

Г.К. Лавренченко

Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026
e-mail: uasigma@paco.net

РЕЗУЛЬТАТИВНАЯ ВСТРЕЧА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Двенадцатый международный семинар по актуальной проблеме повышения эффективности и безопасности производств продуктов разделения воздуха (Одесса, 3-7 октября 2011 г.) собрал 110 специалистов с 85-ти предприятий и компаний 11-ти государств. В работе семинара приняли участие изготовители оборудования и те, кто использует его для извлечения из воздуха кислорода, азота и аргона, необходимых для обеспечения ими современных производств и технологий. На семинаре были представлены также компании, занимающиеся газовым бизнесом. Организатор семинара — Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА». На семинаре было заслушано и обсуждено 30 докладов, в которых дана характеристика состояния и перспектив развития производств продуктов разделения воздуха, изложены результаты научно-исследовательских и конструкторско-технологических работ по проблемным вопросам семинара. Активное и заинтересованное восприятие информации, контакты со специалистами позволили участникам семинара повысить квалификацию, получить рекомендации, необходимые для дальнейшего совершенствования используемого оборудования и установок. Рассматривается содержание докладов. Делается вывод о важности проведения семинара в связи с ожидаемым ростом спроса на продукты разделения воздуха после преодоления кризисных явлений в экономике, а также предъявлением более высоких требований к обеспечиваемому уровню эффективности и безопасности воздухо-разделительных установок.

Ключевые слова: Разделение воздуха. Криогенная техника. Кислород. Азот. Аргон. Редкие газы. Компрессоры. Теплоизоляция. Ёмкости для жидких криопродуктов. Эффективность. Криогенные насосы. Безопасность.

G.K. Lavrenchenko

PRODUCTIVITY MEETING OF THE PRODUCERS AND CONSUMERS AIR SEPARATION PRODUCTS

The twelfth International workshop on the actual problem of improving the efficiency and safety of air separation products (Odessa, October 3-7, 2011) brought together 110 experts from 85-th enterprises and companies from the 11-th states. In the work of the workshop have taken part the manufacturers of equipment and those who use it to extract oxygen, nitrogen and argon from air that necessary for ensuring of modern industries and technologies by them. At the workshop were also presented the companies work in gas business. The workshop organizer is the Ukrainian association of manufacturers of industrial gases «UA-SIGMA». The workshop presented and discussed 30 reports in which there was characteristic of the state and prospects for development of manufactures of air separation products were learnt and discussed at the workshop, the results of research and design-engineering work on the problem questions of the workshop are stated. The active and interested perception of information, contacts with experts have allowed to participants of the seminar to increase qualification, to receive the necessary recommendations for the further perfection of the equipment and arrangements. The content of reports is considered. The conclusion about the importance of carrying out of the workshop in connection with the anticipated growth in demand for air separation products after overcoming the crisis in the economy, and also presenting the higher requirements to be achieved by the level of effectiveness and safety of air separation plants.

Keywords: Air separation. Cryogenics. Oxygen. Nitrogen. Argon. Rare gases. Compressors. Insulation. Tanks for liquid cryogenic. Efficiency. Cryogenic pumps. Safety.

1. ВВЕДЕНИЕ

Ассоциация «УА-СИГМА», как и в прошлые годы, пригласила специалистов на международный семинар по проблеме совершенствования производств продуктов разделения воздуха (ПРВ). Он состоялся в Одессе 3-7 октября 2011 г. Ассоциацией, таким образом, проведен уже двенадцатый семинар, посвященный всестороннему рассмотрению многочисленных вопросов, относящихся к указанной актуальной проблеме. В его работе, несмотря на всё ещё ощущаемый экономический и финансовый кризис, приняли участие 110 специалистов из разных отраслей, представлявших 85 предприятий и компаний РФ, Украины, Австрии, Германии, Китая, США, Словакии, Франции, Чехии, Швейцарии и Эстонии.

Контингент участников можно условно разделить на три группы. Первую, наиболее многочисленную, составили те, кто эксплуатирует воздухоразделительные установки (ВРУ) и производит кислород, азот, аргон, а также снабжает этими газами различные технологии, например, в металлургии, химии и нефтехимии, машиностроении, энергетике. Ко второй группе относятся разработчики и производители установок для криогенного и некриогенного разделения воздуха, а также комплектующего их оборудования: компрессоров, турбодетандеров, теплообменников, насосов сжиженных газов, блоков комплексной очистки воздуха, систем автоматического контроля и управления, арматуры, ёмкостного и газификационного оборудования и т.п. Участвовала в его работе и третья довольно значительная группа, состоящая из тех, кто занимается обеспечением многочисленных потребителей широкой гаммой технических газов (кислород, азот, аргон, диоксид углерода, различные газовые смеси), применяемых в сварке, медицине, пищевых технологиях и др. областях.

Семинар, как и предыдущий [1], проводился под эгидой Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, Минпромторговли РФ, Одесской государственной академии холода, Международной академии холода и при участии Государственной службы горного надзора и промышленной безопасности Украины, Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ. Отдельно нужно назвать и те предприятия, которые оказывали содействие в организации семинара: Международная группа «Редкие газы» (г. Москва), ОАО «Одесский припортовый завод», ПАО «Сумское машиностроительное НПО им. М.В. Фрунзе», ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области) и ПКФ «Криопром» ООО (г. Одесса).

В настоящей статье проанализируем содержательную часть семинара, которую сформировали 30 докладов, дающих наиболее полное представление о состоянии и перспективах развития производств продуктов разделения воздуха, а также возможностях современных ВРУ, результатах внедрения в их схемы и конструкции новых решений. Много внимания уделялось безопасности ВРУ, системам хранения жидких и сжиженных продуктов разделения воздуха.

2. НАЧАЛО РАБОТЫ СЕМИНАРА

Заблаговременно нами была подготовлена весьма насыщенная программа семинара. С ней были ознакомлены предприятия и компании, которые предварительно зарезервировали возможность участия в работе семинара их специалистов. Однако в программу семинара уже после этого продолжали вноситься дополнения вплоть до самого момента его открытия. Несмотря на плотный график заседаний, нам удалось обсудить все доклады. Большая их часть заранее была опубликована в нескольких выпусках журнала «Технические газы» издания 2011 г. Публикации не снизили интерес к содержащейся в них информации, а наоборот — лучше подготовили специалистов к восприятию и обсуждению каждого конкретного доклада.

Во время пленарного заседания, приуроченного к открытию семинара, от Ассоциации «УА-СИГМА» были сделаны два доклада. В них рассматривались не только проблемные вопросы семинара, но и подводились итоги деятельности Ассоциации за прошедший год. Коснусь некоторых положений этих докладов, вызвавших, на мой взгляд, интерес у аудитории (фото 1).



Фото 1. Участники семинара полностью заполнили зал заседаний в гостинице «Виктория» (а). В президиуме (б) члены оргкомитета семинара: технический директор ПКФ «Криопром» ООО (г. Одесса) И.В. Кириченко; генеральный конструктор ОАО «Уралкриомаш» (г. Нижний Тагил), к.т.н. О.Я. Черемных; генеральный директор ЗАО «НПП Криосервис» (г. Москва) А.Б. Ленский; зам. директора НИИКИ криогенного машиностроения ОАО «Криогенмаш», к.т.н. А.В. Кортиков; генеральный директор ООО «Элме Мессер Украина» С.В. Иваночко; и.о. ректора Одесской государственной академии холода, д.т.н., профессор А.С. Титлов (слева направо)

В первом из них отмечалась высокая актуальность организованного Ассоциацией семинара. Для аргумен-

тации неоднократно делались ссылки на некоторые подтверждающие это факты, а также принимаемые во внимание характеристики и оценки нынешней непростой для мировой экономики ситуации. Так, необходимо всегда учитывать, что производства продуктов разделения воздуха являются сложными энергоёмкими техническими и технологическими объектами. Их эксплуатация должна обеспечиваться хорошо подготовленными специалистами.

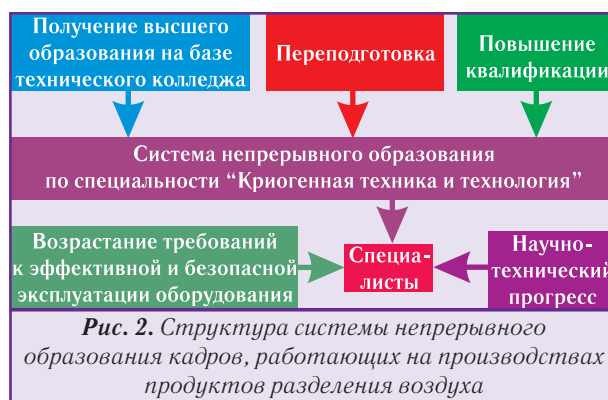
Учёт всего этого позволил сформулировать цели семинара, обозначить перечень подлежащих рассмотрению вопросов. Такой подход к подготовке и проведению этого и предыдущих семинаров способствует не только росту интереса к ним, но также содействует непрерывному улучшению реализуемого нами информационного обеспечения специалистов различных предприятий и компаний. Увеличение числа участников проводимых Ассоциацией семинаров с 38 чел. (2000 г.) до 110 чел. (2011 г.) — лучшее подтверждение этого вывода.

