

А.Г. Рубан

«Worthington Cylinders GmbH», Beim Flaschenwerk, 1, Kienberg bei Gaming, Austria, A-3291
e-mail: ruban@wthg.cz

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОБНОВЛЕНИЯ ГАЗОБАЛЛОННОГО ПАРКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

Рассматриваются логистические модели снабжения потребителей промышленными газами. Подчёркиваются масштабы использования баллонов на розничном рынке технических газов Центральной и Восточной Европы. Анализируются износ и возможности замены газобаллонного парка путём перехода на облегчённые баллоны высокого давления или переосвидетельствованные баллоны. На основе зарубежного опыта освещаются альтернативные методы для переосвидетельствования баллонов, не используемые в странах СНГ. Предлагается методика выбора новых баллонов для газобаллонного парка и введение электронных систем учёта баллонов для оптимизации логистических издержек газовых операторов.

Ключевые слова: Кислород. Аргон. Диоксид углерода. Баллоны высокого давления. Износ газовых баллонов. Газобаллонный парк. Переосвидетельствование баллонов. Тест ультразвуком. Безопасность эксплуатации. Методика оценки цельнотянутых баллонов высокого давления. Системы отслеживания баллонов.

A.G. Ruban

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF UPGRADING CYLINDER FLEETS OF TECHNICAL GASES MANUFACTURERS

Logistics modes for supply by industrial gases of users are reviewed. The usage of large scale cylinders on Central and Eastern European technical gases market is emphasized. Deterioration of the regional cylinder fleet and its upgrade through purchase of new and retested cylinders are analyzed. Alternative methods for cylinders requalification which are not used in CIS countries are proposed based on the foreign experience. Methods for select new vessels of cylinder fleets and RFID cylinder tracking applications are suggested to optimize logistics costs for gas operators.

Keywords: Oxygen. Argon. Carbon dioxide. High pressure cylinders. Deterioration of gas cylinders. Gas cylinders fleet. Cylinders requalification. Ultrasonic test. Exploitation safety. Methods for new seamless drawn cylinders evaluation. Cylinder tracking systems.

1. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИСТРИБУЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ

Управление ресурсами предприятий-производителей технических газов, выбор экономически целесообразных логистических цепей и моделей поставки газовой продукции потребителю — это проблемы, связанные с оптимизацией материальных активов (основных фондов) предприятий нефтехимической и газовой отраслей. Оптимизация фондов и их потоков в конечном итоге улучшает финансовые показатели (ликвидность, время оборачиваемости запасов, наличие оборотных средств и т.д.) покупателей и поставщиков промышленных газов, обеспечивает безопасность и предсказуемость в отношении ресурсов предприятия.

При формировании логистической сбытовой цепи любая компания исходит из величины транспортных и транзакционных издержек, способности оперативно доставлять небольшие партии товара, возможности предоставления консультаций по установке и использованию оборудования и сокращению технологического цикла. Для определения наиболее эффективного способа поставки технических газов во внимание обычно принимают такие факты, как расход газа и его стабильность, чистота газа, необходимость изменения давления, надёжность снабжения, особенности обращения с газом, местонахождение производственной площадки клиента.

Учитывая экономические и технические особенности использования газа клиентом, применяют следующие формы поставки промышленных газов.

• **Под давлением в баллонах или моноблоках.** Последние представляют собой баллонную сборку конструктивно объединённых друг с другом сосудов, имеющих общий газывывод. Баллонные сборки могут состоять из 8, 12 и 40 баллонов [1]. Компания «Air Liquide» применяет баллонные сборки из 9 или 18 баллонов. Преимущество моноблока по сравнению с баллоном заключается в том, что его хватает на больший срок, поскольку отпадает необходимость часто подключать баллоны. Эта логистическая система применяется для клиентов, которым требуются небольшие количества газа или необходимо мобильное снабжение. Поставки газа таким способом, согласно опыту «Air Liquide», должны быть не более 5000 м³ в месяц*.

• **В криогенных ёмкостях и цистернах, доставляемых автомобильным или железнодорожным транспортом.** Эта схема актуальна для клиентов, которым для выполнения производственных процессов необходимы большие объёмы газа.

• **По трубопроводам непосредственно от воздухоразделительной установки (ВРУ) на площадку клиента, бесперебойно потребляющего значительное количество промышленных газов.** В этом случае один или несколько клиентов должны находиться вместе с поставщиком газов в пределах одного промышленного региона. Сошлёмся, например, на проект «Air Liquide» в Татарстане по сооружению новой ВРУ в особой экономической зоне «Алабуга». Производимый установкой кислород будет поставляться по трубопроводу ООО «П-Д Татнефть – Алабуга Стекловолокно» для обеспечения промышленными газами клиентов региона.

• **Производство газа на территории клиента с помощью мембранной или адсорбционной технологии (on-site supply).** Концепция on-site представляет собой использование некриогенных технологий для производства газа на территории клиента. Этот способ газоснабжения экономически целесообразен, если газ применяется клиентом в газообразном состоянии, расход газа предполагается достаточно стабильным и к чистоте газа не предъявляются повышенные требования.

Европейские компании наполняют, хранят и транспортируют около 35-40 млн. баллонов, обслуживая потребности рынка технических газов [2]. Опыт работы ведущих международных производителей технических газов «Linde Gas» и «Messer» в Восточной Европе демонстрирует, что поставка газов в стальных цельнотянутых баллонах является доминирующим каналом сбыта газовой продукции. Так, в 2004 г. «Messer» реализовала 44 % своей газовой продукции в баллонах, 31 % — в криогенных ёмкостях и 20 % — по трубопроводам и посредством проектов on-site. В восточноевропейском бизнесе компании «Messer» на долю газобаллонного бизнеса при-

ходило 45 % продаж [3]. В 2004 г. 38 % продаж «Linde Gas» осуществлялось в газовых баллонах, 20 % — за счёт реализации проектов on-site и 27 % — продажей газов в криогенных ёмкостях. В том же году в Восточной Европе «Linde Gas» в баллонах поставляла 51 % всех произведенных газов [4]. Корпоративная классификация продаж таких известных компаний, как «Air Products» и «Air Liquide», не позволяет сгруппировать продажи газов по способу поставки газов. По сведениям «Worthington Cylinders GmbH», у «Air Liquide» в Европе преобладают оптовые поставки газов. Удельный вес газобаллонного бизнеса фирмы «Air Products» составляет около 20 % всех продаж и приходится, в основном, на Северную Америку.

