

р. 59

11.4:33

архив

М. Г. ГОДЖЕЛЛО, Н. И. МАНТУРОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОВ
И ГАЗОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ЗАКРЫТЫХ ЕМКОСТЕЙ
ОТ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ**



Проверено

624/11
П.59.

Канд. техн. наук М. Г. ГОДЖЕЛЛО,
Н. И. МАНТУРОВ

П. 1: 33

6820/64 бр.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОВ И ГАЗОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗАКРЫТЫХ ЕМКОСТЕЙ ОТ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ

БИБЛИОТЕКА
ВПК МЭД
БРОШЮРНЫЙ ФОНД

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва—1955

к

В брошюре освещаются вопросы практического использования негорючих технических, топочных и выхлопных газов для предупреждения пожаров и взрывов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в условиях хранения, а также транспортировки их в закрытых емкостях.

Брошюра предназначена для инспекторского состава пожарной охраны министерств и ведомств в качестве пособия при разработке мероприятий по пожарной профилактике и для работников промышленности, отвечающих за пожарную безопасность на предприятиях, связанных с применением и хранением горючих жидкостей.

Редактор И. В. Рябов

Редактор издательства А. М. Алтуфьева

Техн. редактор А. Коняшина

Корректоры О. Ю. Каперская и А. Ф. Соломатина

Сдано в набор 15/II 1955 г.

Подписано к печати 8/IV 1955 г.

Л123832.

Формат бумаги 60 × 92¹/₁₆.

Печ. л. 1³/₄.

Уч.-изд. л. 2.

Тираж 5000

Изд. № 1947.

Заказ 619.

*Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР,
Москва, Ипатьевский пер., 14*

Типография изд-ва Министерства коммунального хозяйства РСФСР,
г. Перово, ул. Плющева, 22.

1. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Из практики пожарной охраны известно, что значительное число загораний нефтепродуктов (особенно сырых нефтей, светлых нефтепродуктов, а также легковоспламеняющихся жидкостей) начинается со взрыва, в результате чего сбрасывается или частично разрушается крыша резервуара и развивается интенсивное горение на поверхности горючего. Возможность возникновения пожара горючих жидкостей определяется температурой, при которой происходит вспышка паров (так называемая температура вспышки паров). Чем ниже температура вспышки, тем большую опасность представляет данная жидкость.

В зависимости от температуры вспышки паров жидкости делятся на легковоспламеняющиеся, пары которых дают вспышку при температуре ниже 45°C , и горючие, пары которых дают вспышку при температуре выше 45° и до 230°C .

Горючие пары и горючие газы в смеси с воздухом имеют вполне определенные, присущие данной жидкости, концентрационные пределы воспламеняемости или взрывоопасности. Они обычно выражаются в процентах и, реже, в мг/л воздуха.

Степень пожарной опасности жидкости, находящейся в закрытой емкости, определяется также температурными пределами взрывоопасности насыщенных паров.

В табл. 1 приведены значения пределов взрывоопасности для некоторых жидких горючих веществ.

Пользоваться данными концентрационных пределов на практике затруднительно. Кроме того, в процессе длительного хранения или транспортировки жидкости невозможно предусмотреть, как будет изменяться соотношение горючих паров с воздухом в закрытой емкости.

Гораздо удобнее для определения необходимых условий хранения или транспортировки жидкостей в закрытых емкостях пользоваться температурными пределами взрывоопасности насыщенных паров в воздухе. Метод определения температурных пределов разработан и применяется Центральным научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ЦНИИПО) с 1950 года.

Зная температурные пределы взрывоопасности паров данной

Пределы взрывоопасности некоторых жидких горючих веществ

Наименование	Пределы взрывоопасности паров в воздухе					
	объемные в %		концентра- ционные в мг/л		температурные (насыщенных па- ров) в °С	
	ниж- ний	верх- ний	ниж- ний	верх- ний	нижний (наиболее точная температу- ра вспыш- ки паров)	верхний
Спирт метиловый	3,5	38,5	46,5	512,0	+7	+40
Спирт этиловый	2,6	19,0	50,0	363,0	+11	+39
Эфир диэтиловый (серный)	1,2	51,0	38,6	1576,0	-45	+13
Ацетон	1,6	13,0	38,6	314,0	-20	+6
Бензол	1,3	9,5	42,0	308,0	-14	+12
Толуол	1,0	7,0	38,2	268,0	+1	+30
Ксилол	1,0	7,6	44,0	334,0	+24	+50
Дихлорэтан	6,2	15,9	273,0	702,0	+8	+31
Этилацетат	2,18	11,4	80,4	407,0	+1	+31
Бензин, начало кипения 105°	2,4	4,9	137,0	281,0	—	—
Бензин „калоша“	1,1	5,4	—	—	-17	+10
Бензин „А-74“	—	—	—	—	-36	-7
Бензин „Б-70“	—	—	—	—	-34	-4
Керосин тракторный	—	—	—	—	+27	+69
Керосин осветительный	—	—	—	—	+57	+87
Соляровое масло	—	—	—	—	+116	+147
Мазут „флотский 20“	—	—	—	—	+124	+145
Нефть сырая туймазинская	—	—	—	—	-21	-8
Нефть сырая зольнинская	—	—	—	—	-35	-14

* Данные по концентрационным пределам приведены из книги П. Г. Демидова. Основы горения веществ. Изд. МКХ РСФСР, 1951, стр. 279, а по температурным пределам — М. Г. Годжелло, З. В. Коршак. Информационный сборник ЦНИИПО «Химические средства тушения пожаров и профилактика». Изд. МКХ РСФСР, 1954, стр. 44—60.

жидкости, можно в любое время определить степень пожарной опасности или предусмотреть наступление ее при изменении температуры.

Например, бензол (см. табл. 1) имеет температурные пределы от -14° до $+12^{\circ}$ С. Это значит, что в этом температурном интервале¹ возможны взрывы паров, находящихся над поверхностью жидкости в закрытой емкости (резервуаре, железнодорожной цистерне и т. п.), если, понятно, будет иметься источник воспламенения (искра, нагретое тело, открытое пламя, разряд статического электричества или грозовой разряд).

Защита закрытых емкостей с жидкими горючими веществами от взрывов сводится к тому, чтобы даже при наличии случайных источников зажигания создать такие условия внутри ем-

¹ Вне этих пределов взрыв паров в смеси с воздухом невозможен.

костей, при которых воспламенение горючих паров было бы невозможным.

В ЦНИИПО было экспериментально установлено в лабораторных условиях, что пары любого нефтепродукта, смешиваясь с выхлопными дизельными газами четырехтактного двигателя, не воспламеняются при содержании в смеси кислорода 14% и меньше.

Контрольные опыты, проведенные в более крупных масштабах при температурах $-15 \div 20^\circ \text{C}$, показали, что пары авиационного бензина, находясь в смеси с дизельными газами, могут давать слабое, местное (у источника зажигания) воспламенение, без распространения пламени, если кислорода в смеси содержится до 12%. Защищать закрытые емкости с нефтепродуктами можно любыми негорючими или дымовыми смесями и водяным паром, если соблюдается норма предельного содержания кислорода в них.

