

И.Б. Воронин

«Technex Ltd», 69 Ridge Road, Albany, Auckland, New Zealand

Представительство в Европе: ул. Севастопольская, 17/84, г. Киев, Украина, 02099

e-mail: officekiev123@yahoo.com

ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЁХОСНОГО ПОЛУПРИЦЕПА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ КРИОПРОДУКТОВ

В связи с ростом потребления в промышленности стран СНГ жидких криопродуктов (кислород, азот, аргон, сжиженный природный газ, диоксид углерода) ощущается спрос на специальные транспортные средства для их доставки. Для этого в большинстве случаев выгодно использовать криогенные полуприцепы. Сообщается о начале производства в Украине современных криогенных полуприцепов в порядке реализации проекта компании «Technex Limited» (Новая Зеландия). Полуприцеп по своим техническим характеристикам, уровню безопасности и экологическим параметрам отвечает стандартам России, Украины и др. стран, а также ряду известных международных требований. Первые полуприцепы имеют объём криогенного резервуара 19,59 м³, могут перевозить 20,52 т жидкого кислорода. В них используется высокоэффективная экранно-вакуумная теплоизоляция. В технологическую схему включён криогенный центробежный насос, позволяющий существенно снизить потери криопродуктов при заполнении полуприцепа и его опорожнении. Заказчики на указанный полуприцеп — предприятия Украины, России и др. государств, а также транснациональные компании, занимающиеся газовым бизнесом в странах СНГ.

Ключевые слова: Кислород. Азот. Аргон. Сжиженный природный газ. Диоксид углерода. Криогенные жидкие продукты. Транспортирование. Криогенный полуприцеп. Экранно-вакуумная теплоизоляция. Криогенный насос. Безопасность.

I.B. Voronin

FEATURES AND CHARACTERISTICS TRIAXIAL SEMITRAILER FOR STORAGE AND TRANSPORTATIONS CRYOPRODUCTS

In connection with growth of consumption in the industry of the CIS-countries of liquid cryoproducs (oxygen, nitrogen, argon, liquefied natural gas, carbon dioxide) is felt demand for special vehicles for their delivery. For this purpose is favourable to use cryogenic semitrailers. It is informed on the beginning of manufacture in Ukraine of modern cryogenic semitrailers by way of realization of the project by company «Technex Limited» (New Zealand). Semitrailer on their characteristics, level of safety and ecological parameters answers to standards of Russia, Ukraine and other CIS-countries and also on number of known international requirements. The first semitrailers have a volume of cryogenic tank of 19,59 m³, can to transport 20,52 tn of liquid oxygen. In them is used a highly effective screen-vacuum heat insulation. The cryogenic centrifugal pump allowing to essentially reduce of loss cryoproducs at filling semitrailer and it emptying is included in the technological circuit. Customers on specified emptying are the enterprises of Ukraine, Russia and others countries, and also the transnational companies engaged in gas business in CIS-countries.

Keywords: Oxygen. Nitrogen. Argon. Liquefied natural gas. Carbon dioxide. Cryogenic liquid products. Transportation. Cryogenic semitrailer. Screen-vacuum heat insulation. Cryo-genic pump. Safety.

1. ВВЕДЕНИЕ

В Украине, России и др. странах СНГ наблюдается рост потребления таких низкотемпературных тех-

нических газов, как кислород, азот, аргон, природный газ и диоксид углерода. Для их транспортирования в жидком виде крупным потребителям необходимо использовать специальные транспортные средства [1,2].

Для перевозки жидких продуктов разделения воздуха (кислорода, азота, аргона) часто применяют транспортные резервуары типа ТРЖК [3] или транспортные цистерны типа ЦТК [1]. Криогенные ёмкости этих модификаций, в основном имеющие длительные сроки эксплуатации, ещё широко используются в странах СНГ (см. фото 1). Однако через несколько лет возникнет серьёзная проблема их замены, так как возможности рынка СНГ по бывшему в употреблении таком оборудовании практически исчерпаны.



а)



б)

Фото 1. Средства для доставки жидкого кислорода с помощью: а — транспортной криогенной цистерны; б — автопоезда с двумя цистернами

Конечно, хорошей альтернативой указанному является возможность использования для доставки жидких криопродуктов железнодорожных криогенных цистерн [4]. Однако для этого у покупателя обязательно должна быть железнодорожная ветка, а также оборудованный терминал с криогенными ёмкостями больших объёмов и криогенными трубопроводами. Мало у кого хватит средств на создание такой дорогой специализированной инфраструктуры.

