ferrule-Pak, Goop, Hinging-Colletting, IGC, Kenmac, Micro-Fit, Nupro, Snoop, SWAK, VCO, VCR, Ultra-Torr, Whitey—TM Swagelok Company  
Atlas—TM Asahi Glass Co., Ltd.  
ASCO, El-O-Matic—TM Emerson  
CSA—TM Canadian Standards Association  
Dyneon, TFM—TM Dyneon  
Elgiloy—TM Elgiloy Specialty Metals  
FM—TM FM Global  
Grafoil—TM GrafTech International Holdings, Inc.  
Kalrez, Krytox—TM DuPont  
MAC—TM MAC Valves, Inc.  
PH 15-7 Mo, 17-7 PH—TM AK Steel Corp  
picofast—TM Hans Turck KG  
Rapid Tap—TM Relton Corporation  
Raychem—TM Tyco Electronics Corp.  
Simriz—TM Freudenberg-NOK  
UL—Underwriters Laboratories, Inc.  
Westlock—TM Westlock Controls Corporation  
Xylan—TM Whitford