В связи с этим для надежной защиты закрытых емкостей от пожаров и взрывов паров нефтепродуктов при различных температурных условиях ЦНИИПО рекомендует предельную норму содержания кислорода в смеси паров с дизельными газами четырехтактного двигателя не более 10%. В отдельных случаях, когда в парах или газах содержатся водород, ацетилен, этилен, сероводород и другие сильно взрывчатые газы, эту норму необходимо снижать до $3 \div 4\%$.

Состав топочных газов не является стабильным. Он зависит от вида и сорта сжигаемого топлива, от конструкции топочного устройства и режима сжигания. Состав выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания зависит также от нагрузок на эти двигатели.

В табл. 2 приводятся приближенные данные о среднем составе топочных дымовых и выхлопных дизельных газов.

Таблица 2

Состав (средний) топочных и выхлопных дизельных газов

Наименование	Содержание в % по объему					
	кислорода		углекислоты		окиси углерода	
	от	до	от	до	от	до
Топочные дымовые газы при сжигании угля*	7,5	11,5	8	11	0,5	1,3
Топочные дымовые газы при сжигании мазута	3	9	10	13	0,3	0,5
Выхлопные газы от четырехтактных дизелей	6	19**	2	9	Следы	
Выхлопные газы от двухтактных дизелей	14	18	2	6	Следы	

* При использовании дымовых газов от сжигания угля в отдельных случаях следует учитывать возможность содержания в них сернистого газа.

** При работе без нагрузки.

II. ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕГОРЮЧИХ ТОПОЧНЫХ И ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

1. Защита нефтеналивных судов при помощи выхлопных дизельных газов

Центральным научно-исследовательским институтом противопожарной обороны совместно с Центральным проектно-конструкторским бюро Министерства морского флота СССР были проведены опыты по защите нефтеналивных судов от пожаров и взрывов при помощи выхлопных дизельных газов.

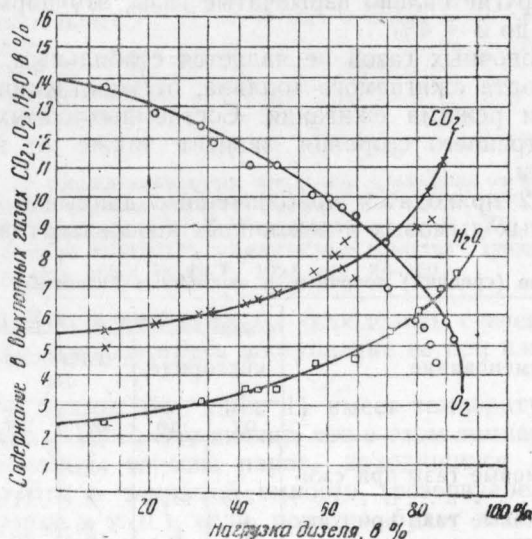


Рис. 1. Состав выхлопных дизельных газов четырехтактного двигателя в зависимости от нагрузки (нагрузка дизеля в проц.).

В процессе работы были уточнены характеристики пожарной опасности типовых нефтепродуктов, в том числе впервые определены температурные пределы взрывоопасности паров некото-

рых сортов бензина, керосина, солярового масла, мазута и некоторых сырых нефтей (см. табл. 1). Были изучены вопросы о растворимости углекислоты и азота (главных составных частей дизельных газов) светлыми нефтепродуктами, а также предельно допустимое содержание кислорода в смеси паров светлых нефтепродуктов с дизельными газами. На опытной установке изучен состав дизельных газов четырехтактного дизеля, а также было проверено защитное действие этих газов в резервуаре емкостью 17 м³.

Результаты исследования состава выхлопных дизельных газов от четырехтактного дизеля в зависимости от нагрузки показаны на рис. 1.

Требуемое содержание кислорода (менее 10%) достигается при нагрузке дизеля выше 60%. Состав газов зависит также от коэффициента избытка воздуха.

Приблизительно связь между количеством кислорода в выхлопных газах, нагрузкой на четырехтактный двигатель и коэффициентом избытка воздуха α выражается формулой:

$$O_2 = 21 \left(1 - \frac{H}{\alpha} \right),$$

где: α — коэффициент избытка воздуха;

H — нагрузка на двигатель в процентах.

В табл. 3 приводятся данные, исчисленные по этой формуле.

Таблица 3

Содержание кислорода в выхлопных дизельных газах в зависимости от нагрузки на дизель и коэффициента избытка воздуха

Нагрузка на дизель (H) в %	Количество кислорода в выхлопных дизельных газах (в %) при различных коэффициентах избытка воздуха (α)				
	$\alpha=2$	$\alpha=1,7$	$\alpha=1,5$	$\alpha=1,2$	$\alpha=1,0$
10	20,0	19,8	19,5	19,3	18,9
20	18,9	18,5	18,3	17,6	16,7
50	15,8	14,9	14,1	12,2	10,5
60	14,7	13,6	12,6	10,5	8,4
70	13,6	12,4	11,1	8,9	6,3
80	12,6	11,2	10,0	7,0	4,2
90	11,5	10,0	8,4	5,3	2,1
95	11,0	9,3	7,5	4,4	1,1

Из табл. 3 видно, что при малой нагрузке на дизель содержание кислорода в выхлопных дизельных газах практически не зависит от коэффициента избытка воздуха.

При нагрузках от 50% и выше содержание кислорода в дизельных газах резко возрастает с увеличением коэффициента избытка воздуха.

На рис. 2 приведен так называемый треугольник сгорания различного топлива — график зависимости состава выхлопных дизельных газов и количества выделяющейся при сгорании сажи от коэффициента избытка воздуха. Содержание сажи в отходящих газах показано в килограммах на килограмм (кг/кг) топлива.

Опытные данные по составу выхлопных газов дизеля (см. рис. 1) соответствуют показателям теоретического треугольного графика (см. рис. 2).

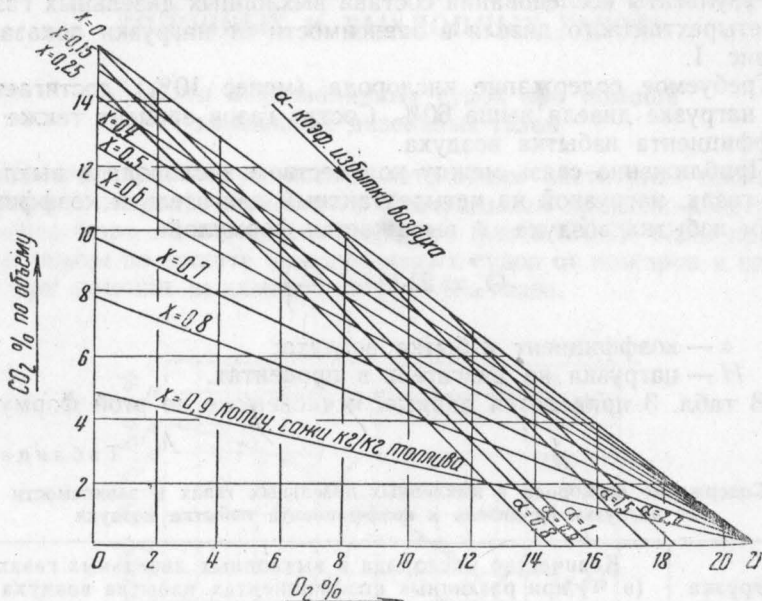


Рис. 2. Треугольник сгорания топлива.

