

**Г.К. Лавренченко**Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 271, г. Одесса, Украина, 65026  
e-mail: uasigma@paco.net

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Украинской ассоциацией производителей технических газов «УА-СИГМА» 18-22 мая 2009 г. в Одессе был проведён III-ий международный семинар «CO<sub>2</sub>-2009». Рассматриваемые на семинаре вопросы относились к актуальной проблеме повышения эффективности и экологотехнологической безопасности производства и использования диоксида углерода. Эта проблема представляет интерес не только для производителей CO<sub>2</sub> и карбамида, но и тех, кто выпускает различное углекислотное оборудование. Актуальность проблемы обусловлена, с одной стороны, тем, что диоксид углерода — парниковый газ, а с другой — высоколиквидный продукт, в котором нуждаются различные отрасли промышленности. В докладах нашёл отражение обстоятельный анализ указанной проблемы. Сделаны сообщения о новых разработках высокоэффективных энерготехнологических комплексов, потребляющих только природный газ для одновременного производства жидкого диоксида углерода, газообразного азота, электрической и тепловой энергии. Большой интерес у специалистов вызвали доклады о компрессорно-насосных установках, использующих холод аммиака для производства жидкого CO<sub>2</sub> и подачи его на синтез карбамида. Ряд докладов был посвящён изложению имеющегося опыта эффективного и безопасного производства CO<sub>2</sub>. Было организовано обсуждение недостатков нового стандарта Украины на диоксид углерода. Участники семинара приняли резолюцию, призывающую предприятия повышать эффективность производства CO<sub>2</sub>, снижать его выбросы в окружающую среду.

**Ключевые слова:** Диоксид углерода. Парниковый эффект. Экология. Эмиссия CO<sub>2</sub>. Риформинг природного газа. Аммиак. Карбамид. Когенерация. Ожижение CO<sub>2</sub>. Холодопроизводительность. Компрессорно-насосная установка. Безопасность.

**Г.К. Lavrenchenko**

## ACTUAL PROBLEMS OF MANUFACTURING AND USING OF CARBON DIOXIDE

The Ukrainian Association of Manufacturers of Industrial Gases «UA-SIGMA» on May, 18-22, 2009 in Odessa had been carried out the third international seminar «CO<sub>2</sub>-2009». The questions considered at seminar have been incorporated by an actual problem of increase of efficiency and ecologically-technological safety of manufacture and use of carbon dioxide. In this problem was interested not only the manufacturers of CO<sub>2</sub> and urea but also those who releases the various carbon dioxide equipment. The urgency of a problem is caused, on the one hand, that carbon dioxide is hotbed gas, on the other hand, the high-consumable product in which various industries require. The detailed analysis of the specified problem was found reflection in reports. The statements on new development of highly effective energotechnological complexes using only natural gas for simultaneous manufacturing of liquid carbon dioxide, gaseous nitrogen, electric and thermal energy was made. The big interest of experts was caused by reports about compressor-pump units using a cold of ammonia for manufacture liquid CO<sub>2</sub> and its submission on synthesis of urea. Participants of a seminar have accepted the resolution calling the enterprises to raise the efficiency of production CO<sub>2</sub>, to reduce its emissions in an environment.

**Keywords:** Carbon dioxide. Greenhouse effect. Ecology. Emission of CO<sub>2</sub>. Riforming of natural gas. Ammonia. Urea. Co-generation. Compressor-pump station. Liquefaction CO<sub>2</sub>. Cold-productive. Safety.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

С 18-го по 22-ое мая в Одессе в гостинице «Виктория» специалистами различных отраслей и компаний рассматривался комплекс вопросов, объединённых общей проблемой повышения эффективности и экологической безопасности производства и использования диоксида углерода. Всё это осуществлялось в рамках организованного Украинской ассоциацией производителей технических газов «УА-СИГМА» III-го международного семинара по указанной проблеме.

Семинар проводился под эгидой Министерства промышленной политики Украины, Министерства промышленности и торговли РФ, Международной академии холода, Одесской государственной академии холода и при участии Госкомитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору, Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Проблема семинара исключительно актуальна, что нашло подтверждение в большом интересе к нему и в обширной программе, объединившей около 20 докладов.

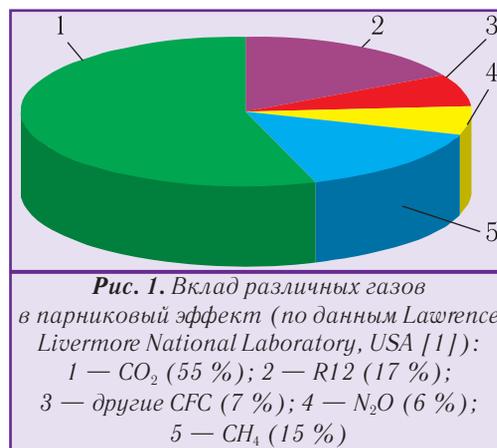
Остановлюсь на некоторых основных положениях, которые учитывались при формировании программы, а также при отборе докладов.

Нами в ходе подготовки семинара принималось во внимание то, что диоксид углерода является высоколиквидным продуктом. Он находит применение в различных областях народного хозяйства. Его основные потребители — предприятия пищевого направления; заводы технических газов, производящие различные смеси на основе  $\text{CO}_2$ ; заводы крупнотоннажной химии, использующие  $\text{CO}_2$  для выпуска такого высокоэффективного азотного удобрения, как карбамид, а также для организации процессов паруглекислотной каталитической конверсии природного газа в производстве метанола и др. Интерес к диоксиду углерода проявляет и холодильная техника. Его используют в качестве эффективного натурального хладагента в холодильных машинах и установках, а также тепловых насосах.

Вместе с тем, нужно учитывать, что диоксид углерода — наиболее распространённый парниковый газ. Поэтому его вклад в глобальные атмосферные процессы является преобладающим (см. рис. 1).

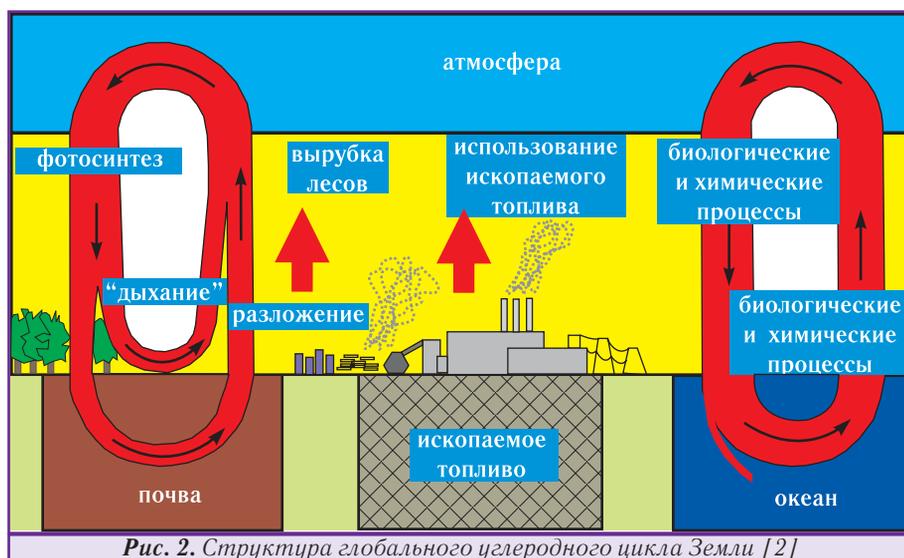
Как известно, все жизненные процессы на Земле в той или иной степени включены в планетарный углеродный цикл и вносят свой вклад в общий углеродный фонд [2]. Рассмотрим основные глобальные потоки  $\text{CO}_2$  (см. рис. 2). Так, при вегетации растения используют солнечную энергию для поглощения  $\text{CO}_2$

и его превращения в биомассу. Считается, что в этих процессах фотосинтеза из атмосферы поглощается 110 млрд. т углерода. Эта величина намного превышает антропогенные выбросы, т.е. выбросы, связанные с деятельностью человека. Однако из природных источников в атмосферу попадает суммарно такое же количество диоксида углерода: за счёт дыхания растений, животных и людей выделяется 60 млрд. т; разложение наземной биомассы освобождает остальные 50 млрд. т.