Исходя из того, что на компании «Linde Gas» и «Messer» в сумме приходится около 47 % [5] рынка Восточной Европы и то, что газобаллонный бизнес доминирует в их структуре продаж, рассмотрим основные проблемы газобаллонного парка, с которыми сталкиваются сегодня и «Linde Gas», и «Messer» при расширении на Восток. Аналогичные проблемы присущи и независимым газовым компаниям в регионе, доля которых, по сведениям журнала «GasWorld», составляет около 36 % [5]. Многие из последних компаний находятся на территории бывшего СССР и в долгосрочном плане имеют две перспективы: или стать частью международных компаний из-за утраты конкурентных преимуществ в связи с износом основных фондов, или пойти по пути инноваций и заняться обновлением своих мощностей, в том числе и газобаллонного парка.

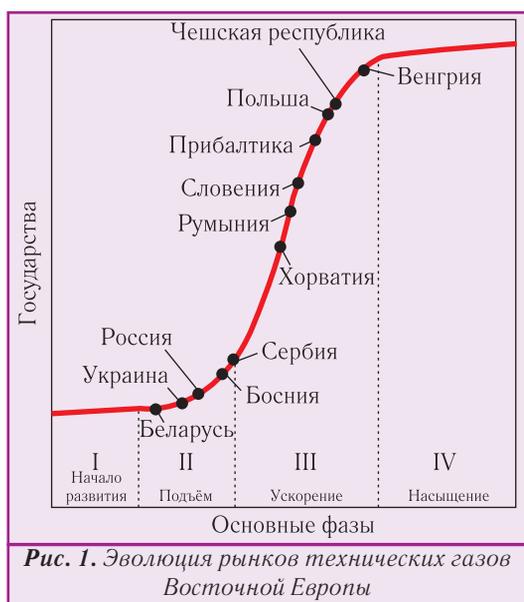
2. ТЕНДЕНЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ И ИЗНОС ГАЗОБАЛЛОННОГО ПАРКА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Последние два десятилетия были отмечены активной экспансией международных газовых компаний в Центральной и Восточной Европе (рис. 1) [4]. Такая тенденция обусловлена тем, что большинство мировых производителей перемещали свои производства в более дешёвые регионы [6].

Первое десятилетие экспансии было ориентировано на центрально-европейские страны: Чехию, Венгрию, государства Прибалтики, Румынию, Болгарию и бывшую Югославию. Здесь газовый бизнес фактически был поделён между большими компаниями: «Messer», «Linde», «Air Products» и «Air Liquide». Последние несколько лет эти компании проявляют всё больший интерес к бывшему СССР, где, начиная с 1930 г., формировалась и развивалась сеть кислородных и автогенных заводов.

До распада СССР таких специализированных заводов было 17. Они все сохранились. Часть находится в Украине, часть — в России. Кроме них функционирует более 5 тыс. воздухоразделительных установок [7]. Эти предприятия, существующие с прежней или

* Для сравнения: 40-литровый баллон при давлении 150 бар вмещает 6,3 м³ газообразного кислорода; 50-литровый баллон на 200 бар — 10 м³, а 50-литровый баллон на 300 бар — 15 м³. Чтобы вместить 1000 м³ газообразного кислорода, в первом случае потребуется 159, во втором — 100, а в третьем — 67 баллонов.



новой формой собственности до настоящего времени, вырабатывают и продают различные газы и газовые смеси (см. табл. 1).

Общей проблемой, с которой сталкиваются как бывшие советские, так и центрально-европейские газовые компании, является существенный износ производственного оборудования. Один из таких примеров — газобаллонный парк.

Применительно к баллонам выделяют следующие виды износа:

- физический (изменение физических, механических свойств баллона из-за коррозии);
- моральный износ (потеря стоимости в результате появления более производительных баллонов большей ёмкости);
- социальный износ (потеря стоимости старых баллонов в результате того, что новые баллоны могут обеспечить более высокую безопасность труда из-за более низкой массы).

Таблица 1. Крупнейшие производители технических газов в бывшем СССР

Крупнейшие производители технических газов	Место нахождения	Год основания
ОАО «Linde Gas Украина» («Linde AG»)	Украина, г. Днепропетровск	1914
ЗАО «Киевский завод углекислоты» («Linde AG»)	Украина, г. Киев	1944
ОАО «Харьковский автогенный завод» («Elme Messer Gaas»)	Украина, г. Харьков	1932
Котовский автогенный завод, ОАО «Югтехгаз» (ОАО «Криогенмаш»)	Украина, Одесская область	—*
ЗАО «Кислородный завод» (ОАО «Криогенмаш»)	Украина, г. Киев	1941
ОАО «Львовский химический завод»	Украина, г. Львов	1953
ОАО «Запорожский автогенный завод»	Украина, г. Запорожье	1936
ОАО «Крион»	Беларусь, г. Минск	1956
ОАО «Автогенный завод»	Россия, г. Омск	1942
ООО «Азотно-кислородный завод»	Россия, г. Ярославль	1931
ОАО «Логика»	Россия, г. Зеленоград, Московская область	1977
ОАО «Балашихинский кислородный завод» («Linde AG»)	Россия, г. Балашиха, Московская область	1944
ОАО «АГА КАЗ» — филиал ОАО «Балашихинский кислородный завод» («Linde AG»)	Россия, г. Калининград	1946
АО «АГА» — филиал ОАО «Балашихинский кислородный завод» («Linde AG»)	Россия, г. Санкт-Петербург	1994
ЗАО «Лентехгаз»	Россия, г. Санкт-Петербург	1932
ОАО «Волгоградский кислородный завод»	Россия, г. Волгоград	1934
ЗАО «Кубаньтехгаз»	Россия, г. Краснодар	1946
ЗАО «Самарский кислородный завод» («Linde AG»)	Россия, г. Самара	1942
ОАО «Дальтехгаз» (ОАО «Криогенмаш»)	Россия, г. Хабаровск	—*
ОАО «Волжский азотно-кислородный завод»	Россия, г. Волжский, Волгоградская область	1965
ОАО «Сибур Холдинг»		
ОАО «Завод Уралтехгаз»	Россия, г. Екатеринбург	1964
ОАО «Сибтехгаз» им. Ф.И. Кима	Россия, г. Новосибирск	1937
ОАО «Кислород»	Россия, г. Усурийск	1961
ООО «Псковтехгаз»	Россия, г. Псков	1996
Южно-Сахалинский кислородный завод	Россия, г. Южно-Сахалинск	1939
SC «Achema»	Литва, Йонава	1965
«Elme Messer Gaas AS» (BLRT Group и Messer Group GmbH)	Эстония, г. Таллинн	1999
Баку Оксиген Компани (Baku Still Company)	Азербайджан, г. Баку	—*
Ташкентский кислородный завод	Узбекистан, г. Ташкент	—*
Кислородный завод, Туркменабад	Туркменистан, г. Туркменабад	—*