Поясним это на примере.

Анализ состава выхлопных дизельных газов показал содержание в них: углекислого газа — 10%, кислорода — 7%, окиси углерода — следы и азота — 83%.

Определим коэффициент избытка воздуха по формуле:

$$\alpha = \frac{N_2}{N_2 - \frac{79}{21} \left(O_2 - \frac{CO}{2} \right)} = \frac{83}{83 - \frac{79}{21} \cdot 7} = 1,45.$$

Из графика (на рис. 2) мы видим, что указанному содержанию кислорода и углекислого газа соответствует коэффициент избытка воздуха, равный приблизительно 1,4.

В результате лабораторных и полигонных испытаний для танкеров морского флота была разработана принципиальная схема

защитной установки (рис. 3) на базе использования выхлопных газов четырехтактных судовых двигателей.

Газы из выхлопного коллектора дизеля 1 отсасываются вентилятором 4 и по трубе \varnothing 2,5" поступают в вертикальный скруббер 2, который орошается забортной водой при помощи трех форсунок. Газ поступает снизу и отводится сверху. В скруббере горячие газы охлаждаются, но температура их остается на 5—10° С выше температуры охлаждающей воды. Затем газы поступают во влагоуловитель 3 с двухслойной коксовой насадкой, проходят через вентилятор 4, поступают в конденсатор 5 и далее нагнетаются через палубный магистральный трубопровод 6 по разветвленной системе в грузовые танки. Смесь паров нефтепродуктов с дизельными газами и воздухом в танках (емкостях) находится под небольшим избыточным давлением (50—100 мм вод. ст.), которое выравнивается с атмосферным давлением через дыхательные клапаны.

После вентилятора газы подвергаются анализу на содержание в них углекислого газа посредством автоматического газоанализатора 7 и одновременно измеряется их температура. Для того чтобы избежать проскака горячих выхлопных или топочных газов в грузовые танки, скруббер снабжен автоматическим клапаном, пропускающим выхлопные газы только после пуска воды.

Приводим некоторые технические показатели работы опытных судовых защитных станций с использованием выхлопных дизельных газов от вспомогательного четырехтактного двигателя:

Давление в системе на выходе	90 мм вод. ст.
Температура выхлопных газов после вентилятора при температуре охлаждающей воды 18—20° и окружающего воздуха 25—30°	24—25° С
Расход воды на охлаждение газов	14 л/мин
Состав газов при нагрузке дизеля от 70 до 90%:	
углекислоты	7—8%
кислорода	7—9,5%

Количество выхлопных газов, отбираемых установкой, обеспечивает заполнение ими емкостей, освобождающихся при выгрузке.

2. Защита нефтеналивных судов при помощи топочных газов

Кроме описанных установок, работающих на выхлопных газах четырехтактных двигателей, на некоторых нефтеналивных судах были испытаны защитные системы, использующие топочные дымовые газы от вспомогательных котельных установок.

Топочные газы забирались через дополнительный коллектор от котельной дымовой трубы. Очистка, охлаждение и подача их производились по схеме, принятой для дизельных газов (см. рис. 3). Опытами установлено, что при форсированном режиме

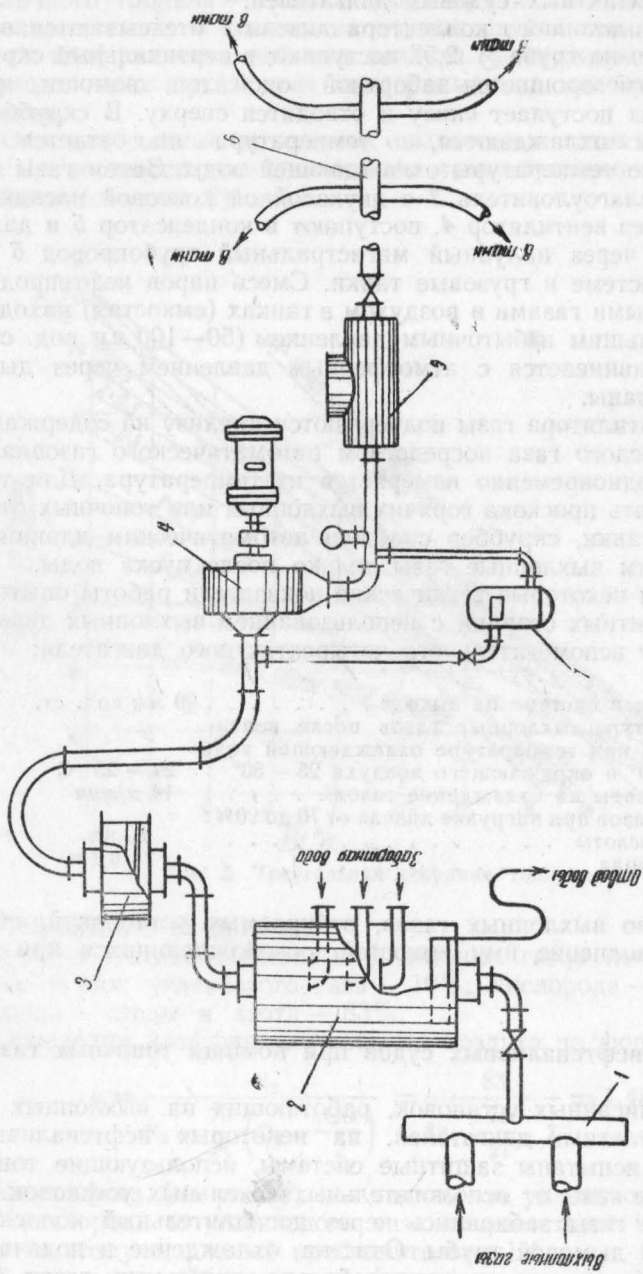


Рис. 3. Принципиальная схема опытной судовой защитной станции с использованием выхлопных дизельных газов: 1 — выхлопной коллектор дизеля; 2 — скруббер вертикальный; 3 — влагоуловитель; 4 — вентиллятор; 5 — конденсатор; 6 — магистральный трубопровод и разводная система по танкам (емкость); 7 — автоматический газоанализатор.

работы котла дымовые топочные газы содержат около 6% кислорода, что обеспечивает надежную работу защитной установки. При малой форсировке содержание кислорода в выхлопных газах может увеличиться до 11,5%. Поэтому работа котла при таком режиме недопустима.