Человеческая деятельность, — прежде всего сжигание органического топлива (см. табл. 1), — приводит, как отмечалось, к некомпенсированному выбросу диоксида углерода в атмосферу. Поэтому мировая общественность не зря забила тревогу. В результате представители большинства стран мира в Японии в 1997 г. подписали Киотский Протокол о контроле и регулировании эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу. В соответствии с ним 38 промышленно развитых стран взяли на себя обязательства к 2012 г. (относительно уровня 1990 г.) снизить на 5,2 % выбросы в атмосферу  $\text{CO}_2$  и других газов, вызывающих парниковый эффект.

Дальнейшие исследования показали, что при анализе общих экологических последствий производства  $\text{CO}_2$  необходимо учитывать не только прямую его



эмиссию, но также влияние применяемого энергопотребляющего оборудования на косвенные выбросы CO<sub>2</sub> тепловыми станциями в соответствии с табл. 1.

**Таблица 1.** Значения эмиссии CO<sub>2</sub> β при производстве 1 кВт·ч электроэнергии тепловыми станциями, использующими различные виды топлива

Топливо	β, кг CO <sub>2</sub> /кВт·ч
Уголь	1,12
Нефть	0,94
Газ	0,57

С учётом указанного для актуализации семинара использовались три главных тезиса:

- Диоксид углерода — парниковый газ. Его выбросы должны регулироваться согласно требованиям и условиям Киотского протокола (1997 г.). Вместе с тем, он является высоколиквидным продуктом, в котором нуждаются различные отрасли промышленности.

- Требуется обоснованный подход к выбору и дальнейшему использованию процессов и технологий, снижающих прямые и косвенные выбросы CO<sub>2</sub>. Имеется острая потребность в разработке методики экологотехнологической оценки всей цепи «производство-применение CO<sub>2</sub>».

- Нуждаются в серьёзной модернизации существующие производства как газообразного, так и жидкого диоксида углерода, применяемые процессы, оборудование и технологии. Необходимо рассмотрение новых, более эффективных процессов производства низкотемпературного жидкого диоксида углерода, а также экологически благоприятных областей его использования.

При отборе и докладчиков, и тем для их выступлений принимались во внимание сформулированные тезисы. На основе этого была сформирована информационная составляющая семинара, с которой задолго до начала его работы были ознакомлены представители многочисленных предприятий.

Остановимся на её кратком рассмотрении для того, чтобы, во-первых, составить общее представление об имеющихся достижениях и, во-вторых, установить основные направления решения ряда задач, объединённых обсуждаемой проблемой.

## 2. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ

Для нас, организаторов семинара, важно было довести до его участников современную информацию о сформированной нами и вынесенной для обсуждения актуальной проблеме. Этому, в первую очередь, способствовали отобранные нами доклады. Но сюда можно отнести и заблаговременную публикацию докладов, оформленных в виде статей, в выпусках журнала «Технические газы». Кстати, каждому, кто принял участие в работе семинара, были вручены выпуски журнала за текущий год, т.е. его полугодовой комплект.

Первое заседание началось весьма торжественно (см. фото 3) и, — думаю, со мной согласятся те, кто участвовал в работе семинара, — в деловой обстановке. С приветствием и пожеланиями успешной работы к присутствующим обратился ректор Одесской государственной академии холода д.т.н., профессор В.В. Притула (фото 4).



а)



б)

**Фото 3.** Первое пленарное заседание... Участники семинара «CO<sub>2</sub>-2009» (а) и его президиум (б): генеральный директор ООО «НПО Мониторинг» (г. Москва), к.т.н. Н.В. Павлов; директор ПКФ «Криопром» ООО (г. Одесса) И.В. Кириченко; заведующий лабораторией ОАО «Научно-исследовательский институт карбамида и продуктов органического синтеза» (г. Дзержинск Нижегородской области), к.т.н. Ю.А. Сергеев; ректор Одесской государственной академии холода, президент Международной академии холода (укр. отделение), засл. деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор В.В. Притула; президент Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА», засл. деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор Г.К. Лавренченко (слева направо)

После этого была проведена процедура приёма в корпоративные члены Ассоциации такого известного предприятия, как ООО «Днепропромсинтез» (г. Кривой Рог Днепропетровской области) (фото 5).



**Фото 4.** В приветственном слове В.В. Притула обратил внимание присутствующих на актуальность обсуждаемой проблемы. Он охарактеризовал большие возможности Одесской государственной академии холода в подготовке специалистов, проведении научных исследований для предприятий отрасли низкотемпературных технических газов и, в частности, для тех, кто производит и использует диоксид углерода, а также выпускает необходимое для этого оборудование



**Фото 5.** Ассоциация пополнилась ещё одним членом. Сертификат о членстве был вручен директору ООО «Днепропромсинтез» И.Н. Абаеву

Во время пленарного заседания, открывающего работу семинара, от Ассоциации «УА-СИГМА» мною были сделаны два доклада. Первый из них посвящался рассмотрению актуальности проблемы семинара «СО<sub>2</sub>-2009», его целей и обсуждаемых задач. Если коснуться преследуемых нами целей, то их можно свести к следующему:

- Ознакомление с новыми исследованиями, разработками и освоенными в производстве видами оборудования для эффективного получения СО<sub>2</sub> из различных сырьевых источников.
- Рассмотрение основных направлений эффективного и экологически благоприятного производства и применения диоксида углерода.
- Изучение опыта безопасной эксплуатации оборудования, его реконструкции и модернизации.

Во втором моём докладе «Экологотехнологиче-

ские и энергетические аспекты производства и использования диоксида углерода» излагались преимущественно результаты собственных исследований, выполненных Ассоциацией. Кратко комментируя этот доклад, нужно, прежде всего, напомнить, какие и в какой последовательности принимались международные соглашения о регулировании выбросов в атмосферу диоксида углерода и других химических веществ. Так, в 1985 г. представители многих стран скрепили подписями Венскую конвенцию о мерах по защите озонового слоя Земли. Монреальский Протокол о регулировании использования и последующего запрета озоноразрушающих веществ был принят позже, в 1987 г. Этим Протоколом было введено понятие потенциала разрушения озонового слоя ODP (Ozone Depleting Potential). Позже установили, что возможное разрушение озонового слоя под влиянием эмиссии некоторых веществ, например, хлорфторуглеродов, и прогнозируемое специалистами глобальное потепление из-за роста содержания в атмосфере парниковых газов оказываются тесно взаимосвязанными. Это обусловило появление более жёсткой редакции Монреальского Протокола (1992 г., Копенгаген). В ней был введён такой показатель, как потенциал глобального потепления GWP (Global Warming Potential) (см. табл. 2).