При выборе тем для выступлений, с одной стороны, учитывались иногда несовпадающие интересы отдельных групп участников и представляемых ими предприятий, с другой, — выносились на обсуждение, кроме сугубо профессиональных, ещё и такие доклады, которые были бы интересны большинству специалистов. В качестве примера можно сослаться на второй наш доклад, в котором анализировались результаты работы Ассоциации по кадровому и информационному обеспечению современных технологий производства и использования продуктов разделения воздуха.

Для оказания эффективной помощи предприятиям и, конечно, работающим на них специалистам Ассоциацией создана и постоянно совершенствуется система непрерывного образования кадров, занимающихся эксплуатацией оборудования производств продуктов разделения воздуха (ПРВ) [2,3]. Их обучение, переподготовка и повышение квалификации осуществляются без отрыва от производства (если не считать установочные и экзаменационные сессии) в Одесской государственной академии холода (ОГАХ). На рис. 2 упрощённо представлены основные компоненты системы. Она предусматривает подготовку и переподготовку специалистов с использованием трёх уровней обучения. Для приобретения высшего образования по заочной контрактной форме Ассоциацией приглашаются выпускники технических колледжей, работающие на производствах ПРВ. Их по итогам собеседований в ОГАХ могут зачислять на 2-ой или даже 3-ий курсы Института заочного/дистанционного обучения. Это позволяет им получить высшее образование по специальности «Криогенная техника и технология» за 4-5 лет (вместо 6-ти!). Такой резерв кадров исключительно ценен, так как эти относительно молодые люди могут эффективно работать на предприятиях в течение нескольких десятков лет.

Нами учитывается и то, что в штате производств ПРВ могут трудиться специалисты с высшим техническим непрофильным образованием. Для них предусмотрена переподготовка в течение 2-ух лет с целью

получения второго высшего образования. Эти специалисты могут с определённой регулярностью совершенствовать свою подготовку на организуемых Ассоциацией в ОГАХ специальных курсах повышения квалификации. Обучение на этих курсах проводится по очно-заочной форме, чтобы на длительное время не отвлекать специалистов от работы. Для самостоятельного освоения программного материала курсов Ассоциацией для слушателей издаются учебные пособия с современной информацией.



В 2003-2011 гг. по направлению Ассоциации, являющейся для ОГАХ крупным заказчиком, прошли переподготовку, т.е. получили второе высшее образование в области криогенной техники и технологии, более 40 чел. В настоящее время этой формой обучения «охвачено» ещё 10 чел. В предыдущие годы рос интерес к организуемым Ассоциацией курсам повышения квалификации. Так, в течение пяти лет в ОГАХ повысили квалификацию 110 производственников с 45 предприятий Украины, РФ и Молдовы. В 2009-2010 гг., к сожалению, из-за кризиса уменьшилось количество специалистов, направляемых к нам для обучения и повышения квалификации. Считаю, что это — временное явление. Предприятия, по мере преодоления кризиса, снова станут больше внимания уделять подготовке и переподготовке специалистов. Нам не следует при этом забывать ёмкое высказывание академика П.Л. Капицы: «Образование человека стоит меньше по сравнению с тем, что приносит государству его квалифицированный труд» [4]. Поэтому все мы, — и заводы, и компании, и, конечно, Ассоциация, — должны понимать, что, обучая специалистов, решаем исключительно важную государственную задачу подготовки кадров.

Во время пленарного заседания было уделено внимание ряду юбилейных событий 2011 г. Одно из событий — 100-летие открытия явления сверхпроводимости Камерлинг-Оннесом в Лейденском университете (Голландия). В возрасте 29 лет он получил назначение на должность профессора кафедры экспериментальной физики и руководителя физической лаборатории университета. В течение 44-ёх лет пребывания в университете Камерлинг-Оннес неукоснительно следовал сформулированному им принципу: «К знанию через измерения». Открытию им сверхпрово-

димости в образце ртути предшествовало ожижение гелия — самого низкотемпературного вещества [5]. Дальнейшие успехи в области прикладной сверхпроводимости тесно были связаны с достижениями криогенной техники [6].

Важнейшее событие года — 50-летие полета первого космонавта Земли Ю.А. Гагарина. Успешный полёт ракеты-носителя «Восток» был обеспечен эффективным использованием жидкого переохлажденного кислорода. Необходимое для заправки и дозаправки ракеты транспортное криогенное оборудование было создано предприятием «Уралвагонзавод» (г. Нижний Тагил Свердловской области).

К семинару мы подошли с возросшим количеством членов Ассоциации. Новыми её членами стали две компании: ООО «Криосервис» (г. Элиста) и ОАО «Опытно-технологический завод» (г. Протвино Московской области) (фото 3).



Фото 3. В состав Ассоциации вошли две российские компании. Сертификаты о приёме вручены зам. генерального директора ООО «Криосервис» В. А. Хабуну (а) и генеральному директору ОАО «Опытно-технологический завод» В.М. Богданову



Фото 4. «С радостью приветствую коллег и членов оргкомитета в связи с началом работы XII-го международного семинара «ППРВ-2012». Организаторы многое сделали для его хорошей подготовки. Это указывает на то, что Ассоциация «УА-СИГМА» интенсивно развивается. Я верю — её ждёт славное будущее», — сказал в своём обращении к присутствующим А.Б. Ленский



Фото 5. И.о. ректора ОГАХ А.С. Титлов поздравил участников семинара с началом его работы и пожелал всем успехов. Он обратил внимание на насыщенность программы семинара; наличие в ней докладов, отражающих основные направления современной воздуходелительной техники. В заключение выразил уверенность, что семинар будет способствовать улучшению информационного обеспечения специалистов, работающих в отрасли кислородного и криогенного машиностроения

В заключительной части пленарного заседания к участникам семинара с приветствиями обратились генеральный директор ЗАО «НПП Криосервис» А.Б. Ленский (фото 4) и и.о. ректора Одесской государственной академии холода, д.т.н., профессор А.С. Титлов (фото 5).

После пленарного заседания участники и гости семинара сфотографировались. На фото 6 для сравнения запечатлены те, кто принял участие в работе первого и двенадцатого семинаров. Даже внешне видно, как возрос интерес к этому ежегодно проводимому Ассоциацией важному мероприятию.



Фото 6. Так выглядели участники I-го семинара (а) по проблемам совершенствования производств продуктов разделения воздуха (г. Одесса, гостиница «Валентина», 2-6 октября 2000 г.), а так — XII-го международного семинара (б), собравшего в гостинице «Виктория» 110 специалистов с 85-ти предприятий и компаний 11-ти государств

3. ОБСУЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ

Право выступления с первым докладом на семинаре было предоставлено генеральному конструктору ОАО «Уралкриомаш» (г. Нижний Тагил), к.т.н. *О.Я. Черемных* (фото 7). Выступление было посвящено 50-летию полета Ю.А. Гагарина на пилотируемом космическом корабле «Восток». Его успешный старт был обеспечен созданным в сжатые сроки уникальным криогенным наземным комплексом, осуществившим доставку криогенных компонентов топлив и их заправку в баки ракеты-носителя [7]. При создании наземного криогенного комплекса был успешно решен ряд сложных научных и технических проблем в области криогенной техники. Прежде всего была организована доставка на стартовый комплекс жидких кислорода и азота в промышленных масштабах в железнодорожных криогенных цистернах 8Г52, 8Г54, 8Г512, выпуск которых на Уралвагонзаводе, начиная с 1954 г., составлял 150 единиц в год. Разработаны технология и конструктивные решения заправки жидким кислородом ракеты-носителя специальными поездами с минимальными потерями продукта в процессе транспортирования и хранения его на стартовой площадке за счёт обратной конденсации паров кислорода.



Фото 7. В докладе О.Я. Черемных были представлены пионерские разработки корпорации «Уралвагонзавод», в недрах которой зародилось известное сейчас предприятие транспортного и стационарного криогенного оборудования «Уралкриомаш», выполнившее ответственную задачу по криогенному обеспечению полета корабля «Восток» с первым космонавтом Земли Ю.А. Гагариным

О.Я. Черемных в докладе остановился также на освещении характеристик современного стационарного и транспортного криогенного оборудования, которое создается ОАО «Уралкриомаш». Особое внимание было уделено докладчиком во втором его выступлении анализу показателей нового транспортного и заправочного оборудования для газификации жидкого водорода. Перспективной разработкой предприятия является газификатор жидкого водорода на закритические температуры. Из двух докладов, сделанных О.Я. Черемных, видно, как растёт уровень создаваемого криогенного оборудования, расширяется но-

менклатура широкого ряда производимых изделий.

Затем началось заслушивание и обсуждение других докладов, с которыми выступали участники семинара. Все доклады можно разделить на несколько групп:

- воздухоразделительные установки и другое оборудование для производств продуктов разделения воздуха и других газов;
- комплектующие и изделия для производства и использования ПРВ;
- оборудование для использования ПРВ, а также организации газового бизнеса;
- научно-технические исследования и разработки;
- безопасность производства и использования продуктов разделения воздуха.

Кратко остановимся на основных положениях прозвучавших на семинаре докладов.