3. Безопасный способ производства огневых (сварочных) ремонтных работ на судах речного флота с применением топочных газов

Группой научных работников Индустриального института при участии работников Министерства речного флота СССР¹ решена проблема безопасного ведения огневых ремонтных (свароч-

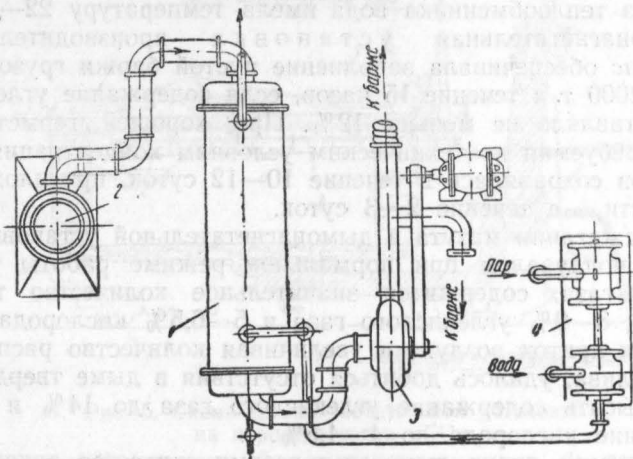


Рис. 4. Принципиальная схема дымомагнетательной установки на баркасе мощностью 110 л. с. с использованием дымовых газов:

1 — теплообменник; 2 — труба; 3 — вентилятор высокого давления.

ных) работ на нефтеналивных судах речного флота с применением дымовых (топочных) газов.

Опытные работы велись с использованием построенной на баркасе дымомагнетательной установки мощностью 110 л. с. производительностью 500 м³/час охлажденного дыма.

Принципиальная схема дымомагнетательной установки показана на рис. 4.

Дымовые газы, образующиеся от сжигания мазута в топке котла, пройдя дымник, поступают в дымовую трубу 2. В верхней

¹ Безопасный способ ведения огневых ремонтных работ на нефтеналивных емкостях. Министерство морского и речного флота СССР. Техническое управление. Водтранссиздат, 1953.

части трубы, снабженной искрогасителем, при закрытом выходном шибере дымовые газы направляются в рубашку дымовой трубы, а из нижней части ее засасываются вентилятором 3 в трубопровод, ведущий к горизонтально установленному теплообменнику 1. В межтрубное пространство теплообменника непрерывно подается забортная вода.

Выйдя из теплообменника, охлажденные до 20—30° С дымовые газы проходят вентилятор и по резиновому переносному шлангу диаметром 150 мм поступают к грузовой магистрали баржи или подключаются к грузовому люку. Вентилятор применяли высокого давления с диаметром колеса 400 мм и числом оборотов 1000 в минуту. Поверхность нагрева теплообменника — 50 м².

Охлаждение производили забортной водой (18—20° С). Выходящая из теплообменника вода имела температуру 22—25° С.

Дымонагнетательная установка производительностью 500 м³/час обеспечивала заполнение пустой баржи грузоподъемностью 2000 т в течение 15 часов, если содержание углекислого газа составляло не меньше 12%. При хорошей герметичности баржи требуемая по техническим условиям концентрация дымовых газов сохранялась в течение 10—12 суток, при плохой герметичности — в течение 2—3 суток.

При сжигании мазута в дымонагнетательной установке с открытым поддувалом при нормальном режиме работы топки в дымовых газах содержится значительное количество твердого углерода, 8—9% углекислого газа и 5—6,5% кислорода. Лишь уменьшая приток воздуха и увеличивая количество распыливаемого топлива, удалось добиться отсутствия в дыме твердых частиц, повысить содержание углекислого газа до 14% и снизить содержание кислорода до 4—4,5%.

Заполнение судна дымовыми газами считается законченным в том случае, если в верхней части подпалубного пространства всех отсеков содержится углекислого газа более 10%, а кислорода — менее 5%.

Для выполнения огневых работ на нефтеналивных судах речного флота предельная норма содержания кислорода в дымовых газах принята 5%, а углекислого газа — не менее 10—12%.

4. Безопасный способ производства ремонтных работ на железнодорожном транспорте с применением дымонагнетательной установки от паровоза

Применение дымовых газов для безопасного ведения ремонтных работ технически решено и для железнодорожного транспорта¹. Первая опытная установка была применена на паровозе

¹ Безопасный способ ведения огневых ремонтных работ на нефтеналивных емкостях. Министерство морского и речного флота СССР. Техническое управление. Водтрансиздат, 1953.

серии «СО» с использованием имевшегося на нем оборудования для конденсации отработанного пара.

Как видно из схемы дымомагнетательной установки (рис. 5), на паровозе серии «СО» отработанный пар от турбины вентиляторов отводится в атмосферу.

Дымовой газ из трубы по специально изготовленному трубопроводу диаметром 350 мм поступает в верхний коллектор конденсатора (вместо отработанного пара) и, проходя по трубам сверху вниз, охлаждается с 70 до 25° С.

Отбор охлажденного газа происходит в месте подачи воды из бака конденсатора в котел. Для этого трубопровод отсоеди-

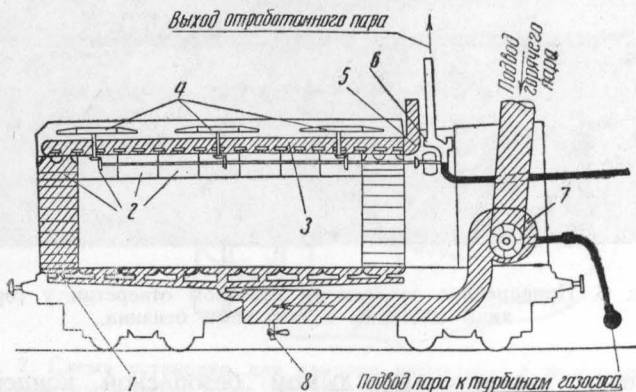


Рис. 5. Схема дымомагнетательной установки на паровозе серии «СО»:

- 1 — нижний коллектор; 2 — секции холодильника; 3 — верхний коллектор; 4 — вентилятор; 5 — отбор охлажденного газа; 6 — турбина вентиляторов; 7 — газосос; 8 — кран для спуска скоонденсированной воды.

няется и к выводному фланцу задвижки Лудло присоединяется гибкий шланг.

Охлажденный дымовой газ направляется по гибкому прорезиненному шлангу диаметром 150 мм и длиной 20 м в цистерны для заполнения их перед ремонтом (без удаления из них остатков нефтепродуктов).

Эта установка, сжигая около 260 кг угля в час, работает с производительностью 3000 м³/час дымового газа. При нормальной тяге газ содержит от 8 до 10% углекислоты, 3—5% кислорода, а при недостаточно открытом поддувале содержание углекислоты увеличивается до 15—16%, количество же кислорода снижается до 2—3%.

В качестве примера практического использования установки на рис. 6 показана заплатка, приваренная у горловины железно-

дорожной 25-тонной цистерны. Приварка производилась на цистерне, в которой имелись остатки бензина. Время, необходимое для заполнения 25-тонной цистерны дымовым газом, составляет 5 минут, а 50-тонной — 8 минут.