**Таблица 2.** Значения потенциала глобального потепления GWP некоторых веществ

Вещество	GWP
R12	4500
R22	5100
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	40

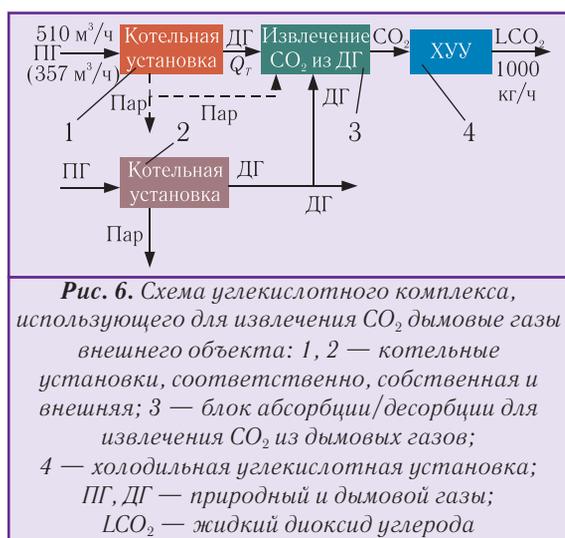
Из табл. 2 видно, какими высокими являются значения GWP таких хладагентов, как R12 и R22. Эмиссия 1 кг этих хладагентов эквивалентна 4500 кг и 5100 кг, соответственно, эмиссии СО<sub>2</sub>.

Затем последовало принятие в 1997 г. Киотского Протокола об ограничении и регулировании выбросов в окружающую среду парниковых газов. Все указанные международные документы были ратифицированы странами-участницами соглашений. Их выполнение контролируется как на государственных, так и международном уровнях. Регулярно представителями разных стран обсуждается ход выполнения принятых обязательств. Сошлюсь на одно из последних таких мероприятий. С 28 ноября по 10 декабря 2005 г. в Монреале проходила конференция ООН по изменению климата, в которой приняли участие более 9 тыс. учёных и политических деятелей. На форуме было объявлено о начале процессов по редукации парниковых газов в соответствии с требованиями Киотского Протокола. На нём были утверждены Марракешские соглашения о правилах торговли эмиссионными квотами.

Как бы до сих пор не утверждали некоторые скептики, все эти документы о международных договорённостях чрезвычайно важны для снижения уровня антропогенного воздействия мировой хозяйственной сис-

темы на глобальные процессы. Легко заметить, что основные проявления антропогенной деятельности сосредоточены в средней части рис. 2. Её влияние при непрерывном росте на каком-то этапе может внести необратимые изменения в два природных пока ещё саморегулирующихся цикла, показанных в правой и левой частях рис. 2.

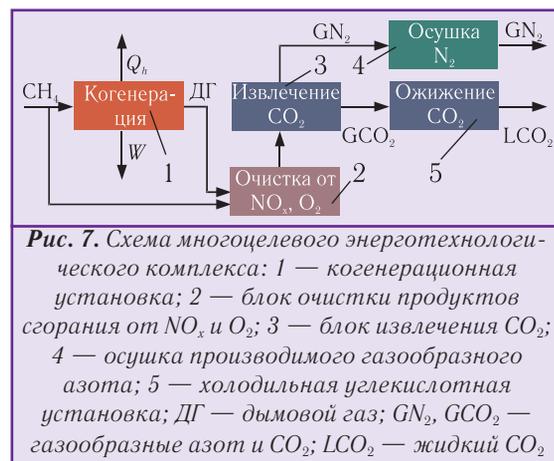
В докладе был изложен общий подход к энерго-экологическому анализу производства и применения  $\text{CO}_2$ . Одно из его положений — снижение затрат энергии при производстве  $\text{CO}_2$ , так как при этом решаются две взаимосвязанные задачи: энергосбережение, в целом, и уменьшение экологических последствий, обусловленных косвенной эмиссией  $\text{CO}_2$ . Затем было показано, как в конкретных технологиях могут решаться эти задачи. Были приведены показатели разработанных Ассоциацией процессов, схем и технологий, способствующих существенному снижению энергозатрат [3]. Большой интерес у присутствующих вызвало обоснованное нами и частично уже внедрённое предложение [4] о возможности снижения расхода природного газа в комплексах для получения  $\text{CO}_2$  из продуктов сгорания (см. рис. 6). При реализации указанной технологической схемы, в которой предусматривается использование дополнительного количества дымовых газов от внешнего объекта (тепловой станции, котельного агрегата и т.п.), удаётся сохранить прежнюю производительность углекислотного комплекса, но с существенно меньшими затратами (не менее 30 % от существующих) природного газа. На рис. 6 показано, что при дополнительном использовании дымовых газов, которые выбрасываются в окружающую среду внешним объектом, затраты природного газа снижаются с 510 до 357 м<sup>3</sup>/ч, а производительность установки остаётся прежней (1000 кг/ч жидкого  $\text{CO}_2$ ).



**Рис. 6.** Схема углекислотного комплекса, использующего для извлечения  $\text{CO}_2$  дымовые газы внешнего объекта: 1, 2 — котельные установки, соответственно, собственная и внешняя; 3 — блок абсорбции/десорбции для извлечения  $\text{CO}_2$  из дымовых газов; 4 — холодильная углекислотная установка; ПГ, ДГ — природный и дымовой газы;  $\text{LCO}_2$  — жидкий диоксид углерода

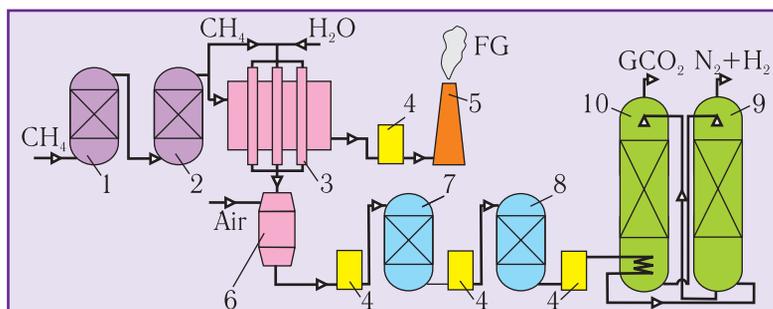
С большим вниманием участники семинара отнеслись к нашим работам по дальнейшему совершенствованию разрабатываемых многоцелевых энерготехнологических комплексов с процессами когенерации и тригенерации, предназначенных для одновременного производства низкотемпературного жидкого  $\text{CO}_2$ , чис-

того газообразного азота, электрической и тепловой энергии [5,6]. Некоторые результаты научно-исследовательских и технологических работ этой направленности уже применяются в новых более эффективных углекислотных установках [4]. Структурная схема комплекса приведена на рис. 7. Он может функционировать автономно, используя лишь природный газ. Производимой комплексом энергии хватает не только для привода холодильной углекислотной установки, но и для обеспечения ею других потребителей. Наши исследования показывают, что эксергетический КПД такого комплекса в 10 раз выше его значения, характерного для традиционной установки.