К первой группе докладов относится выступление начальника схемно-технологического сектора отдела ВРУ ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области) *Е.Ю. Тарасовой* (фото 8). В нём сообщалось о создании ОАО «Криогенмаш» новой эффективной ВРУ КдАдАр-18/14 для металлургического комбината в г. Искендерун (Турция), принадлежащего компании «ММК-Атакаш» [8].



Фото 8. «Введенная в эксплуатацию ВРУ на металлургическом предприятии «ММК-Атакаш» создана ОАО «Криогенмаш» с использованием современных оригинальных технических решений, укомплектована надежным и эффективным оборудованием. Установка рассчитана на работу в течение 20-ти лет, с проведением её отогрева через два года. В процессе первого этапа пуска ВРУ на 50%-ую производительность характеристики установки оказались полностью соответствующими проектным показателям. В ближайшее время установка будет испытана на полную нагрузку. Уверены в успехе», — такими словами завершила выступление Е.Ю. Тарасова

Особенность данной установки — применение в ней технологической схемы среднего давления для получения газообразных кислорода и азота под давлением по принципу внутреннего сжатия без дожимающего компрессора. Использование в установке схемы среднего давления объясняется относительно большой долей продуктов разделения, производимых в виде жидкости. Как правило, отметила Е.Ю. Тарасова, доля жидких продуктов разделения в ВРУ данного типа, предназначенных для обеспечения потребностей в

технических газах крупных металлургических производств, не превышает 2 % от количества перерабатываемого воздуха. В случае же с ВРУ КдАдАр-18/14 она составляла 4 %. Специалисты предприятия успешно справились с этой проблемой. Установка характеризуется повышенной надежностью, а также относительно низкими стоимостью оборудования и затратами на ремонт и техническое обслуживание в процессе эксплуатации. И это несмотря на то, что из-за широкого диапазона регулирования производительности установки в ней некоторые машины и аппараты выполнены в парном варианте. При создании этой ВРУ использовался опыт ОАО «Криогенмаш», который на основе данного решения уже создал несколько подобных установок. При этом разработчики опирались на солидный собственный задел в области расчётного исследования схем с процессом внутреннего сжатия продуктов [9].

О технологии и результатах теплоизоляции новых криогенных систем вспученным перлитом, производимым в собственных мобильных комплексах ОАО «Группа компаний Бентопром», было рассказано в докладе директора Э.Г. Кортаева (фото 9). За последнее два года указанной группой компаний выполнено теплоизоляция на строительных площадках криогенных ВРУ, расположенных в городах: Бремен (ФРГ), Линц (Австрия), Березовский и Аша (РФ), Кобержице и Пулау (Польша), Муттенц (Швейцария) и Кривой Рог (Украина). Засыпанный в криогенные установки перлит подвергался очень жесткому контролю с учётом требований западных стандартов: Linde Standart 152-08 и Air Liquide W-DS-4-3-2. Например, в соответствии со стандартом компании «Linde» контрольная проверка большого числа показателей перлита проводилась во время и после окончания засыпки путем отбора его проб. Кроме этого, определялись действительные величины насыпной и набивной плотности перлита. Контроль качества перлита, производимого в мобильном комплексе группы компаний «Бентопром», подтвердил его отличные свойства. По ряду некоторых показателей он превосходит перлит европейских производителей [10].



Фото 9. Выступлению Э.Г. Кортаева предшествовал показ фильма, в котором были продемонстрированы достоинства теплоизоляции крупнотоннажных ВРУ вспученным перлитом, производимым на строительной площадке с помощью мобильного комплекса

С интересом присутствующие выслушали доклад, подготовленный группой специалистов предприятия ПКФ «Криопром» ООО (г. Одесса), о создании современной базы криогенного и кислородного машиностроения и внедрении совершенных технологий в производство ВРУ нового поколения. Предприятие, как известно, специализируется на выпуске комплектных ВРУ, ёмкостного и газификационного оборудования, широкой гаммы насосов для различных криопродуктов, отдельных агрегатов и аппаратов, а также запасных частей к ним. В выступлении ведущего конструктора А.Д. Бровко (фото 10) вначале было уделено внимание производству высокоэффективных трубчатых витых основных теплообменников ВРУ. Докладчик затем остановился на широких возможностях созданного на предприятии нестандартного оборудования, на основе которого выпускаются различные типы ректификационных колонн ВРУ. Современная производственная база и эффективные технологии позволяют предприятию выпускать ВРУ нового поколения. К ним можно отнести энергетически высокоэффективные жидкостные ВРУ, реализующие циклы среднего и высокого давлений. Оптимизация технологических схем этих ВРУ с одновременным использованием совершенных конструктивных и технологических решений дали возможность в установках среднего давления достичь удельных затрат при производстве жидких кислорода или азота 1,2... 1,3 кВтч/кг, а в ВРУ высокого давления — ниже 1 кВтч/кг.



Фото 10. А.Д. Бровко отметил, что наличие на ПКФ «Криопром» ООО всего необходимого оборудования, обычно применяемого на передовых предприятиях отрасли специального машиностроения, способствует улучшению характеристик и повышению надежности ВРУ. Это особенно важно сейчас, когда предприятие перешло на выпуск оборудования нового поколения

Альтернативой криогенному разделению воздуха в ряде случаев является короткоцикловая безнагревная адсорбция (КЦА). Этот метод выделения из газовых смесей нужных компонентов постоянно совершенствуется. Подтверждением стало выступление руководителя департамента индустриального оборудования ООО «Пневмомаш» (г. Екатеринбург) О.Г. Плохова (фото 11). Этим предприятием началась поставка на рынок России высокоэффек-

тивных КЦА-установок, производимых японской компанией «Sumitomo Seika Chemicals Co., Ltd», для извлечения из воздуха кислорода или азота. Потребителям предлагаются КЦА-установки трех типов: PSA — с адсорбцией под давлением и десорбцией при атмосферном давлении; VSA — с адсорбцией при атмосферном давлении и десорбцией под вакуумом; PVSA — с адсорбцией под давлением и десорбцией под вакуумом. Генераторы кислорода могут создаваться указанной компанией на максимальную производительность до 4000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ с чистотой получаемого кислорода до 93 %. Генераторы азота в состоянии обеспечить его производство от 10 до 1200 $\text{нм}^3/\text{ч}$ с процентным содержанием 95-99,999 %. Японская компания, как отметил, докладчик, использует КЦА-технологии для получения водорода, аргона, диоксида углерода, метана и гелия из газовых сред, содержащих эти газы.



Фото 11. «Технологии выделения кислорода из воздуха с помощью КЦА-установок интенсивно развиваются. Например, удельное энергопотребление генераторов, производящих продукт с содержанием 90-93 % кислорода, за 16 лет снизилось с 0,72 до 0,33 кВтч/нм³, т.е. в 2,2 раза. Одновременно упростилась конструкция генераторов: вместо четырех адсорберов применяется всего два», — так докладчик проиллюстрировал высокие темпы совершенствования установок компаний «Sumitomo Seika Chemicals Co., Ltd»

К блоку докладов, относящихся к оборудованию для ВРУ, можно отнести также выступление начальника бюро СКБ ТКМ ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» Ю.Б. Наталухи (фото 12). Это предприятие — изготовитель компрессорных установок с поршневыми компрессорами 6VM16-150/200 и 4VM10-55/71 для ВРУ средней производительности. Компрессорную установку 4VM10-55/71M1 на предприятии производят в блочном исполнении на раме с максимальной заводской готовностью. На этой же 10-тонной оппозитной базе в настоящее время разработана новая компрессорная установка 4VM10-65/71 для сжатия атмосферного воздуха [11]. Возможность увеличения её производительности была обоснована результатами термодинамиче-

ских расчётов. Кроме этого, нашло подтверждение увеличение частоты вращения коленчатого вала с 500 до 600 мин^{-1} . Так, значения суммарных газовых сил и сил инерции в новом компрессоре не превышают максимально допустимую базовую силу 0,1 МН (10 тс). Разработчики компрессорной машины 4VM10-65/71 видят резервы для её дальнейшего совершенствования.



Фото 12. Во время выступления Ю.Б. Наталухой было сказано: «Ценовая политика на продукты разделения воздуха строится с учётом стоимости потребляемой ВРУ энергии, в которой основная затрата приходится на компрессоры. Поэтому нами в некоторых случаях предлагается газовый привод. Его применение оправдано в районах, приближенных к газовым месторождениям»

В России и Украине хорошо зарекомендовала себя американская компания «Red Mountain Energy Corporation», занимающаяся продвижением современных мировых технологий и оборудования в металлургические, нефтегазодобывающие и перерабатывающие отрасли ряда государств. С содержательным докладом «Опыт поставок оборудования и реализации проектов «под ключ» выступил директор по науке и проектированию компании, к.т.н. А.В. Воронцовский (г. Москва) (фото 13).