Универсальными средствами для транспортирования криопродуктов и их временного хранения являются криогенные полуприцепы. Их применение, к сожалению, несколько сдерживалось из-за отсутствия производителей на территории СНГ, которые могли бы предложить покупателям такие изделия с наиболее привлекательным соотношением «стоимость / качество». В настоящее время такой производитель появился. Компанией «Technex Limited» (Новая Зеландия-Украина) при поддержке Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА» успешно реализован в декабре 2007 г. проект сборки в Украине эффективных криогенных трёхосных полуприцепов для перевозки и хранения жидких криопродуктов.

Для выполнения проекта были объединены усилия многочисленных поставщиков составляющих криогенных полуприцепов из различных стран. Производимые полуприцепы соответствуют стандартам стран СНГ, а также других стран. Они прошли испытания в Украине, по результатам которых оформлен сертификат соответствия.

2. ОСОБЕННОСТИ КРИОГЕННОГО ПОЛУПРИЦЕПА

Трёхосный криогенный полуприцеп, предназначенный для перевозки криогенных жидкостей, состоит из горизонтального контейнера (рис. 2) и седельного тягача.



Фото 2. Внешний вид криогенного трёхосного полуприцепа, производимого компанией «Technex Limited»

Корпус контейнера (внешний резервуар) изготовлен из углеродистой стали; внутренний резервуар, стенки которого при эксплуатации полуприцепа находятся при криогенных температурах, — из коррозионно-стойкой хромоникелевой аустенитной стали (фото 3). Представление о габаритах контейнера даёт рис. 4.

Контейнер имеет эффективную экранно-вакуумную теплоизоляцию из множества слоёв алюминиевой фольги, между которыми находятся прокладки из стекловолокнистых материалов. Внутри изоляции поддерживается вакуум на уровне примерно $5 \cdot 10^{-3}$ Па. Длительное поддержание вакуума в изоляции обеспечивается с помощью адсорбентов, поглощающих газы, которые выделяются из её материалов или натекают через неплотности. Адсорбенты размещают на нижней наружной цилиндрической поверхности внутреннего (холодного) резервуара, так как их поглощательная способность резко увеличивается при понижении рабочей температуры.

Полуприцеп имеет в задней части арматурно-приборное отделение управления (см. фото 5). В нём установлены вентили, измерительные приборы и криогенный центробежный транспортный насос. С целью создания условий для безопасного хранения и транспортирования жидких криопродуктов в этом отделении размещено следующее оборудование и приборы:

- индикатор уровня криопродукта TECSIS;
- устройство, предотвращающее разрушение наружного корпуса VD-1 (см. рис. 6);
- комбинированная аварийная защита внутреннего сосуда, включающая двойной предохранительный клапан с двумя разрывными мембранами FB,



а)



б)



в)

Фото 3. Некоторые этапы изготовления криогенного полуприцепа: а — завершено теплоизолирование пространства между внутренним и внешним резервуарами; б — выполнена сборка контейнера и его предварительная покраска; в — проведена окончательная покраска перед отправкой полуприцепа первому его заказчику в СНГ

смонтированными на базе трёхходового отсечного клапана TR;

— разгрузочные клапаны CV-1-5, защищающие трубопроводы от превышения давления сверх допустимого;

— манометры P1-P3.



Фото 5. Размещение арматуры и приборов в отделении управления полуприцепа

Несущая основа отделения управления полуприцепа изготовлена из нержавеющей стали. Отделение имеет закрывающиеся дверцы. В задней части контейнера расположена боковая дверца (см. фото 3,б) для доступа к криогенному центробежному насосу и организации обслуживания оборудования отделения.

В технологическую схему полуприцепа (см. рис. 6) включены два очень важных элемента: испаритель жидкого криопродукта РВС (испаритель наддува) для подъёма давления в криогенном резервуаре; криогенный центробежный транспортный насос Р.