Примечание: *) Данные об основании завода отсутствуют.

Во избежание быстрого износа газобаллонного парка, газовые компании проводят его систематическое обновление. Модернизация газобаллонного парка в Центральной и Восточной Европе проходила и до сих пор проходит за счёт замены старых баллонов на 150 бар, производимых по технологиям 40-50-ых гг. и поставлявшихся ранее в рамках программ СЭВ, на новые баллоны на 200 бар. В более развитых странах региона, например, в Чехии, активно начинают применять баллоны даже на 300 бар.

В настоящее время при падении спроса на газовую продукцию старые баллоны на 150 бар замещаются старыми на 200 бар, поставляемыми в регион из Западной Европы. Поэтому в Центральной и Восточной Европе сегодня имеются баллоны на 200 бар с 20-30-летним возрастом, которые менеджеры по управлению активами (англ. «asset managers») международных газовых компаний переместили в регион в рамках программ оптимизации корпоративных газобаллонных парков. Такие баллоны часто используют на рабочее давление 150 бар. В недалёком будущем они, конечно, потребуют замены. В Польше, например, старые баллоны на 200 бар заправляются компанией «Air Products» только до 150 бар, так как в стране всё ещё отсутствует широкая сеть модернизированной наполнительной инфраструктуры на 200 бар. Оценки «Linde Gas» также подтверждают 30-летний возраст газобаллонного парка Польши и необходимость замены в стране около 350 тыс. балло-

Таблица 2. Минимальная оценка наличного парка баллонов для технических газов в странах Центральной и Восточной Европы в 2009 г., тыс. шт.*

Страна	Кол-во баллонов для техн. газов на рынке	Кол-во баллонов со сроком службы более 25 лет	Среднегодовая отбраковка баллонов			Оценка кол-ва баллонов, которые будут заменены через 5 лет
			2 %	2,5 %	3 %	
Румыния	500	250	10	12,5	15	62
Сербия	250	150	5	6,25	7,5	37
Словакия	200	100	4	5	6	25
Польша	900	450	18	22,5	27	105
Болгария	250	150	5	6,25	7,5	37
Россия	1100	600	22	27,5	33	120
Казахстан	400	240	8	10	12	57
Беларусь	27	14	0,54	0,68	0,81	3
Украина	230	120	4,6	5,75	6,9	24
Прибалтика	35	20	0,7	0,88	1,05	5
Всего:	3892	2094	77,84	97,31	116,76	475

Примечание: *) Согласно экспертным оценкам «Worthington Cylinders GmbH». Здесь не учитываются метановые и ацетиленовые баллоны.

нов в ближайшие 10 лет. Аналогичная ситуация характерна также для Румынии и Болгарии.

В постсоветских странах новые баллоны на 150 бар не являются наилучшей альтернативой, так как эргономический эффект и экономия при использовании баллонов на 200 и 300 бар в течение 40 лет значительны и неоспоримы [8]. Поэтому, например, «Linde Gas» в России, наряду с покупкой новых баллонов Первоуральского завода и старых баллонов на 150 бар своих подразделений в Прибалтике закупает новые баллоны на 200 бар. Страны же Балтии пополняют свой парк за счёт старых баллонов из Западной Европы.

На сегодняшний день срок службы баллонов, имеющихся в странах СНГ, пока не является критическим, хотя в отдельных случаях они эксплуатируются 50-60 лет вместо положенных 40. По оценкам компаний «Лентехгаз» и «Авиатехприёмка», острая потребность в замене газобаллонного парка возникнет к 2020-2030 гг. (рис. 2).

Такой вывод неудивителен. Ведь в 80-ые годы прошлого столетия было выпущено большинство баллонов, находящихся сегодня в обращении в СНГ. Так, в 1988 г. только Первоуральским заводом было произведено 1595168 баллонов, а в 1989 г. — 1628080 шт. Объём выпуска за эти годы легко сравним с числом баллонов, эксплуатируемых сегодня в отдельных странах: в Румынии — около 500 тыс. шт., в Польше — около 900 тыс. шт. (табл. 2).

