

УДК 621.59(075.8)

**Г.К. Лавренченко**

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

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КПГ И СПГ

*В г. Одессе 19-23 мая 2008 г. состоялся II-ой международный семинар по проблемам повышения эффективности и безопасности систем производства компримированного (КПГ) и сжиженного (СПГ) природного газа. Проведение семинара по этим актуальным проблемам обусловлено тем, что формирующаяся сейчас межотраслевая структура разработки, создания и использования систем производства КПГ и СПГ нуждается в информационной и технической поддержке. В работе семинара приняли участие 70 специалистов, представлявших более 50 предприятий, фирм и научно-исследовательских институтов разных отраслей промышленности из 10 стран мира. Участники семинара прослушали более 20 докладов, относящихся к указанным проблемам. Кратко излагается содержание выступлений, уделяется внимание ряду актуальных вопросов. Всем участникам семинара вручены сертификаты о повышении квалификации. По итогам работы семинара принята резолюция. В ней отражены выводы и рекомендации по обсуждавшимся на семинаре проблемам. Семинар прошёл успешно и с высокой активностью его участников.*

**Ключевые слова:** Природный газ. Компримирование. Моторное топливо. Автогазо-наполнительные компрессорные станции. Компрессоры. Сжиженный природный газ (СПГ). Криогенные баки. СПГ-установки. Генераторный газ. Криогенные трубопроводы.

**G.K. Lavrenchenko**

## THE ANALYSIS OF PROBLEMS OF MANUFACTURE AND USE OF CNG AND LNG

*In Odessa on May, 19-23, 2008 has been carried out the second international seminar on problems of increase of efficiency and safety of systems of manufacture of compressed (CNG) and liquefied (LNG) natural gas. Carrying out of seminar on these actual problems is caused that formed now the interbranch structure of development, creations and uses of systems of manufacture of CNG and LNG requires the information and technical support. In work of seminar have taken part 70 experts representing more 50 enterprises, firms and scientific research institutes of different industries from 10 countries of the world. Participants of seminar have heard more than 20 reports concerning this specified problems. The maintenance of performances is briefly stated, pays attention to a number of topical questions. Certificates on improvement of professional skill are handed to all participants of seminar. As results of work of seminar the resolution is accepted. In it are reflected the conclusions and recommendations on problems discussed at seminar. The seminar has passed successfully and with high activity of its participants.*

**Keywords:** Natural gas. Compressed. Motor fuel. Automobile gas-filling compressor stations. Compressors. Liquefied natural gas (LNG). Cryogenic tanks. LNG-plants. Generating gas. Cryogenic pipelines.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время серьёзное внимание уделяется созданию современного оборудования для различных технологических процессов, основанных на эффективном использовании природного газа (ПГ). Реализуемые в этих целях программы подтверждают общую точку зрения на природный газ как энергоноситель

XXI-го столетия.

Эти тенденции в разной степени стимулируют разработку, изготовление и использование подобного оборудования в России, Украине и др. странах СНГ. В первую очередь при его выпуске ориентируются на создание всей структуры производства и применения компримированного природного газа (КПГ). Потребители КПГ — различные транспортные средства, например,

легковые и грузовые автомобили, автобусы, карьерные самосвалы и сельскохозяйственная техника.

В меньшей степени в этих странах занимаются выпуском оборудования для производства сжиженного природного газа (СПГ), несмотря на наличие у ведущих предприятий РФ и Украины высокой научно-технической и технологической готовности. Существенный сдерживающий фактор — отсутствие заказов на такое оборудование и пока ещё низкий интерес у потенциальных потребителей к внедрению современных СПГ-технологий.

Эта ситуация уже начинает изменяться в лучшую сторону. Ведь многим понятно, что широкое использование СПГ позволит обеспечивать природным газом не только транспорт, но даст возможность газифицировать регионы, в которых отсутствует сеть газопроводов.