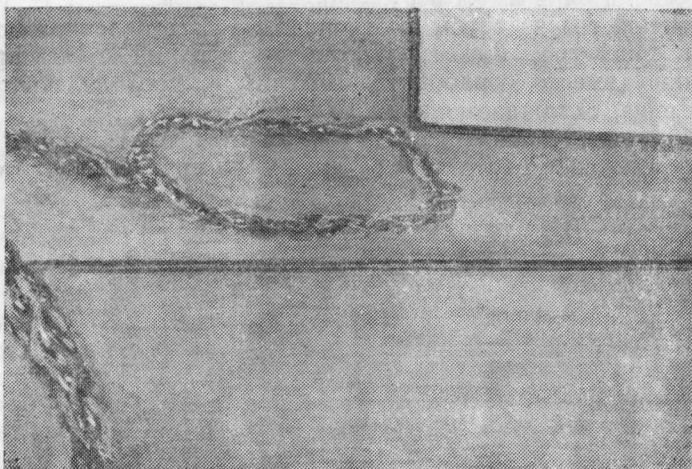


Рис. 6. Приваренная заплата на сквозном отверстии у горловины цистерны с остатками бензина.

Цистерны, заполненные дымом безопасной концентрации, позволяют проводить работу в течение 2—3 часов (проверено опытом в ветреную погоду при температуре воздуха 26° С).

5. Безопасный способ производства сварочных работ на таре из-под горючего с продувкой выхлопными газами от автомобильных двигателей

Тара из-под горючих жидкостей, подлежащая ремонту, представляет значительную опасность во время сварочных работ, так как остаток горючей жидкости (особенно легковоспламеняющейся) образует взрывоопасную смесь паров с воздухом. Даже самые незначительные остатки керосина в бочке с температурой вспышки 28° С могут образовать взрывоопасные смеси, если температура окружающего воздуха выше 28° С.

Бочки, опоржненные от горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, представляют опасность не только во время сварки, но и при открывании заржавленных пробок, если не соблюдать мер предосторожности.

Поэтому перед ремонтом их рекомендуется полностью освобождать тару от паров горючей жидкости путем пропаривания или заполнения водой.

Ремонт тары может быть произведен и без предварительного удаления остатков горючей жидкости или заполнения ее водой. В этом случае применяются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания по способу, предложенному Г. Н. Медведевым. Однако этот способ может оказаться небезопасным, если не соблюсти ряда условий его применения.

Известно, что состав выхлопных газов в различных типах двигателей внутреннего сгорания неодинаков. Кроме того, в выхлопных газах может содержаться большое количество окиси углерода, являющейся взрывоопасной.

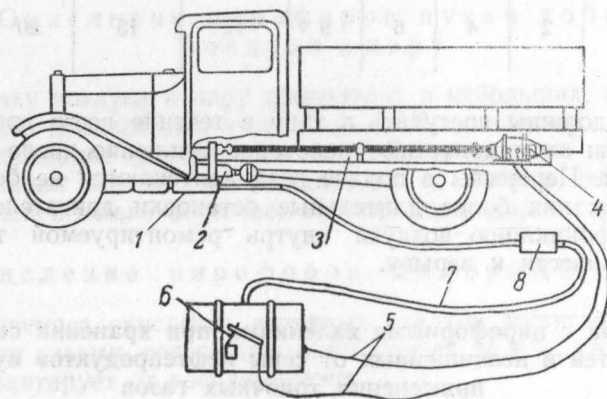


Рис. 7. Схема установки для заварки нефтетары с использованием выхлопных газов от двигателя электросварочного агрегата:

1 — глушитель мотора автомашины; 2 — редуктор от коробки передач к генератору; 3 — вал, соединяющий редуктор с генератором; 4 — генератор, вырабатывающий ток для сварки; 5 — провода; 6 — сварочный электрод; 7 — шланг; 8 — искрогаситель или искроуловитель.

Выхлопные газы дизельных двигателей, как отмечалось выше, неизбежно содержат переменное количество кислорода, зависящее от нагрузки на дизель. Так, например, дизельные газы двухтактных двигателей совершенно непригодны для защитных целей, так как они содержат до 18% кислорода.

На рис. 7 приведена схема рационального использования выхлопных газов автомобильного двигателя электросварочного агрегата сельскохозяйственного типа.

Для ремонта нефтетары в сельском хозяйстве целесообразно организовать сварочные автопередвижки, монтируемые на шасси грузового автомобиля. Сварочные передвижки могут быть дополнительно оборудованы установками для газовой сварки, что обеспечит более широкое использование их в МТС и колхозах.

При использовании выхлопных газов следует учитывать, что двигатели автомобиля, работая без нагрузки (холостым ходом)

с 400—450 об/мин., требуют для полного вытеснения воздуха из тары различной емкости следующее время (табл. 4).

Таблица 4

**Вытеснение воздуха из тары с использованием выхлопных газов
автомобильных двигателей**

Объем тары в л	До 200	201—350	351—500	501—700	701—900	901—1100	1101—1400	1401—1700
Время в мин.	2	4	6	9	12	15	20	25

Газы должны поступать в тару в течение всего времени заварки; при этом допустимо некоторое снижение числа оборотов двигателя. Перерывы в подаче газа допускаются не более 3—5 минут, так как более длительные остановки двигателя способствуют прониканию воздуха внутрь ремонтируемой тары, что может привести к взрыву.

6. Борьба с пирофорными явлениями при хранении сернистых нефтей и неочищенных от серы нефтепродуктов путем применения топочных газов

Использование дымовых газов и водяного пара известно из практики борьбы с пирофорными явлениями в резервуарах.

При длительном хранении сырых сернистых нефтей и их продуктов переработки на стенках резервуаров образуются в результате коррозии осадки, содержащие сернистое (преимущественно закисное) железо, которое при освобождении от слоя нефтепродукта и контакте с воздухом легко окисляется, выделяя значительное количество тепла. Этого тепла в условиях затрудненной теплоотдачи в окружающую среду оказывается достаточно для самовоспламенения паров или газов, смешанных с воздухом. Свойства пирофорных осадков были изучены в 1945—1948 г. Всесоюзным научно-исследовательским институтом по технике безопасности в нефтяной промышленности, а несколько позже ЦНИИПО¹.

Борьба с пирофорностью осадков может вестись способами, основанными на принципах медленного, постепенного окисления осадков. Выделяющееся тепло окислительной реакции успевает рассеяться в окружающей среде, поэтому процесс окисления становится безопасным в отношении пожара.

¹ М. Г. Годжелло, З. В. Коршак. Борьба с пирофорными явлениями при хранении сернистых нефтей. Информационный сборник ЦНИИПО «Противопожарная профилактика» Изд. МКХ РСФСР. 1952, стр. 3—19.