Приведём информацию о наиболее общих характеристиках криогенного полуприцепа: массы при полной загрузке и без неё, соответственно, 34370 и 12850 кг, т.е. номинальная загрузка составляет 20520 кг; вместимость криогенного контейнера — 19,59 м³; внешние размеры (Д×Ш×В) — 12120×2490×3625 мм; максимальное рабочее давление во внутреннем резервуаре — 0,8 МПа, во внешнем — 0,1 МПа;

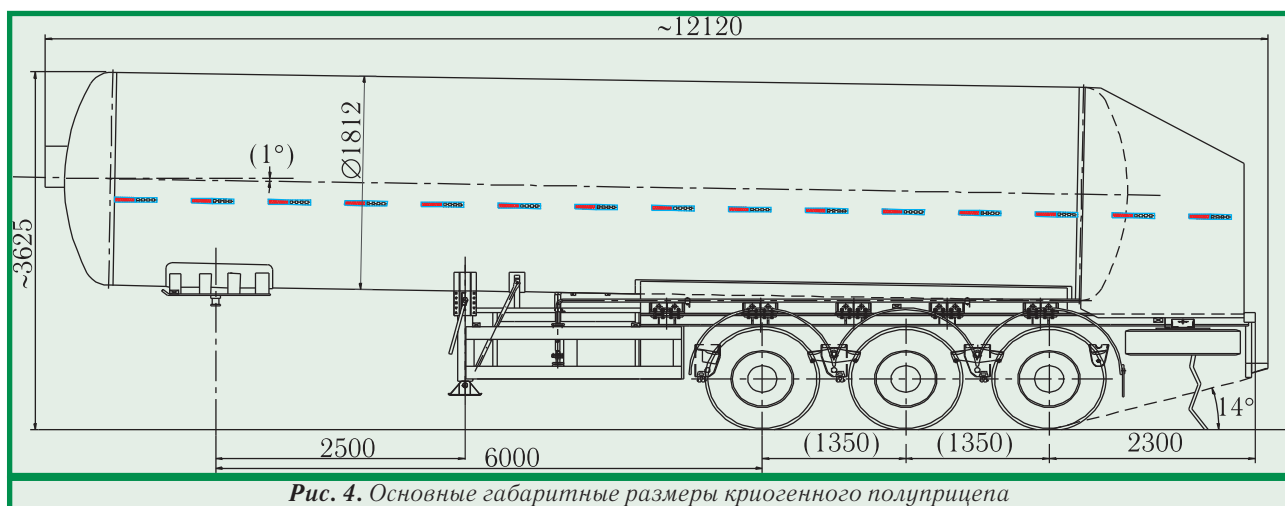


Рис. 4. Основные габаритные размеры криогенного полуприцепа

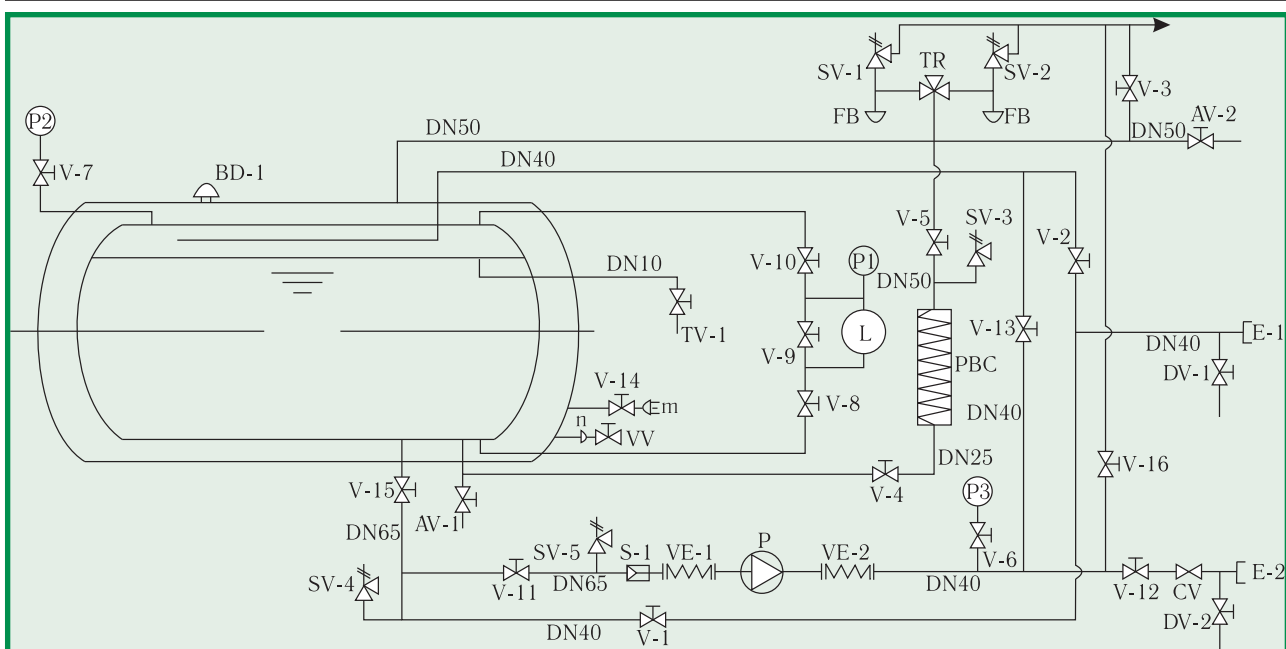


Рис. 6. Технологическая схема криогенного полуприцепа: P1, P2, P3 — манометры; L — уровнемер; P — криогенный центробежный насос; PBC — испаритель наддува (подъёма давления в сосуде с криопродуктом); VE-1, VE-2 — металлические гибкие шланги для подсоединения криогенного насоса; E-1, E-2 — разъёмы для выдачи криопродуктов или заправки ими резервуара; n, t, VV и V-14 — узел вакуумирования и поддержания вакуума в изоляционном пространстве резервуара; FB — разрывные предохранительные мембраны, размещённые на трёхходовом отсечном клапане TR вместе с разгрузочными клапанами сосуда SV-1 и SV-2; BD-1 — предохранительный клапан с разрывной мембраной; SV-3, SV-4, SV-5 — разгрузочные клапаны; DV-1, DV-2 — клапаны продувки остаточной жидкости; S-1 — жидкостный фильтр; CV — запорный клапан; AV-1, AV-2 — клапаны для отбора продукта, соответственно, в виде жидкости или газа для анализов; TV-1 — перепускной клапан; V-1, V-2 — клапаны поддува газа в сосуд; V-3 — клапан сброса давления; V-4, V-5 — клапаны испарителя наддува; V-6, V-7 — манометрические вентили; V-8, V-9, V-10 — клапаны, обеспечивающие работу уровнемера L; V-11, V-12, V-13, V-16 — клапаны линии насоса, возврата жидкости в сосуд и разгрузки насоса; V-15 — вентиль для подачи жидкого криопродукта из сосуда (внутреннего криогенного резервуара)