Согласно оценкам «Linde Gas», наличный парк баллонов в странах СНГ примерно равняется двукратному суммарному газобаллонному парку местных производителей газов. Это объём

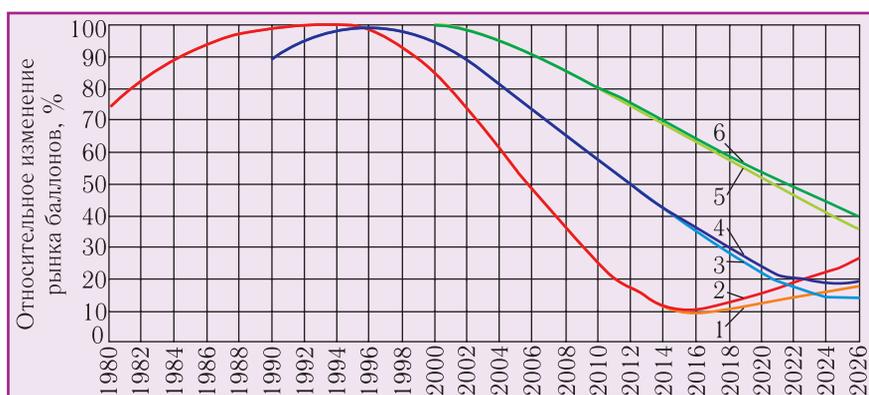


Рис. 2. Динамика рынка баллонов среднего объёма со сроком службы 20, 30 и 40 лет с прогнозом до 2026 г.: 1 и 2 — максимум и минимум 20 лет; 3 и 4 — максимум и минимум 30 лет; 5 и 6 — максимум и минимум 40 лет

ясняется тем, что значительная доля баллонов принадлежит потребителям газов.

Таким образом, в соответствии с выводами «Worthington»*, износ газобаллонного парка — основная проблема розничного рынка технических газов стран СНГ и некоторых стран Восточной Европы: Румынии, Польши, Словакии и Болгарии.

Западные компании, присутствующие на рынках СНГ, уже сегодня начинают применять более совершенную газовую тару в своём бизнесе. Наглядные примеры тому — это компании «Linde Gas», «Siemens», VW, «Carlsberg» и др. Из международных газовых компаний лишь «Linde Gas» активно работает на рынке технических газов СНГ, поставляемых в баллонах и моноблоках. «Air Liquide», «SIAD» и «Messer» только начинают выход на розничный рынок газов в СНГ. Наряду с обычными газами, они предлагают свои фирменные продукты, но в баллонах западного производства. Так, «SIAD» продвигает катрибровочные газовые смеси. «Air Liquide» ведёт поставку газовых смесей для сварки «Flamal» и «ARCA». Отечественные газовые компании, работающие на рынках, например, электронной промышленности и лабораторий, тоже начинают применять более совершенные баллоны, стремясь увеличить добавочную стоимость своих услуг [6]. Например, в 2008 г. компания «НИИ КМ» (г. Москва) осуществила перевод своих наполнительных станций со стандартного модуля 150 бар на 300 бар [9].

3. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА МЕЖДУ ПЕРЕОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАННЫМ И НОВЫМ БАЛЛОНОМ

Международный опыт показывает, что приобретение новых баллонов — наиболее выгодный вариант для предприятия с производством продуктов разделения воздуха (кислородный цех и пр.), с собственными наполнительными станциями и пунктами розничной продажи промышленных газов. К ним можно отнести, в первую очередь, крупные компании: «Air Liquide», «Linde Gas», «Air Products», «Messer», «SIAD», «Криогенмаш». Во времена СССР такими могли быть крупные кислородно-автогенные заводы (см. табл. 1). Как правило, указанные предприятия располагают своим газобаллонным парком.

Компании, которые занимаются заправкой газов в баллоны из криогенных ёмкостей и работают на региональном уровне, обеспечивая своих потребителей промышленными газами в странах СНГ, используют баллоны клиента. Поэтому инвестиции в новые баллоны — вариант дорогой, и для таких предприятий, работающих путём обмена, оптимальный выход — покупка переосвидетельствованных баллонов. Стоимость переосвидетельствованного баллона примерно в 2 раза ниже, чем нового на 150 бар. Предприятие, оказывающее услуги по наполнению баллонов газами, может выдать предписание на обновление бал-

лонного парка, и тогда перед владельцем сосуда высокого давления встанет вопрос о покупке новых баллонов. Поэтому немаловажными вопросами при обновлении парка баллонов станут не только финансовые расходы, но и безопасность. Рассмотрим два возможных варианта выбора баллонов — новых или переосвидетельствованных.

3.1. Выбор новых баллонов (первый вариант)

Для обеспечения первой группы компаний, как правило, применяются новые баллоны. В Европе стальные баллоны для технических газов должны соответствовать стандартам EN1964-1 и -2; ISO9809-1, -2 и 3. В бывшем СССР к стальным баллонам применяется ГОСТ 949-73. В [6] была описана технология производства новых баллонов по EN1964-1 и -2; ISO9809-1, -2 и 3. Преимущества перехода с новых баллонов на 150 бар на новые баллоны на 200 и 300 бар компании «Worthington» и связанные с этим выгоды были проанализированы нами в [8]. В рамках данной публикации лишь укажем, что, обменивая 40-литровый баллон на 150 бар на импортный 50-литровый на 200 бар, потребитель увеличивает объёма газа в одном баллоне на 67 %. Эргономичный эффект достигается и в случае 50-литрового баллона при переходе с 200 на 300 бар. Данные о возможностях сжатия некоторых из газов до 300 бар представлены на рис. 3 [10].

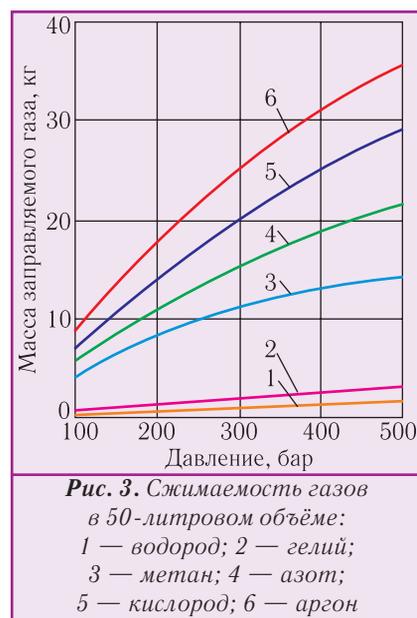


Рис. 3. Сжимаемость газов в 50-литровом объёме: 1 — водород; 2 — гелий; 3 — метан; 4 — азот; 5 — кислород; 6 — аргон

Экономия от применения более совершенных новых баллонов на 200 бар фирмы «Worthington» взамен новых отечественных на 150 бар проиллюстрируем на примере диоксида углерода.