С учётом тематики семинара докладчик основное внимание уделил поставкам компрессорного оборудования и комплектных станций для производств продуктов разделения воздуха. Он сообщил, что разработка и поставка ВРУ — основное направление деятельности ООО «Ред Маунтин Украина» (г. Одесса). Это предприятие с учётом потребностей рынка создало модельный ряд жидкостных и газовых установок [12]. В основу технологических схем положен цикл низкого давления. В жидкостных ВРУ используются три основных схемных решения, оптимизированных для диапазонов производительности 350-8000 кг/ч жидких криопродуктов. Эти схемы имеют следующие отличительные признаки: при производстве сжиженных ПРВ в количестве 350-1500 кг/ч применяются схемы с детандер-компрессорными агрегатами (ДКА) на воздушном потоке; в случае производства 1500-3000 кг/ч — схема двух давлений с дожимающим компрессором, низкотемпера-

турной холодильной машиной и ДКА на воздушном потоке; при получении 3000-8000 кг/ч — схема с азотным циркуляционным контуром. Во время выступления были приведены примеры построенных «под ключ» объектов с жидкостными ВРУ. Газовые ВРУ создаются на основе двух схем низкого давления. Например, в первой из схем для получения азота используется детандер на отбросном потоке, внутреннее сжатие азота и однократная ректификация; во второй — ДКА на воздушном потоке, внешнее сжатие азота, двукратная ректификация. И в этой части доклада были названы несколько объектов, где успешно эксплуатируются газовые ВРУ, поставленные одесской компанией.



Фото 13. В заключительной части выступления А.В. Воронечкий привел впечатляющие результаты деятельности компании ООО «Ред Маунтин Украина», сообщив, что за пять лет ею поставлено различным заказчикам 26 ВРУ, 40 криогенных резервуаров с суммарным объёмом 2165 м³, 23 комплекта проектной документации и 50 единиц сопутствующего оборудования (компрессоры, ожижители, градирни)

Несколько докладов на семинаре были посвящены презентации новой арматуры и криогенных насосов. С первым из них о выпускаемой компанией «Herose GmbH» (Германия) арматуре для производства продуктов разделения воздуха, ёмкостного и газификационного оборудования выступил директор компании «Трассом s.r.o.» (Чешская республика) Вацлав Влчек (фото 14). Он ознакомил присутствующих с характеристиками арматуры различного назначения: предохранительная, запорная, обратная, переключающая, регулирующая, приводная и др. Компания выпускает заправочные узлы и специальные сборки. Основные параметры арматуры: ДУ — от 10 до 150 мм; PN — до 50 бар. Для изготовления арматуры используют криогенную бронзу, нержавеющую сталь и латунь. Вся арматура обезжиривается для возможного её применения в среде кислорода. Выступающий представил аудитории ряд перспективных разработок компании. Участникам семинара были вручены новые каталоги продукции, изданные на русском языке. В заключение было ска-

зано, что продукция «Herose GmbH» применяется в более чем 90 странах мира. Её потребители — ведущие компании, занимающиеся выпуском оборудования для кислорода, азота, СПГ, диоксида углерода и др. газов.

Перевод криогенных ёмкостей на арматуру «Herose GmbH», если можно так выразиться, преобразует их. В подтверждение сошлемся на публикацию [13].



Фото 14. Обстоятельный доклад об особенностях и достоинствах арматуры «Herose GmbH» был сделан В. Влчком.

Предложения заинтересовали специалистов. Но на многочисленные вопросы пришлось отвечать и докладчику, и менеджеру компании Ральфу Данкерт-Паулсену (справа)

Второй доклад об арматуре был сделан директором ООО «Нексус Инжиниринг» (г. Мариуполь, Украина) С.В. Шарубиным (фото 15). В выступлении он ознакомил участников семинара с эффективной регулирующей арматурой компании «Flowserve Cororate» (США). Всесторонне были представлены характеристики и конструкции криогенных регулирующих клапанов. Например, клапаны серии «Reglob» были созданы компанией на основании технических условий компании «Air Liquide». Клапаны «Reglob Cгyo» изготавливаются с ДУ 20-150 мм и с PN — до 40 бар, допускается их использование в области низких температур, вплоть до — 200 °С. При температуре жидкого водорода могут эксплуатироваться клапаны «Reglob DPH». Высокие характеристики отличают регулирующие клапаны марки «Kaemmer». Серии 041000 и 14100 предназначены для применения в блоках разделения ВРУ. Для температур жидкого гелия выпускаются криогенные клапаны серии 241000. Клапаны комплектуются разнообразными высокоэффективными и надежными приводами. Перспективная разработка компании — интеллектуальная система управления регулирующими клапанами «StarPac3». В состав этой системы входят датчики давления и температуры, микро-процессорный блок управления и высокоточный позиционер, который монтируется непосредственно на клапане.



Фото 15. В докладе С.В. Шарубина были раскрыты большие возможности компании «Flowsolve Corporate» и её отделений в ряде стран по разработке и изготовлению широкой номенклатуры криогенных регулирующих клапанов. Только в 600-ах ВРУ используется 5000 таких клапанов.

Опыту и продукции компании доверяют и при создании уникальных объектов криогенной техники. Так, клапаны используются на крупнейшем в мире заводе по производству азота (Мексика). В Катаре в самом крупном комплексе «Shell Pearl GTL» клапаны компании применяются в 8-ми самых крупных в мире кислородных установках

С докладом «Эффективные криогенные насосы производства компании «Fives Crouzet AG»» выступили директор по продажам и послепродажному сервису этой компании *Стефан Соваж* (Швейцария) и исполнительный директор компании «Technex Limited» (г. Киев) — официальный представитель указанной швейцарской компании *Игорь Воронин* (фото 16). С. Соваж сообщил, что, наряду с насосами для жидких криопродуктов, его компания по многочисленным заказам производит эффективные алюминиевые пластинчато-ребристые теплообменники [14]. На их основе с 1985 г. реализовано более чем 200 проектов по созданию ВРУ такими известными компаниями, как «Air Liquide», «Air Products», SIAD, «Криогенмаш» и др. Теплообменники выпускаются для водородных и гелиевых ожижителей и рефрижераторов, а также установок ожижения или газификации СПГ. Значительное место в программе компании занимает разработка и изготовление центробежных и поршневых криогенных насосов. Интерес к этой продукции проявляют ведущие в мире производители криогенных систем. Например, выпускаемые криогенные полуприцепы «Air Products» на 80 %, а «Air Liquide» — на 50 % комплектуются насосами компании «Fives Crouzet AG». Производимые «Air Liquide» ВРУ на 72 % обеспечиваются насосами швейцарской компании. Хорошо зарекомендовали себя насосы компании и в Украине. Они эффективно и надежно эксплуатируются в составе крупнотоннажных ВРУ металлургических комбинатов «Азовсталь», «Запорожсталь», ММК им. Ильича, Енакиевского и Алчевского металлургических комбинатов. Можно назвать и ряд российских компаний, использующих эти насосы: «НИИ КМ» (г. Москва), «Логика» (г. Зеленоград), МК «Северсталь» (г. Череповец) и др.



Фото 16. Доклад был сделан *Стефаном Соважем* (слева) на английском. Переводил его выступление *Игорь Воронин*. Он в дополнение отметил высокое качество швейцарских насосов, которые применяются в криогенных полуприцепах, производимых в Киеве компанией «Technex Limited»

Подобным «парным» выступлением был и совместный доклад менеджера по продажам криогенного оборудования «Nexans Deutschland GmbH» (Германия) *Хольгера Леманна* и директора ООО «НПО Мониторинг» (г. Москва) *Константина Иванова* (фото 17). В докладе рассматривались характеристики гибких криогенных трубопроводов, изготавливаемых немецкой компанией. Из выступления Х. Леманна можно заключить, как существенно улучшились характеристики гибких криогенных трубопроводов, как расширилась номенклатура изготавливаемых изделий [15]. В настоящее время в одной оболочке производятся четырехтрубные коаксиальные трубопроводы для сжиженных газов, содержащие два канала для сред. Новая разработка компании — пятитрубный трубопровод с тремя каналами для сред. Эти кабели могут обеспечить высокую эффективность при подаче через них жидких гелия или водорода. При этом по одному из каналов может подаваться жидкий азот с целью снижения теплотротоков к более низкотемпературному продукту. Компания предлагает готовые системы перекачки жидких криопродуктов, включая вентильные сборки с изоляцией, фазовые сепараторы и др. оборудование.