**Рис. 7.** Схема многоцелевого энерготехнологического комплекса: 1 — когенерационная установка; 2 — блок очистки продуктов сгорания от  $\text{NO}_x$  и  $\text{O}_2$ ; 3 — блок извлечения  $\text{CO}_2$ ; 4 — осушка производимого газообразного азота; 5 — холодильная углекислотная установка; ДГ — дымовой газ;  $\text{GN}_2$ ,  $\text{GCO}_2$  — газообразные азот и  $\text{CO}_2$ ;  $\text{LCO}_2$  — жидкий  $\text{CO}_2$

В докладе отмечалась необходимость совершенствования комплексов паровоздушной конверсии природного газа для получения смеси  $\text{N}_2\text{-H}_2$ , применяемой для синтеза аммиака. При её очистке получают большие количества  $\text{CO}_2$  (см. рис. 8). Необратимость процессов конверсии природного газа довольно существенна. На её долю, как следует из эксергетического анализа, приходится 16 % потерь. Особенно значительны потери в процессах очистки смеси  $\text{N}_2\text{-H}_2$  от  $\text{CO}_2$  используемым сейчас методом абсорбции/десорбции. Каковы же общие затраты в наиболее распространённых агрегатах синтеза аммиака? Например, энергоёмкость производства  $\text{NH}_3$  в агрегатах АМ-70 и АМ-76, т.е. сумма теплотворной способности расходуемого природного газа и затрачиваемой электроэнергии, составляет почти 11 Ккал/т  $\text{NH}_3$ . Затраты в отделении абсорбционной очистки при этом достигают 10 % от общих затрат. Один из путей повышения экономичности процессов абсорбции/десорбции — замена применяемых абсорбентов на более эффективные. Такую работу по переходу на новый абсорбент (метилдиэтаноламин) успешно выполнили на предприятиях «Куйбышевазот», «Невинномысский азот» (Ставропольский край), «НАК Азот» (г. Новомосковск Тульской обл.). В результате удалось добиться экономии энергоресурсов в 24 Ккал/ч или на 38 % от общих затрат на извлечение  $\text{CO}_2$ . Дальнейшее совершенствование эксплуатируемых агрегатов синтеза аммиака, внедрение в их структуру новых конструктивных и схемных решений приведёт к более существенному



**Рис. 8.** Принципиальная схема получения газообразного  $\text{CO}_2$  как побочного продукта производства азотоводородной смеси конверсией природного газа: 1 — реактор гидрирования; 2 — реактор сероочистки; 3 — трубчатый реактор парового риформинга; 4 — утилизатор теплоты; 5 — дымовая труба; 6 — шахтный реактор воздушного риформинга; 7, 8 — высокотемпературный и низкотемпературный конвертеры  $\text{CO}$ ; 9, 10 — абсорбер и десорбер  $\text{CO}_2$ , соответственно

снижению общих затрат. Необходимо указать, что современные агрегаты расходуют 7,5-8,0 Гкал/т  $\text{NH}_3$ , в то время как существующие — до 11 Гкал/т  $\text{NH}_3$ .

В докладе также было рассказано о разработках Ассоциации, которые преследуют решение одной из важнейших на данном этапе проблемы повышения эффективности выработки электроэнергии при одновременном существенном снижении эмиссии  $\text{CO}_2$  в окружающую среду [7]. Объектом исследований являлся наиболее мощный паротурбинный блок К-1200-240, работающий на природном газе. Внедрение результатов исследований в модернизированный блок К-1200-240М позволит, как видно из табл. 3, повысить термический КПД блока на 31,4 % и уменьшить выбросы  $\text{CO}_2$  на 18,8 %. В разработанной технологической схеме блока 583,5 т/ч образующегося диоксида углерода выдаётся в виде жидкого низкотемпературного продукта. Эти исследования дадут возможность повысить эффективность наиболее распространённых в РФ, Украине и странах СНГ паротурбинных энергоблоков до уровня парогазовых. На их основе можно создавать совершенные интегрированные энерготехнологические комплексы.

В заключительной части участники семинара бы-

**Таблица 3.** Основные характеристики традиционного и модернизированного паротурбинного блока К-1200-240

Параметры	К-1200-240	К-1200-240М	Эффективность, %
$P$ , МПа	24	24	—
$T_n$ , °С	540	540	—
$T_{кв}$ , °С	—	1000	85,2
$\text{CH}_4$ (у.т.), т/ч	—	212,2 (255,7)	21,6
$\text{O}_2$ , т/ч	—	236,15	—
$\text{CO}_2$ , т/ч	693,6	583,5*	18,8
Мазут (у.т.), т/ч	222,3 (311,0)	—	—
$\eta_i$ , %	53,3	70,04	31,4
$\eta_e$ , %	47,4	57,64	21,6

**Примечания:**  $T_n$  — температура перегрева;  $T_{кв}$  — температура в камерах сгорания;  $P$  — давление пара перед турбиной высокого давления; у.т. — условное топливо; \* — продукт.

ли ознакомлены с предложениями Ассоциации по налаживанию сотрудничества с предприятиями, производящими и использующими диоксид углерода. Все предложения основывались на имеющемся существенном заделе, который создан научно-исследовательским сектором Ассоциации в последние годы. Они сводятся к следующему:

- Разработка технологической части проектов модернизации углекислотных станций по результатам их обследований.
- Подготовка рекомендаций по повышению производительности традиционно используемых компрессорных линий подачи газообразного  $\text{CO}_2$  под давлением 15-20 МПа на синтез карбамида.

Выполнение технологических проектов повышения эффективности аммиачных холодильных установок (компрессорного или абсорбционного типов), работающих в составе агрегатов синтеза аммиака.

- Создание экономичных компрессорно-насосных установок для ожижения  $\text{CO}_2$  и подачи его насосами на синтез карбамида.

Проведение этих работ специалистами Ассоциации в контакте с предприятиями позволит снизить затраты при производстве низкотемпературного жидкого диоксида углерода и его использовании в современных технологиях синтеза карбамида. При этом будут улучшаться и экологотехнологические показатели предприятий.

Эти и другие предложения Ассоциации вызвали интерес у участников семинара. Направления возможного сотрудничества Ассоциации с рядом предприятий обсуждались с их представителями, присутствующими на семинаре, и во время заседаний, и в неформальной обстановке.

С двумя обобщающими результаты наших исследований докладами [5-9] выступил начальник научно-исследовательского сектора Ассоциации А.В. Копытин (фото 9). В первом докладе им было показано, что углекислотный комплекс, потребляющий природный газ, может функционировать автономно без использования электроэнергии из внешней сети. Такое реально возможно, если в состав энерготехнологического комплекса ввести когенерационную установку. Но самое важное, что для нужд комплекса требуется относительно небольшая часть производимой электроэнергии. Большая же её часть может обеспечивать работу внешних потребителей. Докладчик привёл для иллюстрации характеристики такого комплекса для производства 1000 кг/ч низкотемпературного жидкого диоксида углерода. При потреблении комплексом 510 м<sup>3</sup>/ч природного газа, как следует из табл. 4, им вырабатывается около 2 МВт электроэнергии и 5250 м<sup>3</sup>/ч чистого газообразного азота. Из сравнения энерготехнологического комплекса с традиционной установкой видно, что

при использовании когенерационных процессов при производстве, кроме низкотемпературного диоксида углерода, других продуктов можно эксергетический КПД увеличить более чем в 10 раз.