давление при пневматическом испытании внутреннего резервуара — 1,01 МПа; плотность внутреннего и внешнего резервуаров проверялась гелиевым течеискателем; максимальная масса перевозимого жидкого кислорода — 20520 кг.

Для криогенного полуприцепа определялись значения суточных потерь криопродуктов. С этой целью проводились специальные испытания. Были выполнены заправки полуприцепа несколькими продуктами. На фото 7 — момент заправки жидким аргоном. С этим продуктом полуприцеп проделал путь примерно в 1000 км. Взвешивания у производителя жидкого аргона и его потребителя показали малую потерю продукта. Однако данные по другим продуктам и пересчёт потерь на летние условия эксплуатации позволяют с некоторым запасом принять суточные потери на уровне 0,4 %.

3. ТЕХНОЛОГИИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОЛУПРИЦЕПА ЖИДКИМ КРИОПРОДУКТОМ И ЕГО СЛИВА

Особенность производимого нами полуприцепа — возможность проведения операций его заполнения криопродуктами или их слива с использованием криогенного центробежного транспортного насоса. В технологической схеме полуприцепа применён насос

модели GBC 155/4,5-6,8 C/3, производимый компанией «Криостар» (Франция) [5]. Максимальная производительность насоса — 400 л/мин, давление всасывания — 0,1 МПа (допускается его работа с повышенным до 0,5 МПа давлением на всасывании).

Полуприцеп может комплектоваться криогенными жидкостными насосами и других производителей. Нами сейчас принято решение об использовании в его технологической схеме высокоэффективного насоса ZP170/174, который выпускает известная компания «Fives Cugotec AG» (Швейцария). Его производительность в зависимости от конкретной модели — 400-600 л/мин.

Возможны два режима заполнения полуприцепа продуктами и его опорожнения. Рассмотрим их особенности.