Жидкий CO_2 высокого давления поставляют в сосудах под давлением. При использовании баллонов коэффициент заполнения CO_2 не должен превышать при рабочем давлении: $150 \cdot 10^2$ кПа (150 кгс/см^2) — 0,60 кг/л; $200 \cdot 10^2$ кПа (200 кгс/см^2) — 0,72 кг/л

* В дальнейшем так для краткости будем именовать компанию «Worthington Cylinders GmbH».

[11]. Если на ПЭТ-бутылку сладкой или минеральной воды объёмом 1,5 л расходуется около 6 г CO₂, то стандартного баллона в 24 кг (40 л, 150 кгс/см²) хватает на 4000 бутылок. Баллон «Worthington» с рабочим давлением 200 кгс/см² вмещает 36 кг CO₂; его хватает на 6000 бутылок. Таким образом, получается экономия средств на складские и логистические расходы приблизительно в 1,5 раза, так как требуется меньшее количество баллонов.

Прокомментируем также весовые и габаритные преимущества импортных баллонов. Так, легированный 50-литровый баллон «Worthington» с рабочим давлением 200 бар весит около 46,5 кг. Баллон подобной ёмкости Первоуральского новотрубного или Мариупольского заводов с рабочим давлением 200 бар весит минимум 63 кг (из легированной стали) и 93 кг (из углеродистой). При диаметре в 219 мм отечественные баллоны на 20-30 см выше баллонов «Worthington» с диаметром 229 мм. Большая высота неудобна при манипуляции и заправке баллона. Даже в парадоксальной ситуации, когда клиент решит, что ему необходимы баллоны с весом около 60 кг, тогда «Worthington» может предложить 50-литровый баллон с весом 64 кг, но рабочим давлением 300 бар [6].

3.2. Выбор переосвидетельствованных баллонов (второй вариант)

Для продления срока пользования баллоном за рубежом применяют международные стандарты ISO 6406, ISO 24431 для стальных цельнотянутых баллонов и ISO 10461 для алюминиевых баллонов. Для переосвидетельствования композитных баллонов применяют ISO 16623 [12]. При переаттестации моноблоков с баллонами за рубежом используют стандарт ISO 11755 [13].

В международной практике интервал тестирования баллона для газов с коррозионными свойствами составляет 5 лет, для инертных газов — 10 лет [14]. Увеличение срока переосвидетельствования баллона в Европе с 2 до 5 лет уменьшило расходы газовых

операторов на 50 %, обеспечив тем самым экономию газовым компаниям Евросоюза в 75 млн. евро в год. Внедрение такой практики потребовало более строгих правил производства и переосвидетельствования сосудов под давлением [15].

Периодичность технических освидетельствований стальных баллонов для промышленных газов в РФ и Украине проводят согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» [16,17]. Так, компания ООО «Диоксид» из Екатеринбурга, приводит следующие данные о периодичности испытаний стальных баллонов (табл. 3).

Традиционно при переосвидетельствовании баллона проводятся:

1. **Внешний и внутренний осмотр** (физические дефекты, коррозия, вмятины, выпучивания, раковины и риски глубиной более 10 % номинальной толщины стенки, косо насаженный или повреждённый башмак согласно п. 10.2.15 ПБ 03-576-03). Специалисты компании «Air Liquide» предлагают методику отбраковки стальных баллонов, исходя из размеров внешних дефектов на баллоне (рис. 4) [12].

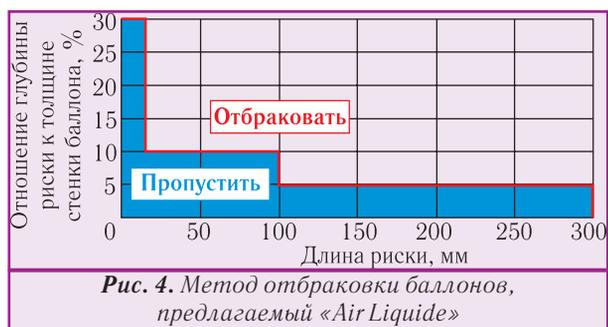


Рис. 4. Метод отбраковки баллонов, предлагаемый «Air Liquide»

2. **Внутренний визуальный осмотр.** Это основная причина 90 % отбраковки баллонов [18], хотя при визуальном осмотре сложно обнаружить зачатки серьёзных дефектов, особенно на внутренней поверхности дна баллона [8].

Таблица 3. Периодичность переосвидетельствования отечественных баллонов*

№	Наименование	Гидравлическое испытание пробным давлением	Наружный и внутренний осмотры
1.	Баллоны, находящиеся в эксплуатации для наполнения газами, вызывающими разрушение и физико-химические превращения материала (коррозия и т.п.): — со скоростью не более 0,1 мм/год; — со скоростью более 0,1 мм/год	5 лет 2 года	5 лет 2 года
2.	Баллоны со средой, вызывающей разрушение и физико-химическое превращение материалов (коррозия и т.п.) со скоростью менее 0,1 мм/год, в которых давление выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см ²) создаётся периодически для их опорожнения	10 лет	10 лет
3.	Баллоны, установленные стационарно, а также установленные постоянно на передвижных средствах, в которых хранятся сжатый воздух, кислород, аргон, азот, гелий с температурой точки росы —35 °С и ниже, замеренной при давлении 15 МПа (150 кгс/см ²) и выше, а также баллоны с обезвоженной углекислотой	10 лет	10 лет

Примечание: *1 Согласно данным компании ООО «Диоксид»: <http://www.dioksid.ru>.