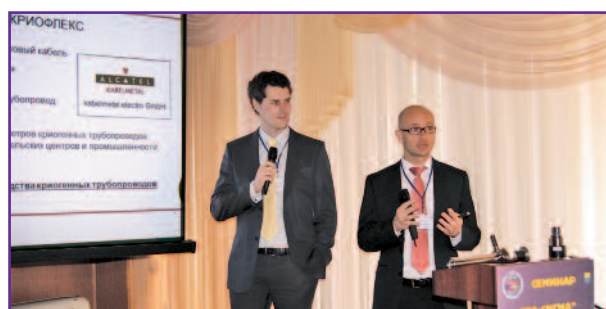


Фото 17. Во время выступления Х. Леманн (справа) продемонстрировал фильм, в котором была показана вся последовательность процессов поточного изготовления криогенного трубопровода с помощью специальной линии. На ней продольная сварка и гофрирование трубы производятся одновременно. Наматка нескольких слоёв суперизоляции и спейсера осуществляется автоматически

Впервые в работе семинара принимало участие предприятие ПКФ «Черноморэнерго» (г. Одесса), являющееся официальным представителем известной немецкой компании «Bauer-Poseidon Kompressoren GmbH». С докладом о высококачественной продукции этой компании выступил ведущий специалист ПКФ «Черноморэнерго» А.Е. Ивлев (фото 18). После представления немецкой компании были охарактеризованы выпускаемые ею поршневые компрессоры среднего и высокого давлений. Широким рядом компрессоров обеспечиваются производительности до 700 м³/ч и давления нагнетания от 25 до 350 бар. Были проиллюстрированы технологические схемы, создаваемые на основе указанных компрессоров, для сжатия воздуха и инертных газов, а также для рекуперации гелия. Внимание было уделено анализу особенностей компрессоров серий «Verticus-5» (воздух, азот), «Verticus-5G» (гелий), K22, K23, K25, K26 и K28. Каждая серия характеризуется общими конструктивными особенностями, диапазонами расходов и создаваемых давлений. Компрессоры изготавливаются с использованием высоких технологий. Например, их цилиндры обрабатываются с применением ионно-плазменного азотирования, в последней ступени сжатия предусматривается свободно плавающий поршень.

Эффективность, надежность и безопасность ВРУ, в большей степени, зависят от свойств используемых в них адсорбентов. Они, в основном, применяются в блоках комплексной очистки (БКО) воздуха. В современных ВРУ для улучшения работы БКО прибегают к послойной засыпке оксида алюминия и синтетического цеолита.



Фото 18. «Компрессоры Bauer поставляются заказчиком в виде готовых к применению изделий, — подчеркнул А.Е. Ивлев одно из их достоинств. — Гарантированный ресурс работы компрессоров превышает 30 тыс. ч. Они предназначены для длительной непрерывной эксплуатации с учётом требования 24/7»

Качество оксида алюминия напрямую сказывается на качестве воздуха, поступающего после БКО в криогенный блок разделения воздуха ВРУ. Всё это

вызвало заинтересованное отношение аудитории к выступлению начальника отдела маркетинга ООО Торговый дом «Реал Сорб» (г. Ярославль, РФ) А.В. Глухова (фото 19), в котором он ознакомил специалистов со свойствами производимого его предприятием нового эффективного осушителя «РС-400» для криогенных ВРУ [16]. Докладчик сообщил, что при создании в БКО защитного слоя из «РС-400» существенно падает нагрузка на расположенный под ним цеолит. Например, температура регенерации адсорбера с такой засыпкой снижается до 200 °С, что почти в два раза ниже традиционных 380 °С. Одновременное использование в адсорберах двухслойной засыпки позволит увеличить время защитного действия и улучшить тем самым технико-экономические показатели ВРУ в целом.



Фото 19. А.В. Глухов, предвидя вопросы об апробации оксида алюминия «РС-400», сослался в докладе на положительные результаты испытаний этого адсорбента в лаборатории ОАО «Криогенмаш». Они подтвердили соответствие его характеристик показателям лучших мировых аналогов

С вниманием были заслушаны и обсуждены два доклада, посвященные выпуску и применению различных криогенных ёмкостей. С первым из них выступил директор по продажам компании «Taylor-Wharton International LLC» (США, Словакия) Виктор Сабо (фото 20). В докладе раскрывались большие возможности завода этой компании в г. Кошице (Словакия). На базе созданного производства в этом городе управление компании организовало самостоятельную её структуру «Taylor-Wharton Slovakia». Новая компания производит криогенные ёмкости (стандартные или по индивидуальному проекту) вместимостью 2000-400000 л для сжиженных газов: кислород, азот, аргон, СПГ, CO₂/N₂O. Ёмкости создаются в вертикальном или горизонтальном исполнении. У ёмкостей для жидких криопродуктов имеется вакуумно-перлитовая теплоизоляция. Выпускается также и другое криогенное оборудование: криоцилиндры разных ёмкостей на низкое (1,5 бар) и среднее/высокое (16-24 бар) давления; атмосферные испарители; сосуды Дьюара.



Фото 20. В докладе Виктор Сабо неоднократно отмечал стратегическое расположение новой компании в г. Кошице для поставок производимых здесь криогенных ёмкостей больших объёмов в Европу, Украину и Россию

Криогенные ёмкости являются основным компонентом для организации газового бизнеса. В большом объёме таким бизнесом занимается компания «Elme Messer Gaas» (Таллин, Эстония) в странах Балтии и Украине. С докладом, обобщающим опыт организации газового бизнеса, выступила технический директор этой компании *Вера Волоскова*. Дополнением к докладу явилось выступление менеджера по продажам «Chart Ferrox» *Эльжбиеты Зайдлер* (Чешская республика), которая дала развернутую характеристику широкой гамы производимого компанией ёмкостного оборудования для жидких криопродуктов. На основе эффективных ёмкостей чешского изготовителя компания из Эстонии реализовала современные технологии для дистрибуции жидких продуктов разделения воздуха. Выступившие с совместным докладом Вера Волоскова и Эльжбиета Зайдлер показаны на фото 21. Э. Зайдлер сообщила, что компания «Elme Messer Gaas» приобрела у «Chart Ferrox» 30 % используемых ёмкостей и газификаторов с атмосферными испарителями. В. Волоскова рассказала, какие ёмкости чешского производства эксплуатируются на каждом из объектов её компании. Она высоко оценила характеристики поставляемого компанией «Chart Ferrox» оборудования. С другой стороны, Э. Зайдлер отметила, что «Elme Messer Gaas» — компетентный заказчик, всегда выбирающий необходимое оборудование для газового бизнеса с оптимальными характеристиками.



Фото 21. Вера Волоскова (справа) и Эльжбиета Зайдлер сообщили, что их активное сотрудничество началось с 2006 г. Высококачественное чешское оборудование хорошо зарекомендовало себя на десятках объектов в странах Балтии и Украине

Ценным для специалистов был доклад заместителя директора ООО «НИИ КМ» (г. Москва) по научной работе, к.т.н. *В.Н. Уткина* (фото 22). В нём было показано, как последовательно развивались компанией производство и переработка технических газов. В настоящее время ООО «НИИ КМ» — производитель практически всей газовой продукции одиннадцати наименований по собственным техническим условиям [17]. Предприятие располагает газоаналитической лабораторией, которая после выполнения ряда сложных работ была аккредитована Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологии и стандартизации. Для расширения услуг ещё на начальном этапе деятельности компании было принято важное решение о создании собственного автохозяйства для доставки клиентам грузов, причём опасных, к которым относятся газы в баллонах и жидкие крио-

продукты. Сейчас баллонные газы поставляются в моноблоках или на паллетах. В практику компании введено газоснабжение криопродуктами, поставляемыми в минигазификаторах, иногда называемых криоцилиндрами, что даёт клиентам экономию газа, технологичность и комфорт, а производителю — экономию сырья и снижение трудоёмкости. Технологическая служба ООО «НИИ КМ» постоянно осваивает производство всё новых газовых продуктов. Недавно компания ввела в эксплуатацию мощности по производству более 100 тыс. м³/год неона высокой чистоты.



Фото 22. В заключение, подводя итог 15-летней деятельности компании, В.Н. Уткин выделил следующее: «Создана хорошо отлаженная производственная структура, которая динамично развивалась, заняв устойчивое место на рынке газов благодаря рациональной технологической политике, непрерывному обновлению и стремлению к повышению качества»

С докладом «Ацетиленовые баллоны «Worthington»: характеристики и выгода от применения» выступил региональный менеджер по продажам в Центральной и Восточной Европе компании «Worthington Cylinders GmbH» *Андрей Рубан* (фото 23). Эта компания — один из крупнейших производителей баллонов для сжатых технических газов. На этот раз А. Рубан остановился на такой хорошо востребованной продукции, как ацетиленовые баллоны. Вначале он ознакомил аудиторию со свойствами ацетилена, который благодаря высокой теплотворной способности и горючести на-

ходит широкое применение в технологиях резки и сварки металлов. Одна из главных проблем производства ацетиленовых баллонов — использование в них пористой массы. Компания с 2006 г. применяет эффективную высокопористую массу собственной разработки. Основа её — литая эластичная кальцево-силикатная масса, устойчивая при повышенном давлении. Такая высокопористая монолитная масса насыщается ацетоном. Только после этого баллон заполняется ацетиленом. Газовбираемость ацетилена при использовании этой массы составляет 7,4-8,0 кг, что в 1,5 раза выше по сравнению с баллонами, имеющими наполнитель из активированного угля.