**Фото 9.** А.В. Копытин первое выступление посвятил анализу технологических схем и показателей энерготехнологических комплексов, использующих только природный газ для производства, кроме низкотемпературного жидкого диоксида углерода, электрической и тепловой энергии, чистого газообразного диоксида углерода. Во втором выступлении он рассмотрел технологические схемы и основные показатели компрессорно-насосных установок для ожижения CO<sub>2</sub> и подачи его насосами на синтез карбамида

Одно из достоинств разрабатываемых Ассоциацией комплексов — относительно низкие уровни эмиссии диоксида углерода в окружающую среду: она снижается на 18 % по сравнению с традиционными производствами CO<sub>2</sub>. В случае создания более мощных комплексов такого типа для их применения в технологиях получения карбамида эмиссия CO<sub>2</sub> практически может быть сведена к нулю. Анализ проводился с использованием созданной нами методики оценки влияния на парниковый эффект как прямой эмиссии CO<sub>2</sub>, так и косвенного её проявления из-за дополнительных выбросов CO<sub>2</sub> в связи с затратами тепловой и электрической энергии на его получение в углекислотном

**Таблица 4.** Характеристики энерготехнологического комплекса (ЭК) и традиционной установки (ТУ)

Наименование	ТУ	ЭК
Расход природного газа, кг/ч (м <sup>3</sup> /ч):	365 (510)	365 (510)
— в когенерационной установке	—	219 (306)
— в генераторе CO <sub>2</sub>	—	146 (204)
Количество производимого низкотемпературного диоксида углерода, кг/ч	1000	1000
Количество производимого азота, м <sup>3</sup> /ч	—	5250
Затраты электроэнергии, кВт	340	350
Производимая электроэнергия (брутто), кВт	—	1950
— в когенерационной установке	—	1170
— в паротурбинной установке	—	780
Эксергетический КПД	4	41,4

комплексе. Для этого в качестве целевой функции принималось значение полного эквивалента глобального потепления TEWI (Total Equivalent Warming Impact) [10].

Во втором докладе А.В. Копытин охарактеризовал особенности разработанных сотрудниками Ассоциации нескольких типов компрессорно-насосных установок, использующих холод жидкого аммиака, для производства жидкого низкотемпературного CO<sub>2</sub> и подачи его под давлением 15 МПа на синтез карбамида. В настоящее время на химических предприятиях сжатие газообразного CO<sub>2</sub> до этого давления производят в многоступенчатых компрессорах. Удельный расход энергии в них достигает 0,13 кВт·ч/кг. Выгоднее, как показали исследования, компримирование диоксида углерода осуществлять в новых компрессорно-насосных установках [8]. Производительность и энергопотребление установок, однако, зависят от давления предварительного сжатия газообразного CO<sub>2</sub> перед его ожижением. При сжатии CO<sub>2</sub> до 1,8 МПа можно с помощью холода жидкого аммиака, производимого в стандартном агрегате, ожижить 2,3 т/ч диоксида углерода, который затем насосом подаётся на синтез карбамида под давлением 15 МПа. Удельный расход энергии в установке — 0,1 кВт·ч/кг. При сжатии же CO<sub>2</sub> до 3 МПа производительность установки возрастает до 8,78 т/ч, а удельные затраты — всего до 0,108 кВт·ч/кг. Выработка карбамида в этом случае за счёт подачи дополнительно этого количества CO<sub>2</sub> и эквивалентного ему количества аммиака может повыситься с 1400 до 1680 т/сут. Установки этого типа, как показано в докладе, позволяют увеличить выработку карбамида. Поэтому их целесообразно использовать там, где исчерпаны возможности повышения производительности существующих многоступенчатых компрессоров для подачи газообразного CO<sub>2</sub> под давлением 15 МПа на синтез карбамида. Но в своих разработках специалисты Ассоциации пошли дальше. А.В. Копытин рассмотрел новые компрессорно-насосные установки другого типа с более высокой производительностью [9]. С их помощью можно мощность агрегатов синтеза карбамида повысить с 1400 до 2000 т/сут. В результате использования этих разработок Ассоциации удастся создавать и более производительные компрессорно-насосные установки, которые позволят заменить существующие чисто компрессорные системы подачи сжатого CO<sub>2</sub> на синтез карбамида.

В работе семинара принимал участие ведущий специалист в области современных технологий производства карбамида, к.т.н. Ю.А. Сергеев, который заведует лабораторией в ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт карбамида и продуктов органического синтеза» (г. Дзержинск Нижегородской области, РФ). Он выступил с докладом «Эффективное использование CO<sub>2</sub> в процессах крупнотоннажного производства карбамида», подготовленным им и Р.В. Андержановым

совместно со специалистами ОАО «Одесский припортовый завод» М.Е. Егрициным и В.Б. Циглеевым (фото 10). Доклад содержал очень ценные результаты, подтверждающие возможность подачи жидкого  $\text{CO}_2$  насосом с давлением 15 МПа в агрегат синтеза карбамида. Исследования, проводившиеся на действующем оборудовании ОАО «Одесский припортовый завод», имеют большое значение, так как показывают, каким образом следует наращивать выпуск карбамида в условиях, когда возможности повышения производительности существующих компрессорных установок уже исчерпаны.

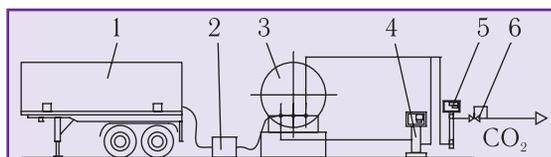


**Фото 10.** «Проведённый промышленный эксперимент, — сказал в заключение Ю.А. Сергеев, — подтвердил на практике целесообразность применения жидкого диоксида углерода в технологии производства карбамида для наращивания производительности по готовому продукту, когда показатели системы компримирования диоксида углерода достигают своего предела»

Углекислотные поршневые компрессоры для различного вида установок выпускает известное предприятие — ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе». На семинаре с докладом о программе модернизации компрессоров 4М16-100/200, 4ГМ16-100/200М1 и выпуска новых компрессоров для компримирования диоксида углерода, используемого в производствах карбамида, выступил заместитель начальника отдела поршневых машин этого предприятия А.В. Шаповалов (фото 11). В докладе было рассмотрено содержание работ по модернизации эксплуатируемых углекислотных компрессорных установок (КУ). Подробно были проанализированы особенности и новых КУ с улучшенными показателями [11]. Внедрение разработанных предприятием эффективных решений позволит увеличить производительность КУ без замены электродвигателя, снизить потребляемую мощность, повысить надёжность и долговечность наиболее ответственных узлов и механизмов. В новых КУ найдут применение более совершенные кинематические схемы. Их можно оснащать САУ на базе программируемых контроллеров, которые позволят включать компрессорные установки в АСУ ТП линий производства карбамида.



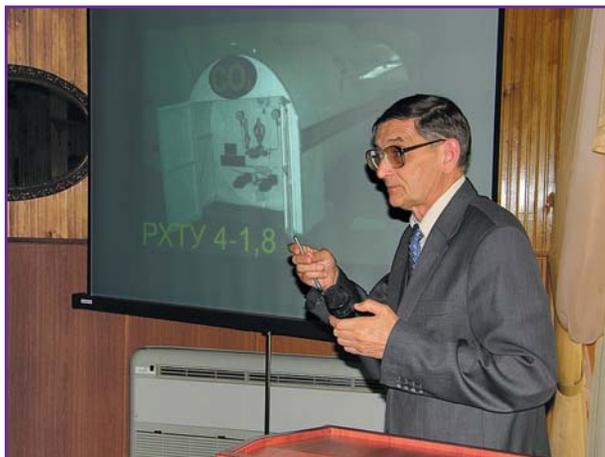
**Фото 11.** «Наше предприятие, — отметил А.В. Шаповалов, — изготовило и поставило для производств карбамида более сорока компрессорных установок, сжимающих диоксид углерода до давления 200 кгс/см<sup>2</sup>. Все установки работают до настоящего времени, хотя часть нуждается в модернизации или замене новыми»