Разработка систем производства КПП и СПГ относится к исключительно важным проблемам, решением которых занимается Ассоциация. Для подтверждения сошлюсь на основную цель нашей деятельности, которая состоит в формировании и реализации единой научно-технической политики в области совершенствования установок сжижения и разделения газовых смесей, систем производства низкотемпературных технических газов, обеспечения их эффективной и безопасной эксплуатации.

Знание проблем, осознание их значимости и имеющийся у нас научно-технический задел позволили нам организовать и провести 19-23 мая в г. Одессе II-ой международный семинар по актуальным вопросам повышения эффективности и безопасности систем производства компримированного и сжиженного природного газа. Семинар проводился под эгидой Министерства промышленной политики Украины, Министерства промышленности и энергетики РФ, Института газа НАН Украины, Одесской областной госадминистрации, Международной академии холода, Одесской государственной академии холода и при участии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору и Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору.

Охарактеризуем более детально актуальность семинара, кратко остановимся на его содержательной части и принятой резолюции.

## 2. ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМ СЕМИНАРА

Ассоциация много внимания уделяла подготовке семинара. Нами после проведения предыдущего подобного мероприятия постоянно изучалась ситуация; мы продолжали налаживать контакты с разработчиками и изготовителями оборудования для реализации КПП- и СПГ-технологий, расширяли проводимые нами собственные исследования [1].

Подготовительная работа и анализ ситуации позволили сформулировать следующие основные признаки, характеризующие актуальность намеченных нами

для обсуждения на семинаре проблем:

1. Системы производства КПП и СПГ являются сложными техническими и технологическими объектами.

2. Нуждается в модернизации газотранспортная система Украины. Нужно рассмотреть возможность и целесообразность внедрения ряда уже выполненных разработок для существенного снижения затрат природного газа, обеспечивающего работу большого числа компрессорных станций магистральных газопроводов.

3. В связи с увеличением спроса на КПП в РФ и Украине необходима оценка технологических и энергетических показателей автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) нового поколения, предложений различных компаний по компрессорному оборудованию, блокам осушки природного газа, реципиентам, баллонам и др.

4. Ожидается повышение спроса на СПГ для обеспечения им негазифицированных регионов, использования в качестве криогенного топлива в различных транспортных средствах. Создаваемые для этих целей СПГ-установки должны, наряду с высокими эффективностью и надёжностью, характеризоваться относительно низкими капитальными затратами.

5. Имеется потребность в обобщении опыта перевода АГНКС с чисто компрессорных на криогенно-компрессорные режимы работы для повышения загрузки станций, с одной стороны, и обеспечения более высоких их производительностей в случае повышенного спроса на КПП, с другой стороны.

6. Необходимо рассмотреть возможности перевода на СПГ отдельных видов транспорта.

7. Следует учитывать имеющуюся потребность в более современной нормативной базе, регламентирующей различные аспекты производства и применения КПП и СПГ.

8. Нуждается в систематизации и анализе многочисленной информации о технологических схемах и характеристиках СПГ-установок разной производительности и различного назначения, выпускаемых ведущими компаниями мира.

9. В связи с внедрением новых схемных и конструктивных решений, а также нового оборудования в системы производства КПП и СПГ необходимо рассмотреть возможности более широкого использования собственных наработок, проведение свободного обмена опытом.

10. Растут требования к объектам повышенной опасности, к которым в полной мере относятся системы производства и вся инфраструктура использования КПП и СПГ. В связи с этим нужно неукоснительно выполнять положения промышленной безопасности и охраны труда при эксплуатации КПП- и СПГ-установок, а также в различных процессах применения этих энергоносителей.

Исходя из указанного, при подготовке программы семинара мы стремились ориентироваться на таких докладчиков, которые смогли бы глубоко раскрыть перечисленные проблемные вопросы. Считаю, что нам

как организаторам семинара удалось совместно с ведущими предприятиями и, конечно, с представлявшими их специалистами реализовать такой подход как к формированию программы семинара, так и к достижению намеченных целей.