При очистке крекингоостатковых резервуаров допускается окисление пирофорных осадков воздухом путем постепенного снижения уровня воды в резервуарах. Этот метод может считаться безопасным в пожарном отношении лишь при строгом соблюдении режима опорожнения заполненного резервуара от воды, которое должно продолжаться не менее суток.

Наиболее целесообразно окисление пирофоров проводить в сочетании с пропариванием емкостей или заполнением их дымовыми газами следующими способами.

а) Окисление пирофоров путем добавки воздуха к пару

Добавку воздуха к пару производят в небольших, неопасных для взрыва количествах — от 0,1 до 0,5% по объему.

Пропаривание резервуаров с нефтепродуктами размягчает и разрыхляет осадки, освобождает их от пленки нефтепродуктов, что значительно облегчает очистку резервуаров струей воды.

б) Окисление пирофоров дымовыми газами

Постепенное окисление активных осадков достигается также дымовыми газами, содержащими кислорода до 8%, что в полной мере гарантирует от воспламенения.

7. Хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей под защитой выхлопных топочных и дизельных газов

Хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в среде негорючих газов является одним из наиболее надежных способов защиты от пожаров и взрывов.

Особенно необходима защита емкостей, содержащих жидкости с температурой вспышки выше 10—12° С.

Из данных табл. 1 видно, что к числу таких жидкостей относятся: спирт этиловый (11—39° С), спирт метиловый (7—40° С), а также толуол (1—30° С), этилацетат (1—31° С), дихлорэтан (8—31° С) и ксилол (24—50° С).

Хранение некоторых горючих жидкостей в подземных хранилищах, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с надземными, не устраняет опасности взрыва и пожара. Более того, поскольку подземные хранилища не подвергаются резким колебаниям температур, опасность возникновения пожара в отношении некоторых горючих жидкостей повышается.

По проверенным данным для средней полосы СССР среднегодовая температура почвы на глубине 1,5 м составляет 6,5° С с колебаниями от 1,6° С (март) до 13,4° С (август).

Таким образом, при хранении, например, толуола или этилацетата (температурные пределы взрывоопасности которых

6820/648р.

1—31° С), в подземном хранилище в паровом пространстве резервуаров на протяжении всего года будут образовываться взрывоопасные соотношения паров с воздухом.

Защиту емкостей (особенно надземных) негорючими газами целесообразно осуществлять только в тот период, когда возможно образование взрывоопасных концентраций.

Емкость предварительно проверяют в отношении герметичности. Если она плохая, то не может быть безопасного хранения горючих жидкостей даже в том случае, если непрерывно подавать негорючие газы, что практически трудно осуществимо и экономически невыгодно.

При защите от взрывов спиртохранилищ, особенно с пищевым и этиловым спиртом (над чем в данное время работают некоторые проектирующие организации), следует учитывать:

а) значительную растворимость углекислого газа в спирте (в 1 объеме спирта растворяется при 0° 4,3 объема углекислого газа), что практически затрудняет использование чистой углекислоты. В этом отношении можно было бы отдать предпочтение техническому азоту, растворимость которого меньше, чем углекислоты;

б) целесообразность проектирования защитных установок для спиртохранилищ на базе выхлопных дизельных газов;

в) тщательное освобождение выхлопных газов от взвешенных твердых частиц углерода и от вредных примесей (СО, H₂S, SO₂ и др.);

г) необходимость сушки дизельных газов для спиртохранилищ с ректификатором.

Большой практический интерес для защиты спиртохранилищ представляют продукты поверхностного горения.

8. Применение в качестве негорючих (инертных) газов продуктов поверхностного беспламенного горения

В результате многочисленных исследований в области поверхностного беспламенного горения газов было установлено, что гетерогенное, т. е. протекающее на горячей поверхности различных твердых материалов, горение ускоряется и сгорание газов происходит с большей полнотой.

В качестве контактирующих поверхностей были предложены более дешевые, чем платина, керамические материалы (шамот, диас и т. п.), а также найдены каталитически активные и активизированные окислами никеля и железа природные огнеупоры (дунит, шамот и пр.).

Экспериментальные работы по поверхностному горению были начаты в СССР в 1922 г. В. А. Ушаковым и Н. М. Караваевым¹.

¹ М. Б. Равич. Поверхностное беспламенное горение. Изд. Академии наук СССР, 1949.

Водотрубные паровые котлы поверхностного беспламенного горения впервые были созданы в 1936 г. в СССР Энергетическим институтом Академии наук СССР и Уральским филиалом Всесоюзного теплотехнического института.

Водогрейный беспламенный котел был предложен М. Б. Равич¹. В Академии наук СССР был разработан проект такого котла ЭНИН-1-240, который был сдан в эксплуатацию в декабре 1946 г.

Дожигание выхлопных газов методом поверхностного беспламенного горения имеет большое практическое значение. Выхлопные газы, содержащие значительное количество окиси углерода, при этом обезвреживаются и используются в качестве негорючих (инертных) газов для защиты от пожаров и взрывов.

М. Б. Равич отметил возможность дожигания выхлопных автомобильных газов с высоким содержанием окиси углерода (до 7%). Данные этих результатов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Состав выхлопных газов автомобильных двигателей до и после дожигания методом беспламенного горения

Составные части газовой смеси	Состав выхлопных газов в %	Состав газов после дожигания в %
CO ₂	1,6	8,15
O ₂	12,42	9,07
CO	6,78	0,14
CH ₄	2,50	0,25
H ₂	4,52	0,34
Тяжелые углеводороды	0,5	—
N ₂	71,68	82,00

Таким образом, экспериментально было достигнуто дожигание окиси углерода на 97%, а суммарное содержание в газах инертной части (CO₂ + N₂) доведено до 90,15%. При этом содержание кислорода 9,07% (как указывалось выше) вполне удовлетворяет условиям, необходимым для защиты большинства горючих жидкостей.

9. Применение негорючих газов в других отраслях промышленности

В нефтеперерабатывающей промышленности проектируется проведение депарафинизации масел в барабанных вакуум-фильтрах под защитой азота или углекислого газа. В качестве растворителей масел намечается применить смесь из бензола, ацетона и толуола. Температурный режим фильтрации — 32°С.

¹ М. Б. Равич. Поверхностное беспламенное горение. Изд. Академии наук СССР, 1949.

Точных сведений о том, при каком вакууме будут работать эти фильтры, не имеется, но для примера можно проанализировать степень пожарной опасности процесса фильтрации при различных остаточных давлениях.

В табл. 6 показана зависимость давления паров растворителей от температуры.

Таблица 6

Давление паров растворителей в зависимости от температуры

Растворитель	Давление паров в мм рт. ст.				
	1	5	20	40	60
	Соответствующие температуры в °С				
Бензол	-36,7	-19,6	-2,6	+7,6	+15,4
Ацетон	-59,4	-40,5	-20,8	-9,4	-2,0
Толуол	-26,7	-4,4	+18,4	+31,8	+40,3

Пользуясь формулой:

$$k = \frac{p_t}{P_{общ}} \cdot 100,$$

где: k — концентрация паров в воздухе в %;

p_t — давление паров при температуре $t^\circ\text{С}$;

$P_{общ}$ — общее давление в системе в мм рт. ст., абсолютных, вычислим изменения концентраций паров в пределах от 1 до 15% в зависимости от вакуума при 400 и 200 мм рт. ст. остаточного давления.