Фото 23. В конце выступления А. Рубан ещё раз обосновал преимущества ацетиленовых баллонов компании «Worthington Cylinders GmbH»: «Наши баллоны легче; у них повышенная взрывобезопасность, так как литая масса гасит обратный удар массы; на 50% они имеют выше продолжительность работы и поэтому более низкие расходы на доставку»

Два доклада прозвучали от ООО «НПО Мониторинг» (г. Москва) — активного участника этого и других предыдущих семинаров, организованных Ассоциацией. Первый доклад сделал генеральный директор компании, к.т.н. Н.В. Павлов (фото 24). В его выступлении сообщалось о разработке и выпуске новой продукции — генераторов пищевых и сварочных газовых смесей. Создание генераторов обусловлено ростом их использования [18]. Малым потребителям газовые компании поставляют смеси в баллонах или баллонных сборках. Для крупных потребителей, как показал опыт, целесообразно готовить смеси на месте их применения из исходных компонентов. Компанией НПО «Мониторинг» разработаны два типа генераторов пищевых и сварочных смесей: ГГС-1 и ГГС-2. Исходные компоненты газов используются в сжиженном виде. На месте их газифицируют и смешивают в необходимых пропорциях динамическим методом. В качестве исходных компонентов газовых смесей применяются азот, аргон и диоксид углерода. В генераторах ГГС-1 устанавливаются криогенные газификаторы малой вместимости марки «CryoCyl» производства компании «CryoDiffusion». Генераторы ГГС-2 создаются на основе криогенных ёмкостей «VRV Group», атмосферных испарителей НПО «Мониторинг» и смесителей компании «Witt Gasetechnik».



Фото 24. Разработанный типоразмерный ряд генераторов газовых смесей для пищевого и сварочного производства, как сообщил Н.В. Павлов, позволяет создавать их для всего диапазона производительностей, востребованных заказчиками

Второй доклад от ООО «НПО Мониторинг» был сделан директором компании К.А. Ивановым (фото 25). Он назывался: «Атмосферные испарители высокого давления на базе биметаллической оребрѐнной трубы для комплектации наполнительных станций и АГНКС». Использование тепла атмосферного воздуха — наиболее экономичный способ газификации криопродуктов. Профиль испарителей изготавливается из алюминиевого сплава АД31, обладающего высокой коррозионной стойкостью. «НПО Мониторинг» непрерывно работает над повышением технологичности выпускаемых испарителей. Доработка профиля оребрѐнной трубы, например, позволила сократить сроки изготовления испарителей среднего и высокого давлений более чем на 40 %.



Фото 25. «Нами освоены в производстве два типоразмера атмосферных испарителей: ИС и ИВ, — сказал К.А. Иванов. — Для каждого типоразмера испарителей разработаны системы их классификации и алгоритмы формирования кодов. Это позволяет нам ускорить оформление заказов и изготовление атмосферных испарителей»

В нескольких докладах, прозвучавших на семинарах, сообщались результаты научно-исследовательских работ. В некоторых из них излагались высокие технологии получения ценных компонентов из газовых смесей, например, в докладах специалистов Одесской государственной академии холода и ООО «Айсблик» (г. Одесса).

Вопросы приготовления смесей с заданными концентрациями исходных компонентов были темой выступления старшего научного сотрудника Одесской государственной академии холода, к.т.н. *О.В. Дьяченко* (фото 26). Доклад подготовлен на основе совместной работы МГТУ им. Н.Э. Баумана и ООО «Айсблик» (г. Одесса). В нём критически проанализированы промышленные и лабораторные методы приготовления газовых смесей. Вначале рассматривался способ динамического получения больших количеств смесей в потоке с помощью дозаторов непрерывного действия. В таких дозаторах концентрации отдельных веществ устанавливаются пропорционально гидравлическим сопротивлениям соответствующих каналов. В случае повышенных требований к составу смеси применялся непрерывный контроль качества. Для этого использовалась поверочная смесь из баллона. При отклонении свойств смеси от эталона мостовая схема компаратора генерирует сигнал, который после усиления приводит к срабатыванию клапанов, байпасирующих потоки компонентов. В докладе нашли отражение и способы периодического производства смесей: гравиметрический (весовой) и манометрический. При реализации манометрического способа для обеспечения приготовления смеси с более точным воспроизведением состава применялся хроматограф для проведения газового анализа. В большинстве случаев требуемый результат достигался после одного корректирующего шага, который осуществлялся на основании данных газового анализа [19].



Фото 26. Участвующих в работе семинара специалистов в докладе *О.В. Дьяченко* заинтересовала та его часть, в которой излагались методы получения и хранения смесей в жидком виде. В основе этой технологии лежит информация о фазовом равновесии смеси веществ

Доклад профессора Донбасского государственного политехнического университета *Ю.А. Рутковского* (г. Алчевск Луганской области) содержал ряд новых результатов об эффективном методе интенсификации поршневых компрессоров за счёт применения резонансных колебаний давления газа в их всасывающих системах. Докладчик показал, что правильно организованное использование резонансных явлений позволяет добиться повышения производи-

тельности компрессоров до 20 % без капитальных затрат путём лишь модернизации всасывающей системы. Особенно выгодно, как установлено в ходе исследований, применять резонансные колебания давления газа во всасывающих системах компрессоров с цилиндрами двойного действия. Впервые всасывающую систему предложено разделить на три зоны: до-резонансную, резонансную и зарезонансную, в условиях которых наполнение цилиндра воздухом различно. *Ю.А. Рутковским* выявлена сущность резонансной акустической интенсификации поршневого компрессора, отражающая совместное влияние сопротивления всасывающих клапанов и волновых процессов в условиях резонанса. По итогам обширных исследований *Ю.А. Рутковским* подготовлены три статьи, опубликованные в журнале «Технические газы» [20-22]. Им ведутся исследовательские работы совместно со специалистами ПАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» по внедрению результатов исследований в поршневые воздушные компрессоры, производимые этим предприятием.

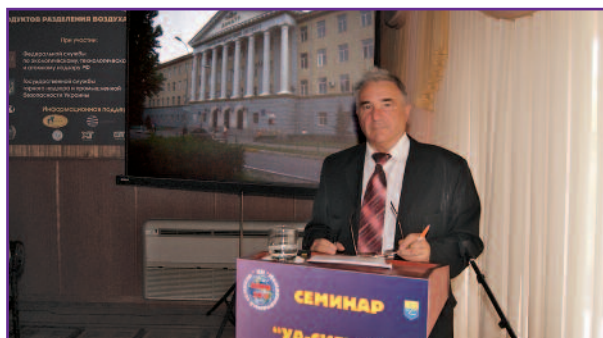


Фото 27. В докладе *Ю.А. Рутковского* были приведены результаты экспериментальных исследований поршневых компрессоров при различной относительной длине всасывающего трубопровода. Обнаружены зоны резонансных явлений, подтверждена возможность их использования для интенсификации работы компрессоров

С технологиями получения гелия-3 из природного гелия познакомил участников семинара ведущий научный сотрудник Одесской государственной академии холода, к.т.н. *А.П. Графов* (фото 28). Он в сравнении с гелием-4 охарактеризовал свойства его изотопа гелия-3, показал, каким низким оказывается содержание гелия-3 в гелии-4. Например, в природном гелии, находящемся в воздухе, всего 1,34-1,40 ppm его лёгкого изотопа. Объёмы годового производства гелия-3 составляют сотни-тысячи его норм. литров. В докладе были представлены основные три способа извлечения ^3He из гелия: на основе фильтрации сверхтекучего ^4He ; организацией ректификации смеси ^3He - ^4He ; с помощью адсорбции ^3He . Были приведены результаты выполненных экспериментальных исследований, рассмотрена методика выбора оптимальной технологии с учётом общих затрат на термостатирование, отнесённых к количеству гелия-3 в получаемых продуктах.



Фото 28. «К гелию-3 в последние годы проявляется повышенный интерес, — так началось выступление А.П. Графова. — Известно, что на его основе могут создаваться наиболее низкотемпературные рефрижераторы. Однако самым главным в ряду его применений является принципиальная возможность использования гелия-3 в качестве наилучшего «топлива» в реакции термоядерного синтеза»

От МГТУ им. Н.Э. Баумана и двух известных компаний, — ООО «Айсблик» (г. Одесса) и ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области), — выступил руководитель криогенного комплекса ООО «Айсблик», д.т.н., профессор Ю.М. Симоненко (фото 29). В докладе приведена ценная информация об актуальной проблеме использования мембран для извлечения неона и гелия из их концентратов, выводимых из воздухораспределительных установок. Были изложены физические основы мембранного разделения бинарной смеси. На основе этого авторами доклада разработан универсальный метод мембранного разделения многокомпонентных смесей. Для подтверждения основных теоретических положений, как сообщалось в выступлении, создано несколько мембранных установок для обогащения смеси Ne-He-N₂. В ходе экспериментов в установки подавались специально подготовленные смеси-имитаторы. Сочетание расчётных моделей и их выборочной экспериментальной проверки позволило подготовить рекомендации по использованию имеющихся в наличии азотных модулей в технологиях обогащения неонгелиевых смесей. Докладчик отметил, что, конечно, одиночная мембрана уступает дефлегматору. Однако эксплуатационные недостатки мембранных аппаратов удалось частично устранить за счёт использования схем со ступенчатым их включением.

В докладе д.т.н., профессора Одесского национального морского университета А.А. Вассермана (фото 30) сообщались результаты расчётно-теоретической работы, выполненной совместно с к.т.н., доцентом А.Г. Слынько, по описанию фазовых равновесий в бинарных смесях, содержащих редкие газы, азот либо кислород. Составленные уравнения отображают зависимости давления сосуществующих фаз от температуры и состава смеси. С их помощью описаны опытные значения давления жидкой фазы со средними квадратическими отклонениями 0,4-2,4 % и паровой фазы с отклонениями 0,5-3,8 %, т.е. с приемлемой для практики точностью.