3.1. Прямое заполнение жидкостью

При этой операции необходимо вначале соединить трубу подачи жидкости во внутренний резервуар, имеющую подводящий разъём E-1, с трубопроводом стационарного хранилища криопродукта. Затем нужно открыть выпускной клапан накопившейся жидкости DV-1 и перепускной клапан контейнера примерно на две минуты. После охлаждения питательной трубы жидкости закрыть клапан DV-1, медленно открыть верхний наполнительный клапан V-2 и выпускной

клапан V-3 для заполнения резервуара жидкостью в течение примерно получаса. Затем следует начать заполнение резервуара снизу, для чего надо открыть нижний клапан наполнения и разгрузки V-1 и нижний жидкостный клапан V-15, а клапан V-2 закрыть. Однако можно заполнять резервуар одновременно жидкостью сверху и снизу при открытом клапане V-2. Если давление P1 в резервуаре близко к давлению заполнения, то можно повысить давление в хранилище жидкости или увеличить открытие выпускного клапана V-3, чтобы быстрее вести перелив жидкости в полуприцеп. Если давление продолжает расти, то следует остановить заполнение. В таком образом организуемом процессе заполнения необходимо контролировать его ход по показаниям индикатора уровня L. Также нужно открыть перепускной клапан TV-1, когда уровень жидкости достигнет уровня 3/4 резервуара. Если жидкость начинает выходить через этот клапан, то следует прекратить заполнение и закрыть клапаны TV-1, V-15, V-1, V-2 и V-3. После окончания процесса заполнения через клапан спускают жидкость, накопившуюся в наливном патрубке, отсоединяют трубопровод подачи жидкого криопродукта в полуприцеп.



а)



б)

Фото 7. Заполнение криогенного полуприцепа жидким аргоном:
а — отделение управления в процессе заправки; б — полуприцеп после его заправки криопродуктом

3.2. Заполнение с помощью криогенного насоса

Как и при предыдущей операции, следует соеди-

нить заправочный патрубок полуприцепа, имеющий разъем E-1, с трубопроводом стационарного хранилища криопродукта. Затем открыть клапан DV-1 и перепускной клапан контейнера примерно на две минуты, разморозить патрубок и закрыть клапан DV-1. После этого необходимо открыть нижний клапан заполнения и разгрузки V-1, клапан подачи жидкости в насос V-11, обратный клапан V-13 и запустить криогенный насос P. Если давление P1 во внутреннем резервуаре и показания манометра P3 близки к давлению заполнения, то следует повысить давление поступающей из хранилища жидкости или увеличить открытие выпускного клапана V-3, чтобы ускорить поступление криопродукта в резервуар. Если давление продолжает расти, необходимо снизить темпы заполнения. Всё это время надо следить за показаниями индикатора уровня L. Необходимо открыть перепускной клапан TV-1, когда жидкость достигнет уровня 3/4 резервуара. Если жидкость начинает выходить из перепускного клапана, прекратить заполнение, выключить криогенный насос и закрыть перепускной клапан, нижний клапан наполнения и разгрузки V-1, нижний клапан жидкости V-15, верхний клапан наполнения V-2 и выпускной клапан V-3.

3.3. Слив жидкости с использованием наддува криогенного резервуара

Через разъем E-1 полуприцеп соединяется с трубопроводом приемного стационарного резервуара жидкого криопродукта. Затем примерно на две минуты открывается разгрузочный клапан накопившейся жидкости DV-1 и разгрузочный клапан устройства подачи. После разморозки патрубка нужно закрыть клапан DV-1 и медленно открыть входной V-4 и выходной V-5 клапаны испарителя наддува РВС. Давление в резервуаре следует поднимать, пока оно не превысит давление криогенного резервуара полуприцепа. Однако оно должно быть ниже максимального рабочего давления резервуара. Затем открыть впускной клапан V-1 и нижний клапан жидкости V-15, чтобы начать заполнение жидкостью приемного резервуара. Когда уровень жидкости в нём достигнет уровня наполнения или выдача жидкости из полуприцепа закончится, следует закрыть входной клапан V-4 испарителя наддува. По окончании слива криопродукта закрыть нижний клапан V-1, нижний клапан жидкости V-15 и выпускной клапан испарителя наддува V-5. Затем следует открыть клапан DV-1, чтобы спустить жидкость, накопившуюся в патрубке заправки-опорожнения, развинтить соединение патрубка и снизить остаточное давление в нём.