Эти данные сведены в табл. 7.

Таблица 7

Изменение концентрации паров растворителей в зависимости от вакуума

Растворитель	Вакуум 400 мм рт. ст. (остаточного давления)					Вакуум 200 мм рт. ст. (остаточного давления)			
	Концентрации в % по объему								
	1,3	2,5	5,0	10,0	15,0	0,5	2,5	10,0	20,0
Бензол	-19,6	-11,5	-2,6	+7,6	+15,4	-36,7	-19,6	-2,6	—
Ацетон	-40,5	-31,1	-20,8	-9,4	-2,0	-59,4	-40,5	-20,8	-9,4
Толуол	-4,0	+6,4	+18,4	+31,8	—	-26,7	-4,4	+18,4	—

Известно, что пределы взрыва при разрежении сужаются. В области вакуума 40 + 60 мм рт. ст. остаточного давления они практически для всех горючих паров исчезают (кривые зависимости пределов взрыва от давления в системе сходятся в одной

точке). Сужение пределов происходит преимущественно за счет верхнего предела.

Можно констатировать, что температурные пределы взрывоопасности паров по мере разрежения среды смещаются в область низких температур. Например, для бензола нижний температурный предел вместо -14°C смещается в область температур $-19,6^{\circ}\text{C}$ при 400 мм рт. ст. остаточного давления и около -30°C при 200 мм рт. ст. остаточного давления в системе.

Таким образом, избранный температурный режим вакуум-фильтра -32°C при работе под остаточным давлением 200 мм рт. ст. в системе, видимо, окажется в области взрывоопасных соотношений паров бензола и в еще большей мере — ацетона. Поэтому применение в этом случае инертной среды целесообразно.

В различных отраслях промышленности негорючие газы для заполнения свободных пространств следует более широко применять:

- в газгольдерах гидрогенизационных производств, в газгольдерах с ацетиленом, карбидных газогенераторах, а также для продувки их перед заполнением газом;

- в газопроводах, перед наполнением их взрывоопасными газами;

- в газоочистных системах перед вскрытием аппаратов и газоочистных ящиков;

- в нефтеперегонных производствах и крекинг-установках перед вскрытием с целью ремонта аппаратуры, работающей с сернистыми нефтями, где могут быть пирофорные отложения;

- в нефтеперерабатывающей промышленности, в производстве сжиженных газов пропан-пропиленовой и бутан-бутадиеновой фракций;

- в пищевой промышленности для защиты спиртохранилищ, в экстракционных цехах растительных масел и пр.;

- в анилино-красочной промышленности при сушке красителей, склонных к самовозгоранию;

- в лакокрасочной промышленности, в хранилищах растворителей, особенно тех, которые способны к электризации;

- в коксобензольной промышленности, особенно для защиты хранилищ с бензолом, толуолом, ксилолом и другими горючими жидкостями.

При выборе источников получения негорючих газов следует ориентироваться в первую очередь на использование отбросных, отходящих топочных или дизельных газов.

10. Применение четыреххлористого углерода в качестве негорючей добавки к различным легковоспламеняющимся и горючим жидкостям

Для решения вопросов, связанных с понижением пожарной опасности некоторых жидкостей (дихлорэтана, бензола и толуо-

ла), ЦНИИПО были исследованы их смеси с четыреххлористым углеродом.

В табл. 8 и на графиках (рис. 8, 9 и 10) приводятся полученные результаты.

Таблица 8

Влияние добавки четыреххлористого углерода на температурные пределы взрывоопасности дихлорэтана, бензола и толуола

Наименование смеси	Количество четыреххлористого углерода в смеси в % по объему	Температурные пределы взрывоопасности насыщенных паров смеси в воздухе в °С	
		нижний	верхний
Дихлорэтан + четыреххлористый углерод	0	+8	+31
	10	+18	+30
	20	+23	+27
	26	Нет	
Бензол + четыреххлористый углерод	0	-14	+12
	10	-11	+9
	20	-8	+6
	30	-4	+3
	35	-2	+2
	40	Нет	
Толуол + четыреххлористый углерод	0	+2	+26
	10	+3	+23
	20	+6	+20
	30	+10	+17
	40	+15	+16

Как видно из приведенных в табл. 8 данных, добавки к горючим жидкостям четыреххлористого углерода заметно суживают пределы взрывоопасности их паров в воздухе.

Установлено, что при концентрациях четыреххлористого углерода в смесях (в процентах по объему) в жидкой фазе они теряют взрывчатые свойства:

дихлорэтан — 26% и выше,

бензол — 38% и выше,

толуол — 42% и выше.

В связи с этим был поставлен вопрос о возможности применения четыреххлористого углерода при ремонте нефтеналивных судов. Для этого определили, используя метод температурных пределов, степень пожарной опасности паров различных нефтепродуктов в смеси с парами четыреххлористого углерода.

К жидкому нефтепродукту во всех случаях добавлялось 60% (по весу) четыреххлористого углерода.

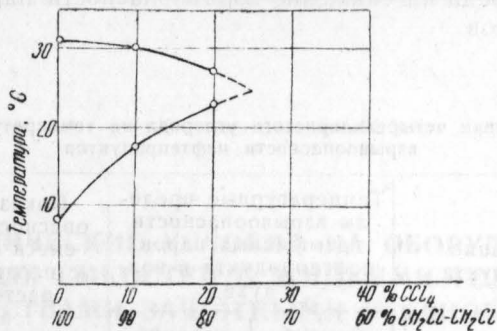


Рис. 8. Температурные пределы взрывоопасности паров смесей дихлорэтана и четыреххлористого углерода в различных соотношениях.

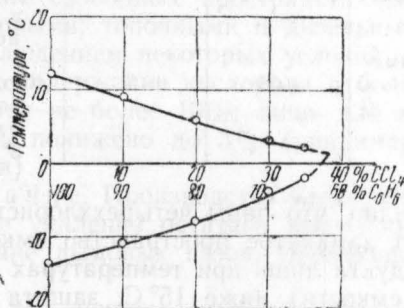


Рис. 9. Температурные пределы взрывоопасности паров смесей бензола и четыреххлористого углерода в различных соотношениях.

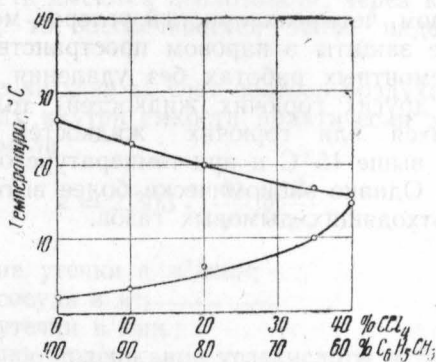


Рис. 10. Температурные пределы взрывоопасности паров смесей толуола и четыреххлористого углерода в различных соотношениях.