**Рис. 12.** Типовой комплекс станции газификации низкотемпературного жидкого диоксида углерода: 1 — транспортные цистерны для доставки от 4 до 22 м<sup>3</sup> диоксида углерода; 2 — станция перелива жидкого  $\text{CO}_2$  из одной ёмкости в другую производительностью 10 т/ч; 3 — резервуары горизонтальные и вертикальные длительного хранения жидкого продукта объёмом от 4 до 50 м<sup>3</sup>; 4 — газификаторы электрические производительностью от 100 до 400 кг/ч; 5 — подогреватели электрические производительностью от 400 до 1100 кг/ч; 6 — редукторы углекислотные с диапазонами давления газа на выходе 1...8; 2...12 кгс/см<sup>2</sup>

В последние годы наблюдался рост спроса на оборудование для производства, хранения, транспортирования и газификации диоксида углерода. Для полного представления, чем необходимо располагать для обеспечения диоксидом углерода современных эффективных технологий, сошлёмся на рис. 12. Всё перечисленное оборудование изготавливает ООО «АвтоГазТранс» (г. Самара). На семинаре с докладом о характеристиках и достоинствах выпускаемых изделий выступил главный инженер этого предприятия, к.т.н. С.П. Алимов (фото 13). В выступлении он остановился на подробном рассмотрении достоинств новых видов оборудования [13]. Так, предприятием для расширения модельного ряда ёмкостей освоены в производстве изделия с относительно небольшими объёмами: РДХ 5,0-2,0 и РДХ 10-2,0. Кроме этого, начато производство ёмкостей для низкотемпературного жидкого  $\text{CO}_2$  и больших объёмов, вплоть до 50 м<sup>3</sup>. Это вызвано необходимостью создания у некоторых потребителей больших запасов  $\text{CO}_2$  из-за их значительной удалён-

ности от производителей этого продукта.



**Фото 13.** С.П. Алимов сообщил, что совершенствование производимых предприятием ёмкостей идёт по пути расширения модельного ряда, что способствует удовлетворению запросов всё более широкого круга потребителей. Особое внимание при этом уделяется удобству и безопасности эксплуатации оборудования за счёт дублирования предохранительных и контрольно-измерительных систем



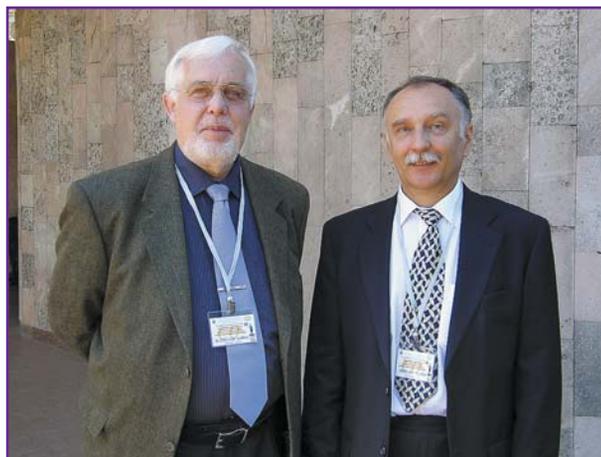
**Фото 14.** Отвечая на вопросы о технологии выбора тех или иных кранов, Д.В. Бахит ознакомил присутствующих с алгоритмами формирования заказов на различные изделия компании

Разработчики оборудования для производства и использования диоксида углерода заинтересованы в применении высококачественной арматуры. Поэтому участники семинара проявили интерес к двум докладам, относящимся к этой тематике. С первым из них выступил региональный менеджер компании «Nabim Industrial Valves & Actuators» (Израиль) Д.В. Бахит (фото 14). Компания производит широкий ряд шаровых кранов, которые характеризуются минимальными гидравлическими сопротивлениями, простотой конструкции и высокой надёжностью, а также быстродействием по сравнению с другими видами арматуры [14]. В докладе из всего многообразия арматуры основное внимание было уделено конструкциям шаровых кранов для высоких давлений (серия Н27), а также криогенных температур. Как следует из выступ-

ления, большим спросом пользуются регулирующие краны серии «Profix». Краны этого типа могут выпускаться с приводом «ComrACTII», который позволяет использовать их в автоматизированных системах управления.



**Фото 15.** С основным докладом об арматуре компании «Herose» выступил В. Влчек. Но на вопросы участников семинара пришлось отвечать и ему, и коммерческому директору компании И. Эмке (слева)



**Фото 16.** Исахим Эмке и Вацлав Влчек активно участвуют в семинарах Ассоциации «УА-СИГМА». На всех семинарах ими делались обстоятельные доклады. Ценная информация об изделиях компании «Herose», которая сообщается ими специалистам, не иссякает, несмотря на то, что данный семинар для них уже девятый

Со вторым докладом о производимой компанией «Herose» (Германия) арматуре, предназначенной для работы в среде диоксида углерода, выступил Вацлав Влчек (фото 15,16). В выступлении рассматривались показатели запорной арматуры для CO<sub>2</sub> с клапанами из бронзы и нержавеющей стали, а также предохранительные клапаны, в том числе и переключаемые. Докладчик сообщил о разработке новых перспективных вентилей типа 01541 с гибким шпинделем (Flex shaft). Применяемые ранее подобные конструкции состояли из 9-ти частей. Новая конструкция содержит только один элемент (фото 17,а). Вентили с гибким шпинделем (фото 17,б) имеют повышенную долговеч-

ность, обеспечивают лучшее уплотнение и позволяют осуществлять его быструю замену. Шпindel для вентилей типа 01541 изготавливается либо из бронзы, либо из нержавеющей стали; уплотняющий элемент — из специальной пластмассы или нержавеющей стали. Вентили этого типа обладают более высокой пропускной способностью по сравнению с широко используемыми сейчас клапанами типа 01341 [15].



**Фото 17.** Гибкий шпindel (а) и один из вентилей типа 01541, производимых на основе таких шпинделей компанией «Herose» (б)

В наше время непрерывно увеличивается количество потребителей разнообразных газов, в том числе и  $\text{CO}_2$ , которые поставляются или в отдельных баллонах, или в моноблоках. К таким потребителям относятся: лаборатории с газоаналитическими приборами; лабораторные и промышленные установки с небольшими расходами газов; пищевые и фармацевтические производства; оборудование для сварки и резки металлов. Для подключения баллонов или моноблоков к системам газопотребления следует использовать различные типы газоразрядных рампы. Анализ схем и конструкций рампы было посвящено выступление генерального директора ООО «НПО Мониторинг» (г. Москва), к.т.н. *Н.В. Павлова* (фото 18). Компанией налажено производство широкого ряда унифицированных газоразрядных рампы, которые могут монтироваться либо на стенах с опорой на пол [16], либо выпускаться в шкафом исполнении [17]. Компанией для унификации рампы используются многочисленные классифицирующие признаки. С их учётом сформированы ряды рампы, объединяющие тысячи вариантов. Рампы различаются также по уровню автоматизации: рампа полуавтоматическая с автоматическим переключением с одной ветви на другую и ручным возвра-

том в исходное состояние после замены баллонов; рампа автоматическая (за исключением процесса замены баллонов). Рампы изготавливаются с применением комплектации и арматуры известных зарубежных компаний: GCE и «Sandvik» из Швеции, «НОКЕ» из США и «Fisher» из Германии.