Фото 29. Ю.М. Симоненко обратил внимание на то, что каскадные мембранные установки с рециркуляцией могут конкурировать с дефлегматорами, а на производствах продуктов разделения воздуха с ограниченной выдачей жидких криопродуктов мембранным системам практически нет альтернативы. Докладчик отдельно отметил, что большинство экспериментов проводилось на мембранах компании «Air Products and Chemicals Inc.», оправдавших ожидания авторов доклада

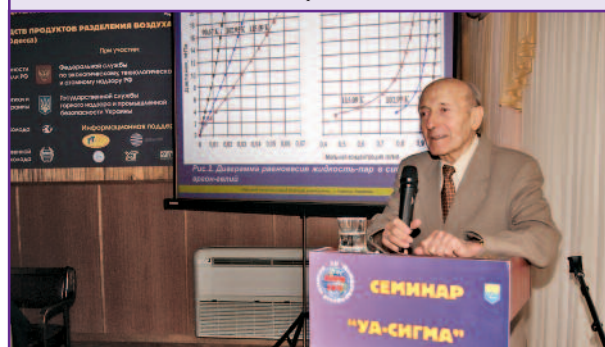


Фото 30. «На основании экспериментальных данных для бинарных смесей аргон-азот, аргон-кислород, аргон-гелий, аргон-неон, криптон-кислород и криптон-ксенон, — сказал А.А. Вассерман, — составлены уравнения для расчёта давления жидкости и пара в состоянии фазового равновесия. Они могут использоваться при разработках новых технологий получения редких газов»

Ассоциация «УА-СИГМА» является корпоративным членом Европейской ассоциации промышленных газов (EIGA), которая занимается разработкой европейских норм и правил безопасности при производстве и использовании ряда газов, в том числе и продуктов разделения воздуха. Поскольку в страны СНГ поставляется всё больше компрессорного и криогенного оборудования из Европы, участники семинара восприняли очень заинтересованно доклад главного менеджера по направлению промышленных газов компании «MAN Diesel & Turbo» (Швейцария) Дмитрия Шалаева (фото 31). В докладе излагались основные принципы конструирования кислородных турбокомпрессоров согласно нормативам EIGA IGC на примере компрессоров серии RIO, производимых этой компанией. Вначале были перечислены следующие причины возгорания кислородных компрессоров: механические трения и наличие точек локального разогрева; посторонние предметы и частицы в тракте, в том числе образовавшиеся вследствие механического

разрушения деталей компрессора и обвязки; попадание смазочного масла в тракт; механическое разрушение в результате резонанса. Затем было показано, как конструктивно были воплощены требования EIGA IGC в разработку компрессоров серии RIO.



Фото 31. Д. Шалаев в качестве вывода сказал следующее: «Компания «MAN Diesel & Turbo» имеет обширный опыт производства различных типов компрессоров, в том числе и многовалвных мультипликаторных. Но приоритет безопасности при компрессии кислорода диктует применение обновальной схемы»

Участники семинара с вниманием выслушали доклад ведущего инженера-технолога ЧАО «Харьковский автогенный завод» И.П. Подгорного (фото 32). Тема его выступления: «Актуальные проблемы производства медицинского газообразного кислорода». В выступлении были освещены основные требования правил GMP в приложении к медицинскому кислороду как лекарственному средству (ЛС). Они конкретно относятся к производственным процессам; персоналу; документации; к хранению и транспортировке ЛС; к системе отзыва любой серии ЛС из продажи или поставки; к рассмотрению рекламаций на проданную продукцию. Доклад содержал рекомендации, советы, а также обобщение опыта, накопленного компаниями «Elme Messer Gaas» (г. Таллинн, Эстония), «Elme Messer Украина» (г. Харьков) и ЧАО «Харьковский автогенный завод». Из выступления можно было увидеть, как серьезно относятся к производству медицинского кислорода в этих компаниях и особенно на Харьковском автогенном заводе.

Вопросы безопасности производств продуктов разделения воздуха, а также их использования в различных технологиях всегда обсуждались на предыдущих семинарах. Не было исключением и этот семинар «ППРВ-2011». Так, в докладе заместителя директора НИиКИ криогенного машиностроения, к.т.н. А.В. Кортикова (фото 33) рассматривались практические вопросы безопасности, которые нужно учитывать при проектировании и эксплуатации оборудования для производства и потребления кислорода. Статья по теме выступления А.В. Кортикова была заранее опубликована в журнале «Технические газы» [23]. Несмотря на это, после доклада участники семинара обсуждали с автором многие конкретные вопросы безопасности. И не удивительно! Ведь на ряде предприятий есть свои проблемы с безопасностью, на других — накопленный

годами ценный опыт обеспечения высокого уровня безопасности. Для большей наглядности докладчик приводимые примеры распределил так, что сначала проанализировал ошибки при проектировании кислородного оборудования, а затем коснулся случаев ненадлежащего использования кислорода и нахождения в зоне с повышенным содержанием кислорода.



Фото 32. Выступивший с докладом И.П. Подгорный вначале ознакомил специалистов с основными положениями международных правил GMP (Good Manufacturing Practice). В 1998 г. в Украине была введена в действие первая редакция НД «Надлежащая производственная практика GMP». Принятые после этого другие документы относили кислород медицинский к лекарственным средствам, которые должны лицензироваться, изготавливаться и обрабатываться согласно жестким требованиям



Фото 33. Обсуждая вопросы безопасности, А.В. Кортиков высказал вполне справедливое и обоснованное мнение: «Опасности, связанные с кислородом, хорошо известны. Тем не менее, ежегодно происходит множество инцидентов — от небольших возгораний до серьёзных аварий, в которых страдают люди. Иногда они обусловлены недостатком опыта и знаний у конкретных исполнителей, иногда из-за ненадлежащего контроля или невнимательности, но почти всегда — из-за несоблюдения правил и требований безопасности со стороны ответственных за это лиц»

В заключительной части работы семинара состоялась презентация новой книги «Пособие по безопасности эксплуатации кислородных баллонов» [24]. Автор этой книги и докладчик — главный инженер ООО «Кислород-сервис» (г. Киев), государственный технический эксперт по промышленной безопасности

В.П. Чижиченко (фото 34). Пособие содержит все необходимые правила безопасности и стандарты, относящиеся к проблемам безопасной работы с кислородом. Исключительно полезными являются разработанные автором образцы инструкций по эксплуатации кислородных баллонов в медицинских учреждениях; при техническом освидетельствовании баллонов; при заправке и эксплуатации криогенных кислородных газификаторов и криоцилиндров. В книге обобщены причины и особенности разрушения кислородных баллонов и методы их предупреждения. Автор изложил альтернативные методы кислородообеспечения на промышленных предприятиях и в медицинских учреждениях. У книги, несомненно, будет широкий круг читателей. Это издание поможет в работе служб охраны труда предприятий и инспектирующим организациям.



Фото. 34. Книга, с которой В.П. Чижиченко ознакомил участников семинара, содержала много ценного материала. Специалисты с интересом отнеслись к многочисленным рекомендациям, с которыми их ознакомил докладчик

4. ЗАВЕРШЕНИЕ РАБОТЫ СЕМИНАРА И НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

Высокий уровень состоявшихся докладов, насыщенность их большим объёмом современной информации, с одной стороны, и активное заинтересованное участие слушателей в их обсуждении, с другой, дали возможность нам как организаторам семинара вручить им сертификаты, подтверждающие повышение квалификации по актуальной проблеме эффективной и безопасной эксплуатации производств продуктов разделения воздуха.

Большинство докладов заранее было оформлено авторами в виде статей. Выпуски журналов «Технические газы», в которых они были опубликованы, вручались нами участникам семинара в первый же день заседаний. Поэтому они могли заранее ознакомиться со статьями, встретиться с теми специалистами, чьи доклады их заинтересовали. Творческая атмосфера семинара только способствовала этому.

Информационный фонд семинара сформировали, конечно, те специалисты, которые предварительно дали согласие выступить с докладами и даже подготовили на их основе статьи. Поэтому нами от имени оргкомитета семинара в первую очередь всячески поощ-

рялись докладчики (фото 35).

В выступлениях докладчиков и участников семинара был высказан ряд пожеланий. Они относились к улучшению и расширению деятельности Ассоциации по оказанию помощи предприятиям отрасли. Некоторые предложения были обусловлены необходимостью обновления и совершенствования существующих нормативных документов. С учётом этого была подготовлена Резолюция семинара, с проектом которой заранее могли ознакомиться все желающие. На последнем заседании её одобрили после внесения в текст некоторых дополнений и затем вручили каждому, кто принял участие в работе семинара. Поэтому, наверное, нет необходимости приводить её содержание. Единственно, что нужно отметить: в адрес Ассоциации было высказано предложение о проведении в г. Одессе 1-5 октября 2012 г. XIII-го международного семинара по традиционно обсуждаемой актуальной проблеме повышения эффективности и безопасности производств продуктов разделения воздуха.