3.4. Слив жидкости с помощью криогенного насоса

Процесс опорожнения нужно начать с подключения полуприцепа через разъем E-2 к трубопроводу стационарного приемного резервуара криопродукта. После этого примерно на две минуты открыть разгрузочный клапан накопившейся жидкости DV-2, разморозить патрубок и закрыть этот клапан. Затем следует медленно открыть входной V-4 и выходной V-5 клапаны испарителя наддува РВС для подъема давления в

резервуаре до давления всасывания насоса. Давление должно быть меньше максимального давления всасывания криогенного насоса Р и максимального рабочего давления криогенного резервуара полуприцепа. Далее нужно открыть впускной клапан насоса V-11, нижний клапан жидкости V-15 и выпускной клапан насоса V-12, чтобы с помощью насоса наполнить жидкостью приёмный резервуар. Когда уровень жидкости достигнет уровня наполнения в нём или выдача жидкости из полуприцепа закончится, следует выключить криогенный насос и закрыть впускной клапан V-4 испарителя наддува. По окончании наполнения закрыть клапаны V-11, V-15 и V-5. Требуется открыть клапан DV-2, чтобы слить жидкость, накопившуюся в патрубке опорожнения, развинтить его и снизить остаточное давление.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Криогенный полуприцеп для доставки и хранения жидких криопродуктов обладает рядом достоинств. Его применение позволит существенно снизить их потери. Такое утверждение основывается на некоторых конструктивных и технологических преимуществах полуприцепа, производство которого начато в Украине. Отметим только две его особенности: в нём используется высокоэффективная экранно-вакуумная теплоизоляция; процессы заполнения и опорожнения полуприцепа осуществляются с помощью имеющегося в его составе криогенного центробежного транспортно-портного насоса.

В приобретении полуприцепов заинтересованы различные предприятия России, Украины и др. стран. К нему проявляют интерес представители крупного

газового бизнеса в СНГ, которые сотрудничают с транснациональными компаниями.

Для представителей отечественного газового бизнеса в сотрудничестве с банками и известными лизинговыми компаниями нами разработана программа лизинга криогенных полуприцепов. Она позволит тем компаниям, которые уже сейчас пожелают приобрести для использования в своём бизнесе современное криогенное оборудование, оптимизировать по их усмотрению соотношение между собственными и привлечёнными финансовыми средствами. Первый полуприцеп нами уже продан. Сейчас выполняются заказы на поставку полуприцепов нескольким другим компаниям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криогенные системы: В 2-ух томах. Т.2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем/ **А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.П. Беляков и др.** Под общ. ред. **А.М. Архарова** и **А.И. Смородина**. — М.: Машиностроение, 1999. — 720 с.
2. Техничко-экономический анализ перевозок аргона/ **В.Л. Бондаренко, С.Ю. Вигуржинская, Т.В. Дьяченко и др.**// Технические газы. — 2006. — № 2. — С. 60-67.
3. Кислород. Справочник. Т.П. Под ред. **Д.Л. Глизманиенко**. — М.: Металлургия, 1973. — 464 с.
4. **Зашляпин Р.А. Черемных О.Я.** Создание транспортных и стационарных средств для доставки и хранения сжиженных газов// Технические газы. — 2006. — № 1. — С. 20-26.
5. **Уткин В.Н.** Высокоэффективные криогенные насосы для технологий производства и использования технических газов// Технические газы. — 2001. — № 4. — С. 65-69.

ДЕВЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР
ППРВ-2008



СЕМИНАР ПРОВОДИТСЯ
УКРАИНСКОЙ АССОЦИАЦИЕЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ
"УА-СИГМА"

ПОД ЭГИДОЙ:
— МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПОЛИТИКИ УКРАИНЫ
— МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ЭНЕРГЕТИКИ РФ

— ОДЕССКОЙ
ОБЛГОСАДМИНИСТРАЦИИ
— ОДЕССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ ХОЛОДА
МЕЖДУНАРОДНОЙ
АКАДЕМИИ ХОЛОДА

И ПРИ УЧАСТИИ:
— ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА
УКРАИНЫ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА
И ГОРНОМУ НАДЗОРУ
— ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ



Секретариат оргкомитета:
65026, Украина, Одесса-26, а/я 271
Тел/факс: + 380 48 777 00 87
E-mail: uasigma@paco.net
Http://www.uasigma.odessa.ua

Генеральный информационный спонсор



**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА»**

6-10 октября 2008 года
г. Одесса






Место проведения семинара:
Гостиница "Виктория", расположенная в
знаменитом курортном районе г. Одессы — Аркадии.

Условия проживания:
Одноместные номера со всеми удобствами.



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