3. Гидроиспытание. Его проводят при испытательном давлении, маркированном на баллоне. Испытательное давление составляет 1,5-кратное рабочее давление. Например, пробное давление для баллонов на 150 бар составляет 225 бар, на 200 бар — 300 бар. Целью испытания является обнаружение возможной течи баллона при расширении материала и измерение добавочного веса заполняемой жидкости, как не прямое измерение степени коррозии баллона. К сожалению, гидроиспытание не позволяет обнаруживать зачатки трещин материала, которые в дальнейшем могут привести к взрыву баллона.

4. Проверка массы баллона. В РФ, например, при уменьшении массы баллона на 7,5 % и выше, а также при увеличении вместимости более, чем на 1 %, баллоны бракуются (п. 10.2.18 ПБ 03-576-03). В зарубежной практике по ISO 24431 (п. 5.3) для отбраковки баллонов, связанной с отклонением маркированной массы тары от фактической массы, руководствуются табл. 4 [19].

Таблица 4. Максимально разрешённые отклонения массы баллонов во время переосвидетельствования

Объём баллона V , л	Максимально разрешённое отклонение массы, г
$0,5 < V \leq 20$	± 50
$5 < V \leq 20$	± 200
$V > 20$	± 400

5. Проверка резьбы баллона специальным шаблоном, проверка наименьшего числа ниток с полным профилем в резьбе горловины.

6. Проверка комплектации (вентиль, колпак и т.д.). По ДНАОП вентили баллонов вместимостью от 5 до 50 л должны проверяться на герметичность установкой на горловину баллона трубы с резиновой прокладкой и заполнением этой трубы водой. Утечку газа из баллона можно проверять также погружением его в сосуд с водой. Особое внимание при монтаже вентиля на баллон должно быть обращено на плотность их соединения, что достигается нанесением силанта на резьбу вентиля [20]. Следует при этом учитывать вращающий момент, который указывается производителем вентиля.

Компании, работающие в электронной промышленности, предъявляют более высокие требования к чистоте используемого газа, поэтому гидроиспытание для них не лучшая альтернатива, так как тщательная осушка баллона потребует дополнительных затрат энергии. Поэтому вместо гидроиспытания может применяться тест ультразвуком, закреплённый в международных правилах ADR/RID от 1997 г. Этот тест используют ввиду его более высокой производительности (30 с для освидетельствования стандартного 50-литрового баллона), сохранения чистоты внутренней среды баллона и большей безопасности из-за исключения его разрыва во время испытания [18] и возможности выявления дефектов внутренней и внешней

поверхностей. К композитным баллонам испытания ультразвуком не применяют, ограничиваются традиционным гидроиспытанием. Альтернативным тестом для стальных баллонов может быть «акустическая эмиссия» [12]. К сожалению, ни «акустическая эмиссия», ни тест ультразвуком ГОСТом не предусмотрены, что повышает риски работы с 30-40-летними баллонами.

3.3. Решение проблемы выбора баллонов

Проблема, связанная с оборотом баллонов, когда, передавая фирме-заправщику порожние ёмкости, клиент, как правило, получает обратно заправленные баллоны, но не те же самые, а другие, должна быть решена. Подтверждением этому служит опыт компаний «Messer» и «Linde Gas» в Западной и Центральной Европе. Для этого компании, эксплуатирующие баллоны, и фирмы-заправщики должны решить проблему ускорения оборота и заправки баллонов без потери конкурентных преимуществ с использованием своего газобаллонного парка. В долгосрочной перспективе решению этого вопроса способствует консолидация рынка, в результате которой исчезают мелкие недобросовестные игроки газового бизнеса.

Для предотвращения указанного, газовый трейдер должен разрабатывать программы закрепления за конечным потребителем постоянного парка баллонов, разграничивать зоны заполненной и незаполненной тары, внедрять внешние отличительные черты баллона, мотивировать покупателя системой ренты за пользование баллоном так, чтобы исключалась возможность перехода к другой фирме-заправщику, сокращать трудозатраты клиента за счёт использования баллонов в паллетах и моноблоках.

Работа с газобаллонным парком клиента, обладающего старыми баллонами, напрямую связана с различными рисками и с безопасностью жизнедеятельности. Так, по данным компании «Сваркомплект», в год в России взрывается около 30 баллонов, 25 из которых — промышленные 40-литровые баллоны. Тревожным моментом является то, что, приобретая баллон с газом, незастрахованным оказывается даже тот, кто соблюдает технику безопасности, так как парк оборотных баллонов безнадежно устарел. По оценкам начальника производства компании «Дары природы» П. Хвостова, при переаттестации партии баллонов в 100 шт. отбраковывается от 2 до 7 % баллонов. Генеральный директор НПО «Мониторинг» Н. Павлов — практически подтверждает эти оценки, ссылаясь на отбраковку минимум 1-2 баллонов из 100 шт.

Таким образом, процент отбраковки баллонов примерно известен. Однако, несмотря на это, происходят всё же несчастные случаи, связанные с баллонами. В статье [21] рассмотрены четыре случая аварийных разрушений кислородных баллонов на территории Украины. Газета «Донбасс» в январе 2005 г. приводила примеры, когда на специальных станциях, где наполняются кислородные баллоны, не было разрешения на хранение и наполнение баллонов, отсутствовали газоанализаторы, а также обозначения на

баллонах об их принадлежности. Поэтому инспекторы запретили эксплуатацию 263 кислородных баллонов [22]. Анализ причин взрыва кислородных баллонов в 2008 г., приведшего к групповому несчастному случаю, был рассмотрен в публикации [23].

Описанные случаи вместе с приведённой статистикой по отбраковке баллонов указывают, что сравнение издержек, связанных с закупкой нового или подержанного баллона нецелесообразно. Средние издержки, связанные с несчастным случаем при манипуляциях с баллоном, оцениваются Европейской ассоциацией технических газов в 6000 евро [15]. Один из исков, предъявленных к «Омскому автогенному заводу» по поводу взрыва баллона в 2006 г., оценивался почти в 30000 евро. И хотя указанные суммы могут показаться значительными по сравнению со стоимостью новых баллонов, колеблющейся сегодня от 100 до 150 евро, цена старого баллона в 30 евро — это инвестиция в ненужные риски (!), так как здесь речь идет о человеческих жизнях, материальном ущербе, имидже газовой компании и долгосрочной перспективе работы на рынке технических газов.

4. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ С ГАЗОБАЛЛОННЫМ ПАРКОМ

Анализ стоимостных факторов и сроков изготовления баллонов не является исчерпывающим при принятии решения, какому производителю следует

отдать предпочтение при обновлении газобаллонного парка. Мы уже упоминали, что газовые компании в Западной, Центральной и Восточной Европе переходят на облегчённые баллоны для технических газов на 200 и 300 бар [8]. Это вызвано тем, что для ведущих газовых компаний важны визуальные, массовые, габаритные и прочностные характеристики баллона. В этом проявляется первая тенденция совершенствования работы с газовыми баллонами. На основании опыта компании «Worthington» была разработана методика определения основных параметров выпускаемой газобаллонной продукции, позволяющая оценить такие характеристики (табл. 5).

На основании приведённой методики Австрийский институт психономики провёл исследование, подтвердившее преимущества и выгоды продукции «Worthington-Heiser» по сравнению с другими ведущими европейскими производителями баллонов (рис. 5) [24]. Это исследование показало многократное превосходство технического качества внутренней и внешней поверхности баллона, совершенство его как готового подукта. Инвестируя в новые баллоны «Worthington», операторы рынка промышленных газов не только гарантируют безопасность труда и снижение расходов, связанных с логистикой и манипуляцией благодаря лёгкому весу баллона, но и увеличивают рыночную капитализацию и стоимость своего бизнеса.

Вторая тенденция совершенствования работы с

Таблица 5. Методика оценки конкурентных преимуществ газовых баллонов*

Параметр	Безопасность	Визуализация	Экономические преимущества	Дальнейшая обработка	Способ проверки
Устойчивость баллона	×				Соотношение с внешним диаметром
Точки симметрии				×	Анализ поперечного сечения баллона
Прямизна баллона	×	×	×	×	Измерение
Овальность		×			Измерение
Допуски на длину		×	×	×	Сравнение с баллонами конкурентов
Внешняя поверхность	×	×			Оценка марки стали Анализ следов волочения на прессе
Шероховатость внутренней поверхности	×		×	×	Анализ материала, использованного для дробеструйной очистки
Борозды на внутренней поверхности	×			×	Визуальная оценка
Качество окраски		×	×	×	Толщина защитной окраски
Стойкость окраски		×	×	×	Испытание в соляной камере Прочность прилипания
Масса	×		×	×	Сравнение с массой на маркировке Относительная экономия на транспортировке
Содержание частиц внутри баллона	×		×	×	Измерение
Содержание масла внутри баллона	×		×	×	Измерение
Читаемость маркировки	×	×	×	×	Визуальная оценка
Качество стали	×		×		Химический анализ
Твёрдость материала			×		Заводские испытания на разрушение сосуда

Примечание: *) Согласно экспертным оценкам «Worthington».

газовыми баллонами — обеспечение эффективности газобаллонного бизнеса как торговой операции. Для этого ведущие газовые компании анализируют различные методы снижения операционных и логистических расходов, внедряя новые методы управления активами. Осуществляется переход систем учёта баллонов от «бумажных» к компьютеризированным (англ. «enterprise asset management» — EAM). Особенно эта тенденция проявляется на европейском пищевом и медицинском газобаллонном рынках. На сегодняшний день, например, 0,5 млн. баллонов компании «Air Liquide» оборудованы радиочастотными микрочипами.

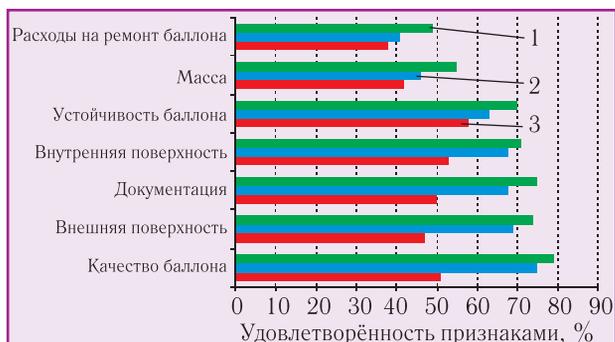


Рис. 5. Оценка продукции фирмы «Worthington» и её конкурентов: 1 — Worthington-2009; 2 — Worthington-2008; 3 — конкуренты-2008

Компьютеризированные системы отслеживания баллонов позволяют газовым компаниям контролировать парк баллонов на своём складе, устранять потерю баллонов, снижать арендные расходы путём точного контроля продолжительности аренды, классифицировать расходы по центрам их возникновения и осуществлять прогнозирование оборота газобаллонного парка. Интегрирование всех этих процессов и отслеживание всей газобаллонной торговой операции осуществляется по цепочке, составленной на основании системы «Servitrax», применяемой компанией «Air Liquide» в Польше (рис. 6).

Компьютеризированная система отслеживания газовых баллонов работает путём считывания с них электронных данных. Для установки носителя таких данных на баллоне прибегают к следующему:

1. Наносят двумерный матричный штрих-код (англ. «DataMatrix») посредством гравировки на поверхность металла для считывания его специальной камерой. Чтение такого кода без прямой видимости невозможно.

2. Наклеивают штрих-код, размещаемый на кольце баллона (фото 7). Недостаток — недолговечность материала носителя и связанные с этим частые замены. При повреждении штрих-кода считывание затруд-

нено, но возможно. Дальность считывания информации также ограничена.



Фото 7. Штрих-код на кольце баллона компании «Messer»

3. Применяют RFID-ярлыки (англ. «RFID tag») или транспондеры. Их закрепляют на кольце газового баллона (фото 8), под его кольцом или «плече» баллона (фото 9). Основной недостаток — работа при повреждении такой метки невозможна. При современном уровне технологии транспондеры обладают наибольшей дальностью считывания.