В табл. 9 приводятся данные о влиянии паров четыреххлористого углерода на снижение взрывоопасности паров некоторых нефтепродуктов.

Таблица 9

Влияние добавки четыреххлористого углерода на температурные пределы взрывоопасности нефтепродуктов

Наименование нефтепродукта	Температурные пределы взрывоопасности насыщенных паров нефтепродукта в воздухе		Показатели взрывоопасности насыщенной смеси горючих паров с парами четыреххлористого углерода в воздухе
	нижний	верхний	
Бензин „А-74“	-36	-7	Верхний предел взрывоопасности смеси паров -5°C
Керосин тракторный	+14	+70	При температуре $+14^{\circ}\text{C}$ и выше смесь паров невзрывоопасна
Сырая нефть туймазинская	-21	-8	Верхний предел взрывоопасности смеси паров повышается на 3°C

Из табл. 9 видно, что пары четыреххлористого углерода надежно защищают замкнутое пространство емкости с остатками любого нефтепродукта лишь при температурах выше 15°C . Если температура (в емкости) ниже 15°C , защита не обеспечивается вследствие того, что давление паров четыреххлористого углерода в этих условиях недостаточно для образования огнегасительных концентраций в паровоздушной смеси (в паровом пространстве емкости).

Таким образом, четыреххлористый углерод можно рекомендовать в качестве защиты в паровом пространстве емкостей (например, при ремонтных работах без удаления остатков нефтепродуктов или других горючих жидкостей) только для легковоспламеняющихся или горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 15°C и при температуре окружающей среды выше 15°C . Однако экономически более выгодно применение в этих целях отходящих дымовых газов.

III. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ОБОРУДОВАНИЕ ЗАКРЫТЫХ ЕМКостей С ЖИДКИМИ ГОРЮЧИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ЗАЩИТНЫМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ

Для надежной защиты от пожаров и взрывов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, находящихся в закрытых емкостях, заполнение свободных пространств емкостей негорючими газами (дымовыми, топочными и дизельными) должно производиться с соблюдением некоторых условий.

1. Предельное содержание кислорода в большинстве газовых смесей допускается не более 10%; лишь для некоторых из них оно должно быть понижено до 3% (например, для воздушно-водородной смеси).

Примечание. Производство электросварочных ремонтных работ без удаления остатков нефтепродуктов предполагает применение дымовых газов, содержащих не более 5% кислорода.

2. Применяя для защиты емкостей чистый углекислый газ (из баллонов), необходимо систематически контролировать его содержание в газо-паро-воздушной смеси и поддерживать не ниже 25%.

Если в емкости имеются неплотности, через которые возможны утечки газа, то обеспечивается запас надежности не ниже 1,5.

Величина утечки газа за счет подсоса воздуха или при избыточных давлениях внутри емкости практически может быть вычислена по формуле¹:

$$k = 2,303 \cdot \frac{V}{t} \lg \frac{R_0}{R_t}$$

Где: k — величина утечки в $m^3/мин$;

V — объем сосуда в m^3 ;

t — время утечки в мин.;

R_0 — начальное содержание углекислоты в % по объему;

¹ И. С. Ройзен. Техника безопасности и противопожарная техника в химической промышленности, Госхимиздат, 1951.

R_t — содержание углекислоты по истечении t минут в ‰ по объему.

R_0 и R_t определяют путем анализа на углекислоту через заданные промежутки времени по прибору Орса.

3. Дымовые и дизельные газы (если возможна их утечка в рабочие, жилые или складские помещения) очищаются с учетом предельно допустимых концентраций ядовитых газов и паров в воздухе рабочей зоны помещений по ГОСТ 1324—47 (табл. 10).

При работе в загазованной атмосфере не более 1 часа допустимая концентрация может быть повышена до 0,05 мг/л, при длительности работы в 15—20 мин. (в гаражах) — до 0,2 мг/л.

Для помещений гаражей предельно допустимая концентрация окиси углерода принимается как среднечасовая; при этом увеличение концентрации допустимо до 0,12 мг/л в продолжение не более 15 мин.

Таблица 10

Предельно допустимые концентрации ядовитых и вредных газов и паров в воздухе производственных помещений

Наименование вредных примесей	Максимально допустимые концентрации	
	по ГОСТ 1324—47 в мг/л	в ‰ по объему*
Окись углерода	0,03*	0,02
Сероводород	0,01	0,01—0,02
Сернистый газ	0,02	0,01

* Данные о максимально допустимой концентрации в проценте по объему приведены из «Технической энциклопедии» (т. IV, стр. 84).

4. Технические дымовые (топочные) и дизельные газы, используемые для защиты закрытых емкостей, должны подвергаться очистке с последующим охлаждением их до температуры не выше +30° С.

Для судовых установок при водяном охлаждении температура газа может быть на 5—10° С выше температуры забортной воды.

5. Если в схеме использования выхлопных газов нет скруббера с водяным орошением, то устанавливается искроуловитель или водяной затвор.

6. Контроль состава защитных газов следует проводить путем периодического отбора проб газа из свободного пространства емкости (резервуара, цистерны, сосуда) и определения по прибору Орса наличия в них кислорода и углекислого газа.

7. В судовых установках целесообразно вводить автоматический контроль состава газов с применением газоанализаторов на кислород или углекислый газ.

8. Применяя выхлопные дизельные газы четырехтактных двигателей, следует отбирать их при возможно более высокой нагрузке дизеля — 60%.

На работу двигателей отбор газов из выхлопного коллектора практически влияния не оказывает, так как сопротивление выхлопным газам в глушителе выхлопной трубы при работе установки уменьшается.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Пожарная опасность горючих жидкостей	3.
II. Техническое использование негорючих топочных и выхлопных газов	6
1. Защита нефтеналивных судов при помощи выхлопных дизельных газов	6
2. Защита нефтеналивных судов при помощи топочных газов	9
3. Безопасный способ производства огневых (сварочных) ремонтных работ на судах речного флота с применением топочных газов	11
4. Безопасный способ производства ремонтных работ на железнодорожном транспорте с применением дымоагрегативной установки от паровоза	12
5. Безопасный способ производства сварочных работ на таре изпод горючего с продувкой выхлопными газами от автомобильных двигателей	14
6. Борьба с пирофорными явлениями при хранении сернистых нефтей и неочищенных от серы нефтепродуктов путем применения топочных газов	16
7. Хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей под защитой выхлопных топочных и дизельных газов	17
8. Применение в качестве негорючих (инертных) газов продуктов поверхностного беспламенного горения	18.
9. Применение негорючих газов в других отраслях промышленности	19
10. Применение четыреххлористого углерода в качестве негорючей добавки к различным легковоспламеняющимся и горючим жидкостям	21
III. Технические условия на оборудование закрытых емкостей с жидкими горючими веществами защитными установками для предупреждения пожаров и взрывов	25.

О П Е Ч А Т К И

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
3	15 сверху	выше 45° и до 230°C	выше 45°	Автора

Заказ 619

8