**Фото 18.** «Требования, предъявляемые к газоразрядным рампам настолько широки, — подчеркнул *Н.В. Павлов*, — что мы долгое время были вынуждены изготавливать их практически по индивидуальным проектам. Для удовлетворения заявок потребителей нами разработаны конструкции унифицированных рампы, созданы алгоритмы формирования на них заказов. Это позволило на основе используемых классификационных признаков создать широкие ряды рампы, включающие в себя тысячи их вариантов»

Многие предприятия, производящие или использующие технические газы, нуждаются в надёжных баллонах. В связи с этим нами при подготовке семинара в его программу был включён доклад регионального менеджера по продажам в странах Центральной и Восточной Европы компании «Worthington Cylinders GmbH» (Австрия) *А.Г. Рубана* «Сравнительный анализ характеристик баллонов высокого давления для сжатых газов». Несмотря на то, что заранее была опубликована статья *А.Г. Рубана* с аналогичным названием, его доклад многих заинтересовал [18]. Участники семинара ознакомились с достоинствами баллонов компании «Worthington Cylinders GmbH». Докладчик для подтверждения некоторых из них проводил сравнение характеристик выпускаемых компаний баллонов ёмкостью 50 л с показателями баллонов, изготавливаемых в соответствии с ГОСТ 949-73. Однако баллоны, отвечающие требованиям этого стандарта, проигрывают по основным параметрам баллонам компании ещё сильнее, так как на отечественном рынке всё ещё доминируют ранее выпущенные Первоуральским и Мариупольским заводами 40-литровые стальные баллоны. Докладчик аргументированно изложил десять основных преимуществ баллонов марки Worthington Heiser. Остановлюсь только на одном из них: в результате замены 40-литрового баллона на 150 бар на импортный 50-литровый на 200 бар потреби-

тель, по оценкам «Linde Gas» (г. Балашиха Московской области), сможет на 67 % увеличить массу заправляемого газа.



**Фото 19.** «Современные тенденции глобализации, когда ведущие производители сокращают свои издержки и переносят свои производства в более благоприятные для бизнеса регионы, сказываются на состоянии мирового рынка сжатых промышленных газов и связанных с ним отраслей», — так начал своё выступление А.Г. Рубан



**Фото 20.** В докладе Г.А. Горбенко содержалась информация не только об эффективных холодильных машинах, работающих на диоксиде углерода, но и об успешном применении  $\text{CO}_2$  в парниковом хозяйстве

Многие компании, занимающиеся производством холодильного оборудования, ведут разработку и уже выпускают в течение нескольких лет системы охлаждения, в которых диоксид углерода используется в качестве эффективного хладагента. Термодинамические циклы холодильных машин, работающих на  $\text{CO}_2$ , могут осуществляться как в надкритических, так и в докритических его областях. В промышленных каскадных холодильных машинах в нижней ветви используют чаще всего докритический цикл, реализуемый на  $\text{CO}_2$ . В качестве хладагента верхней ветви применяется аммиак либо гидрофторуглерод. В докладе, с которым выступил директор компании ООО «Остров-Украина» (г. Вышгород Киевской области), д.т.н., профессор Г.А. Горбенко (фото 20), приводились схемы,

конструкции и характеристики нескольких типов каскадных холодильных машин с диоксидом углерода в нижней ветви [19].

Качество адсорбционной осушки диоксида углерода существенно сказывается на его товарных свойствах. Для этой цели в адсорбционных блоках углекислотных установок применяют цеолиты специального назначения [20]. Они должны, как отмечалось в выступлении начальника отдела маркетинга компании ООО Торговый Дом «РеалСорб» А.В. Глухова (фото 21), иметь высокую поглощающую способность и обладать селективностью по влаге. Эти свойства присущи новому цеолиту КА-СО.



**Фото 21.** А.В. Глухов рассказал о разработке и внедрении на заводе «РеалСорб» (г. Ярославль, РФ) технологии производства эффективного синтетического цеолита специального назначения КА-СО для высококачественной осушки  $\text{CO}_2$  в адсорбционных блоках

Для расчёта циклов и схем, а также при проектировании оборудования, предназначенного для работы с диоксидом углерода, необходимо располагать надёжными данными о всём комплексе его теплофизических свойств. Для обеспечения разработчиков такого оборудования указанной информацией в Одесском национальном морском университете создана автоматизированная система для расчёта термодинамических свойств газообразного и жидкого диоксида углерода. С докладом об особенностях системы на семинаре выступили д.т.н., профессор указанного университета А.А. Вассерман и старший преподаватель, к.т.н. В.П. Мальчевский (фото 22). В их докладе была подтверждена высокая точность расчёта с помощью созданной системы свойств  $\text{CO}_2$  в результате сравнения их с надёжными экспериментальными данными известных исследователей.

Нами на семинар были приглашены метрологи, стандартизаторы и заведующие лабораториями таких известных предприятий крупнотоннажной химии Украины, как ОАО «Одесский припортовый завод»; ЗАО «Северодонецкое объединение Азот» и ООО СП «Укрвнештрейдинвест» (г. Северодонецк Луганской области); ОАО «Азот» (г. Черкассы). Все они приняли участие в обсуждении актуального вопроса «О не-



уникальный материал для космических исследований, а на  $\text{CO}_2$ . Много людей с высшим образованием, с высокими окладами и высокими должностями отвлеклись для участия в решении этой проблемы. В результате — гора родила мышь!

Разработчик и не намеревался создать ДСТУ, отвечающий современным Европейским требованиям. Он просто отработывал заказ производителей «биодоксида». Не выдерживая открытой конкуренции на рынке с химическими заводами, производители низкосортного  $\text{CO}_2$  из пищевого сырья, вместо повышения качества своего продукта, пошли по иному пути. Глобальной целью разработки нового ДСТУ было полное устранение с рынка  $\text{CO}_2$  азотных заводов под предлогом наличия в их продукте ядовитых веществ. Но этот предлог был совершенно абсурдным уже потому, что и Европа, и весь мир много лет применяют  $\text{CO}_2$  азотных заводов. Этот высококачественный продукт успешно используется во всех областях от медицины до пожаротушения и нефтедобычи.

На основании изложенного можно сделать неутешительный вывод о том, что разработанный в течение трёх лет ДСТУ 4817:2007 снижает требования к качеству диоксида углерода. Введение его в действие приведёт к наводнению рынка плохим продуктом, не отвечающим не только Европейскому стандарту, но и действующему сегодня ГОСТ 8050-85. По вопросам создания указанного ДСТУ неоднократно проводились совещания с участием разработчиков этого документа, производителей диоксида углерода и его потребителей. Сейчас можно констатировать, что предложения производителей и потребителей продукта по повышению требований к качеству с доведением его до Европейского уровня остались без внимания».

После выступления Я.В. Кухтинова последовало довольно широкое его обсуждение. Участники семинара высказали общее предложение, которое сводилось к тому, что навязываемый новый стандарт нуждается не столько в некоторых уточнениях или изменениях, сколько в конкретной его переработке.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокий уровень докладов, насыщенность их большим объёмом современной и актуальной информации, с одной стороны, а также активное заинтересованное участие слушателей в её рассмотрении, с другой, дали возможность нам как организаторам семинара вручить им сертификаты, подтверждающие повышение квалификации по обсуждавшейся проблеме (фото 24).

Для дальнейшего практического использования участниками семинара информации, содержащейся в выступлениях, им в начале нашей совместной работы, как уже отмечалось, были вручены комплекты журналов «Технические газы» с опубликованными докладами. Поэтому они могли заранее ознакомиться с каждым из докладов, встретиться с теми специалистами, чьи доклады их заинтересовали или в чьих консультациях они нуждались. Доброжелательная обстановка,

сложившаяся на семинаре, только способствовала этому.