Фото 8. RFID tag «Scemtec», закреплённый на кольце баллона компании «Messer»



Фото 9. RFID tag «Trovan», закреплённый на «плече» баллона компании «Praxair»



Рис. 6. Компьютеризированная система отслеживания баллонов

Заметим, что компании «Messer», «Air Liquide», «Linde Gas» и «Air Products» давно уже применяют радио-

частотные технологии при работе со своим газобаллонным парком. Особенно быстро эта технология начала развиваться в Германии в начале 90-ых годов, когда во время экономического спада газовые компании и их клиенты начали искать пути снижения расходов, связанных с простым неиспользованных баллонов. По мере преодоления технологических ограничений (дистанция считывания информации, скорость считывания и т.д.) применение компьютеризированных технологий в газобаллонной логистике будет находить всё более широкое применение.

5. ВЫВОДЫ

1. Опыт работы крупных европейских производителей технических газов в Центральной и Восточной Европе подтверждает значительный удельный вес операций с газовыми баллонами высокого давления.

2. В газобаллонном бизнесе стран Центральной и Восточной Европы просматривается тенденция перехода с 150-барных баллонов на 200-барные, а в дальнейшем — и на 300-барные баллоны. На фоне экономического спада происходит оптимизация газобаллонных парков ведущих газовых компаний.

3. Газобаллонный парк стран СНГ значительно изношен. В 2020-2030 гг. газобаллонный парк бывшего СССР достигнет критического возраста, что позволит международным компаниям ещё больше консолидировать газобаллонные активы в регионе.

4. Отечественные методики тестирования баллонов законодательно не предписывают использования некоторых методов тестирования баллонов, которые в долгосрочной перспективе могут сократить расходы газовых операторов и повысить безопасность их работы на рынке.

5. Решения о выборе тары для газобаллонного парка должны основываться не только на стоимостных критериях, но и на показателях качества и безопасности закупаемого оборудования. Масса, качество материала, качество внутренней и внешней поверхности и другие технические характеристики важны при оценке приобретаемых баллонов.

6. Закрепление за газовой компанией конечного клиента и внедрение электронных технологий отслеживания газобаллонного потока ведёт к снижению операционных расходов производителя и потребителя промышленных газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.В. Создание автореципиентов для хранения, транспортирования и выдачи сжатого водорода// Технические газы. — 2008. — № 2. — С. 43-47.
2. <http://www.eiga.org/index.php?id=206>
3. Indenhuck W. Messer Group presentation// Water Treatment Seminar Presentation. September 15, 2005. Available at: <http://www.messer.ro>
4. Belloni A. Linde Group presentation// Goldman Sachs Global Industrial Gases Conference, London, April 14, 2005. Available at: <http://www.linde.com>
5. Региональные рынки: в фокусе — Восточная Евро-

па// GasWorld (СНГ). — 2009. — № 6. — С. 18-20.

6. Рубан А.Г. Инновационное обеспечение лидерства на рынке газовых баллонов// Технические газы. — 2008. — № 2. — С. 49-55.

7. Смирнов В. Обычное дело// Газета «Труд». — 08 ноября 2006. — № 206. http://www.trud.ru/article/2006/11/08/obychnoe_delo.html

8. Рубан А.Г. Анализ характеристик баллонов высокого давления для сжатых газов// Технические газы. — 2009. — № 2. — С. 52-59.

9. ООО «НИИ КМ» — производитель четверти газобразного гелия России// GasWorld (СНГ). — 2009. — № 6. — С. 12-14.

10. ISG Doc. 124/04/E, revision of TN 514/93. 300 bar High Strength Seamless Steel Gas Cylinders// EIGA-2004. Available at: <http://www.eiga.org>

11. Соколенко А.М. Углекислота: технологические аспекты производства, анализ современной рыночной конъюнктуры. Аналитический обзор. — Черкассы: НИИТЭХИМ, 2005. — 34 с.

12. Barthelemy H. ISO Cylinders Requalification and Use. Presentation// AIGA-2007 Meeting «Packaged Gases Safety». Pattaya, Thailand. 30-31 August, 2007. Available at: <http://www.asiaiga.org>

13. ISO 11755:2005. Gas cylinders — Cylinder Bundles for Compressed and Liquefied Gases (Excluding Acetylene) — Inspection at Time of Filling// Intern. Standard. — ISO. — 2005.

14. Irani R. Gases in the 21st century. Part 5: The science (and craft) behind the gas filling operation// GasWorld. — August 2009. — P. 32-33.

15. EIGA Members Benefits: which and what?// The EIGAZette. — Special Issue June 2004. Available at: <http://www.eiga.org>

16. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

17. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (с изменениями и дополнениями).

18. Irani R. Gas cylinders: Here today, here tomorrow. Part 6. Extending a cylinder's life. The periodic test// GasWorld. — February 2008. — P. 46-47.

19. ISO 24431/FDIS: 2006 (E). Gas cylinders — Cylinders for Compressed and Liquefied Gases (Excluding Acetylene) — Inspection at Time of Filling// Intern. Standard. — ISO. — 2006.

20. IGC Doc. 138/08/E. PTFE Tape as a Sealant for Cylinder/ Valve Connections/ EIGA-2008. Available at: <http://www.eiga.org>

21. Анализ разрушений и возможности контроля состояния металла кислородных баллонов/ В.М. Долинский, В.М. Стогний, В.Г. Новик и др.// Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2001. — № 4. — С. 33-36.

22. Коваленко Н. Почему взрываются баллоны?// Газета «Донбасс». — 28 января, 2005. — № 18.

23. Чижиченко В.П. Анализ причин взрыва кислородных баллонов, приведшего к групповому несчастному случаю// Технические газы. — 2008. — № 6. — С. 62-67.

24. Meier-Pesti K., Brandfellner K. Customer Satisfaction Survey 2009. Worthington Cylinders// Presentation of Psychonomics Institute Austria. Vienna. June 2009. Available at: <http://www.psychonomics.at>