Фото 35. Дипломами, подтверждающими высокий уровень докладов, и сувенирами отмечались все выступавшие на семинаре. Показано, как благодарили технического директора компании «Elme Messer Gaas» Веру Волоскову (а) и заместителя директора по научной работе ООО «НИИ КМ», к.т.н. В.Н. Уткина (б)

Но не только заседаниями, заслушиванием и обсуждением докладов жил семинар. Нами также многое делалось для того, чтобы создать условия для общения прибывших на семинар специалистов. Такие неформальные контакты имеют высокую ценность.

Во время семинара, несмотря на плотный график заседаний, нами было выделено время для ознакомления участников с историей и современностью Одессы. В первый же день была проведена экскурсия по

городу. На следующий день участники семинара посетили Одесский национальный академический театр оперы и балета, где посмотрели оперный спектакль (фото 36).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши контакты с участниками семинара не заканчиваются после того, как сделан последний доклад, подведены итоги работы и вручены сертификаты. Наша деятельность по обеспечению предприятий современной информацией на этом не прекращается. Она представляет собой непрерывный взаимообогащающий всех нас процесс.



Фото 36. Участники семинара в Одесском национальном академическом театре оперы и балета

Особенно прочными являются связи с теми, кто входит в состав Ассоциации: и членами-учредителями, и корпоративными членами. Мы дорожим контактами с ними и стремимся, — не скрою этого, — к дальнейшему расширению состава Ассоциации. Но в этом должны быть заинтересованы также и сами предприятия. Ведь членство в Ассоциации дает возможность предприятию регулярно получать современную информацию о состоянии исследований и разработок установок разделения воздуха; технологиях реконструкции, модернизации и сервиса существующих блоков разделения, а также о правилах и методах их безопасной эксплуатации.

Наша работа по информационному обеспечению предприятий, как известно, не ограничивается только проведением семинаров. Они исключительно важны, и этого никто не отрицает. Но семинары рассматриваются нами как одна из составляющих эффективно действующей системы непрерывного образования, которая реализуется в контакте и на базе Одесской государственной академии холода. Значимость этой системы обусловлена отсутствием в штате ряда предприятий специалистов с высшим образованием по криогенной технике и технологии. Использование практиков кадровую проблему предприятиям не решить. Необходимы инженеры, имеющие профильную подготовку.

Рассчитываем также на дальнейший рост спроса на издаваемый нами научно-технический и производственный журнал «Технические газы». Вот где много

новой информации и для разработчиков новой техники, и для практиков, занимающихся эксплуатацией ВРУ или использованием ПРВ!

Возвращаясь снова к семинару, следует отметить, что участники в ходе обмена впечатлениями, при обсуждении докладов высоко оценивали уровень организации и проведения семинара, его исключительную полезность, а также единодушно одобряли крайне важную деятельность Ассоциации по информационному обеспечению предприятий отрасли и кадровому сопровождению внедрения новой техники и эффективных технологий. Мы, как и участники семинара, считаем и необходимым, и полезным организацию таких ежегодных мероприятий. С учётом состоявшегося XII-го семинара по проблеме совершенствования производств ПРВ и семинаров другой тематики в их работе приняли участие 1215 специалистов с 300 предприятий 18 стран.

Всего же Ассоциацией проведено 19 семинаров. Кроме указанных 12-ти семинаров нужно ещё назвать следующие семинары, которые Ассоциация организует в последнюю неделю мая: по проблемам повышения эффективности оборудования для производства компримированного и сжиженного природного газа; по проблемам эффективного производства и применения диоксида углерода.

Благодарим всех, кто откликнулся на наши приглашения и с пользой для развития техники разделения воздуха и соответствующих технологий принял участие в работе состоявшегося семинара. Нашу исключительно актуальную работу по информационной поддержке предприятий прекращать не собираемся. Поэтому мы говорим:

— До встречи в Одессе на следующем, тринадцатом, международном семинаре по проблемам совершенствования производств продуктов разделения воздуха!

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лавренченко Г.К.** Информационное обеспечение производителей и потребителей продуктов разделения воздуха// Технические газы. — №1. — 2011. — С. 2-17.
2. **Лавренченко Г.К.** Кадровое сопровождение предприятий, производящих продукты разделения воздуха// Технические газы. — 2003. — № 3. — С. 2-7.
3. **Лавренченко Г.К.** Развитие системы непрерывного образования производственников// Технические газы. — 2004. — № 4. — С. 2-6.
4. **Капица П.Л.** Эксперимент. Теория. Практика. — М.: Наука, 1981. — 496 с.
5. **Бродянский В.М., Лавренченко Г.К.** Столетие ожижения самого «неподдающегося» газа — гелия.// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 2-8.
6. **Буткевич И.К.** Успехи прикладной сверхпроводимости и прогресс криогенной техники// Технические газы. — 2011. — № 5. — С. 2-14.
7. **Черемных О.Я.** Создание транспортного и запорочного оборудования для ракеты — носителя «Восток»//

Технические газы. — 2011. — № 3. — С. 2-8.

8. **Тарасова Е.Ю.** Новые решения, высокая эффективность: опыт создания ВРУ КдАдАр-18/14// Технические газы. — 2011. — № 6. — С. 2-8.

9. **Скородумов Б.А., Карпов В.Н., Писарев Ю.Г.** Воздухоразделительные установки нового поколения// Технические газы. — 2002. — № 4. — С. 23-30.

10. **Сеник М.Г., Коротаев Э.Г.** Производство перлита в мобильных комплексах для изоляции криогенного оборудования при его сооружении// Технические газы. — 2010. — № 3, — С. 70-72.

11. **Наталуха Ю.Б., Смирнов А.В., Фесенко В.Н.** Совершенствование параметров поршневых компрессоров на оппозитной базе 4M10 для ВРУ среднего давления// Технические газы. — 2011. — № 6. — С. 28-32.

12. **Тарасенко И.А., Руцкий С.В.** ВРУ низкого давления для производства от 350 до 8000 кг/ч жидких криопродуктов: схемы, конструкции и характеристики// Технические газы. — 2008. — № 2. — С. 35-42.

13. **Дудышева В.Н., Павлов Н.В., Мостовой В.В.** Модернизация транспортных криогенных ёмкостей и газификаторов // Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 68-72.

14. **Аверу Д., Пикар Ф., Обэр Г.** Обеспечения высоких эффективности и надежности паяных алюминиевых пластинчато-ребристых теплообменников при их конструировании// Технические газы. — 2011. — № 4. — С. 23-36.

15. **Павлов Н.В., Шипл К.** Характеристики гибких криогенных трубопроводов для жидких криопродуктов// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 59-72.

16. **Глухов А.В., Глухов В.А., Таныгин А.В.** Эффективный осушитель воздуха «РС-400» для криогенных воздухо-разделительных установок// Технические газы. — 2011. — № 6. — С. 67-72.

17. Развитие производства технических газов компанией

ООО «НИИ КМ»/ **С.М. Востриков, И.В. Левин, В.Н. Уткин и др.**// Технические газы. — 2011. — № 6. — С. 23-27.

18. **Павлов Н.В., Иванов К.А.** Генераторы пищевых и сварочных газовых смесей// Технические газы. — 2011. — № 4. — С. 68-72.

19. Системы получения смесей на основе редких газов/ **В.Л. Бондаренко, Н.П. Лосяков, Ю.М. Симоненко и др.**// Технические газы. — 2011. — № 4. — С. 52-59.

20. **Рутковский Ю.А., Лавренченко Г.К.** Газодинамические резонансные явления во всасывающей системе и их использование для повышения эффективности воздушных поршневых компрессоров. 1. Относительные показатели резонансной интенсификации// Технические газы. — 2011. — № 5. — С. 41-47.

21. **Рутковский Ю.А., Лавренченко Г.К.** Газодинамические резонансные явления во всасывающей системе и их использование для повышения эффективности воздушных поршневых компрессоров. 2. Исследования возрастания давления газа в цилиндре при всасывании в режиме резонансной интенсификации// Технические газы. — 2001. — № 6. — С. 15-22.

22. **Рутковский Ю.А., Лавренченко Г.К.** Газодинамические резонансные явления во всасывающей системе и их использование для повышения эффективности воздушных поршневых компрессоров. 3. Резонансные характеристики поршневых компрессоров// Технические газы. — 2012. — № 1. — С. 41-48.

23. **Кортиков А.В.** Практические вопросы безопасности при проектировании и эксплуатации оборудования для производства и потребления продуктов разделения воздуха. Кислород// Технические газы. — 2011. — № 6. — С. 55-60.

24. **Чижиченко В.П.** Пособие по безопасности эксплуатации кислородных баллонов. — Киев: Редакция журнала «Охорона праці», 2011. — 196 с.

По вопросам приобретения обращаться:
а/я 188, г. Одесса-26, Украина, 65026;
тел./факс: +380 48 777 00 87;
E-mail: uasigma@paco.net;
Web: www.uasigma.odessa.ua

**КИСЛОРОД
нужен не только
ДЕТЯМ!**



В трехтомнике «Кислород. История и современность» собраны лучшие статьи, опубликованные в журнале «Технические газы». В них отражены достижения в области создания оборудования для производства технических газов и реализации эффективных технологий на их основе.