а)



б)

**Фото 24.** Сертификаты, подтверждающие повышение квалификации, были вручены всем участникам семинара. Здесь запечатлены моменты их вручения начальнику отдела ЗАО «Северодонецкое объединение Азот» Н.П. Шилиной и руководителю отдела АО «Ачета» (Ионава, Литва) Раймундасу Колесникасу

Информационный и интеллектуальный фонд семинара формировался каждым из тех, кто предварительно дал согласие выступить с докладом, подготовил его для публикации и затем его содержание донёс до каждого из приглашенных нами специалистов. Поэтому при подведении итогов семинара труд всех докладчиков был отмечен благодарственными дипломами (см. фото 25).

Но не только заседаниями, заслушиванием и обсуждением докладов жил семинар. Нами 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. Затем они побывали в Одесской филармонии, где для них был организован концерт мастеров искусств.



**Фото 25.** Дипломы, подтверждающие высокий уровень докладов, вручают члены оргкомитета всем, кто их сделал. Здесь показано, как такой диплом со словами благодарности за выступление и публикацию содержательных статей в журнале «Технические газы» вручался генеральному директору ООО «НПО Мониторинг», к.т.н. Н.В. Павлову



а)



б)

**Фото 26.** Посещение филармонии (а) предваряла содержательная экскурсия по Одессе (б)

В выступлениях докладчиков и участников семинара высказывались пожелания, замечания, ходатайства и т.п. Они имели различную направленность, но преследовали практически одну и ту же цель повышения эффективности и безопасности процессов и обо-

рудования углекислотных производств. Ряд предложений был вызван необходимостью обновления и совершенствования некоторых нормативных документов. С учётом этого была подготовлена Резолюция семинара, с содержанием которой своевременно были ознакомлены все участники и члены оргкомитета. На последнем заседании она получила поддержку и одобрение после обсуждения и внесения в текст некоторых дополнений. Её затем вручили каждому, кто был командирован для участия в работе семинара.

В одном из пунктов Резолюции отмечается, что семинар был проведён на высоком уровне и при хорошей активности его участников. Ассоциации «УА-СИГМА» предложено заняться организацией IV-го международного семинара по обсуждавшейся проблеме, который состоится 23-27 мая 2011 г. в г. Одессе. К проведению следующего семинара мы начнём готовиться уже сейчас. Редколлекцией журнала «Технические газы» будет продолжаться публикация статей по проблеме семинара. В ответ мы ожидаем повышения заинтересованности предприятий в решении проблемных вопросов, обсуждавшихся в ходе состоявшегося семинара, стремления их к развитию и укреплению научно-технических и производственных связей с Ассоциацией «УА-СИГМА».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт Lawrence Livermore National Laboratory, USA/ <http://www.llnl.gov>
2. Глобальное потепление: Доклад Гринпис/ Под ред. Дж. Легетта. Перевод с англ. — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 272 с.
3. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Повышение эффективности производства жидкого диоксида углерода// Технические газы. — 2007. — № 4. — С. 29-36.
4. Дабахов С.И., Завадских Р.М., Пермяков Н.П. Развитие производства жидкого диоксида углерода на ОАО «Завод Уралтехгаз»// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 60-64.
5. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Повышение эффективности комплексов для производства жидкого диоксида углерода и газообразного азота из дымовых газов// Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2004. — № 5. — С. 19-22.
6. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Энерготехнологические комплексы на природном газе с когенерационной и паротурбинной установками для производства электрической энергии, жидкого диоксида углерода и газообразного азота// Технические газы. — 2005. — № 2. — С. 11-21.
7. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Использование природного газа и кислорода для повышения эффективности мощных паротурбинных установок// Технические газы. — 2006. — № 6. — С. 38-46.
8. Лавренченко Г.К., Копытин А.В., Федчун А.Ю. Компрессорно-насосная установка, использующая холод жидкого аммиака, для производства жидкого CO<sub>2</sub> и подачи его на синтез карбамида// Технические газы. — 2009. — № 2. — С. 24-30.
9. Лавренченко Г.К., Копытин А.В., Федчун А.Ю.

Компрессорно-насосные установки с аммиачными холодильными машинами для производства жидкого CO<sub>2</sub> и подачи его на синтез карбамида// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 19-24.

10. Fisher S.K., Fairchild P.P., Hughes P.S. Global warming implications of replacing CFC// ASHRAE Journal. — 1992. — № 4. — P. 14-19.

11. Эффективное использование жидкого диоксида углерода в современных технологиях крупнотоннажного производства карбамида/ Ю.А. Сергеев, Р.В. Андержанов, М.Е. Егрицин, В.Б. Циглеев// Технические газы. — 2009. — № 4. — С. 56-59.

12. Компрессоры для диоксида углерода: характеристики производимых моделей и направления их совершенствования/ А.В. Смирнов, Н.П. Гринь, А.В. Шаповалов и др.// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 35-38.

13. Алимов С.П. Совершенствование оборудования для использования диоксида углерода в современных технологиях// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 65-67.

14. Павлов Н.В., Бакшт Д.В. Шаровая арматура для управления потоками сред в технологических процессах про-

изводства и использования технических газов// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 58-64.

15. Влчек Вацлав, Эмке Иоахим. Совершенствование технологий производства арматуры для технических газов// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 69-72.

16. Павлов Н.В., Чадымов В.А., Иванов А.А. Унифицированные газоразрядные рампы для технических газов// Технические газы. — 2009. — № 1. — С. 64-72.

17. Павлов Н.В., Чадымов В.А., Портянкин В.В. Унифицированные газоразрядные рампы шкафного исполнения для технических газов// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 40-44.

18. Рубан А.Г. Анализ характеристик баллонов высокого давления для сжатых газов// Технические газы. — 2009. — № 2. — С. 48-55.

19. Применение диоксида углерода в холодильных технологиях/ Г.А. Горбенко, И.В. Чайка, П.Г. Гакал, Р.Ю. Турна// Технические газы. — 2009. — № 4. — С. 18-22.

20. Глухов В.А., Глухов А.В., Демидов Д.А. Специальный цеолит КА-СО для эффективной осушки диоксида углерода// Технические газы. — 2009. — № 4. — С. 70-72.

**ДЕСЯТЫЙ ЮБИЛЕЙНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР**

**ППРВ-2009**

СЕМИНАР ПРОВОДИТСЯ



УКРАИНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ "УА-СИГМА"

ПОД ЭГИДОЙ:

- МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ УКРАИНЫ
- МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РФ
- ОДЕССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА
- МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА



ПРИ УЧАСТИИ:

- ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА УКРАИНЫ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА И ГОРНОМУ НАДЗОРУ
- ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

И ПРИ СОДЕЙСТВИИ:

- МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ "РЕДКИЕ ГАЗЫ" (Г. МОСКВА, РФ)
- ОАО "ДУЙСКОЕ НПО ИМ. М.В. ФРУНЗЕ" (Г. СУМЫ, УКРАИНА)
- ОАО "КРИОГЕНМАШ" (Г. БАЛАШИХА, РФ)
- ПКФ "КРИОПРОМ" ООО (Г. ОДЕССА, УКРАИНА)



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

5-9 октября 2009 года  
г. Одесса







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

Условия проживания:  
Одноместные номера со всеми удобствами.



**Генеральный информационный спонсор**



**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:**