### 3. АНАЛИЗ СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕМИНАРА

В работе семинара приняли участие 70 специалистов, представляющих более 50-ти предприятий и фирм из Украины, РФ, Германии, Италии, Китая, Литвы, Новой Зеландии, США, Франции, Чехии. Специалисты, прибывшие на семинар, проявляли повышенный интерес к его работе: самим докладам, их обсуждению, проводившимся дискуссиям, контактам с коллегами и др. Деловая обстановка, как можно было заметить, сложилась уже в первый день работы семинара (фото 1).



**Фото 1.** Зал заседаний был заполнен в течение всех дней работы семинара. Прекрасная погода и находящийся недалеко от гостиницы морской пляж не могли никого увлечь так сильно, как выступления коллег по обсуждаемым проблемам



**Фото 2.** Ректор Одесской государственной академии холода, президент Международной академии холода (Украинское отделение), д.т.н., профессор В.В. Притула в своём выступлении отметил высокую актуальность намеченных для обсуждения на семинаре вопросов, необходимость и своевременность его проведения, а также пожелал успехов организаторам и участникам семинара

В ходе первого заседания с приветствиями к присутствующим обратились члены оргкомитета семинара (фото 2 и 3).



а)



б)

**Фото 3.** С приветствием выступил начальник управления по надзору за специальными и химически опасными производственными объектами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Г.М. Селезнёв (а). Он вручил президенту Украинской ассоциации производителей технических газов Г.К. Лавренченко Почётную грамоту указанной службы за содействие внедрению технических решений и мер безопасности на промышленных объектах РФ, использующих криогенные системы и низкотемпературные технологии (б)

Перед участниками семинара с докладом «Актуальность проблем семинара «СН<sub>4</sub>-2008», его цели и задачи» выступил председатель оргкомитета, д.т.н., профессор Г.К. Лавренченко (фото 4). В нём отмечалось, что Ассоциацией для оказания эффективной помощи предприятиям и внедрения собственных разработок сформирована глобальная отрасль низкотемпературных технических газов (НТГ). Она включает в себя ряд известных традиционных отраслей машиностроения: кислородного и криогенного, компрессорного, холодильного, химического, нефтегазового и энергетического. Три основных признака характерны для глобальной отрасли НТГ: реализация технологий и материалов специального машиностроения при создании оборудования для производства низкотемпературных технических газов; применение низкотемпературных энерготехнологий при производстве и использовании технических газов; узкоотраслевое производство оборудования и широкое его межотраслевое использование. Последний из признаков, кстати, побуждает Ассоциацию организовывать и проводить ряд международных встреч специалистов. К ним нужно отнести и уже состоявшийся семинар, посвящённый анализу

проблем производства и использования КПП и СПГ.



**Фото 4.** С вниманием был заслушан доклад президента Украинской ассоциации производителей технических газов, председателя оргкомитета Г.К. Лавренченко

В докладе обращалось внимание на то, что вопросы производства и использования КПП и СПГ должны рассматриваться в тесной связи с общими проблемами повышения эффективности применения природного газа. Хотелось бы несколько подробнее коснуться этой, безусловно, важной проблемы.

Если не затрагивать хорошо известные химико-технологические процессы, в которых расходуют природный газ, а также его применение в быту, то можно обозначить несколько основных направлений использования газа как энергоносителя для получения работы или электроэнергии, а также теплоты:

1. В энергетических комплексах централизованного производства электроэнергии на электростанциях или одновременного производства электрической и тепловой энергии на ТЭЦ.

2. В котельных установках различной мощности, производящих водяной пар низкого потенциала для отопления или технологических нужд.

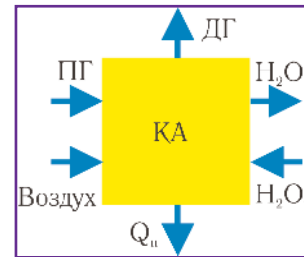
3. В качестве моторного топлива в виде КПП или СПГ.

В первых двух случаях природный газ сжигается с целью получения водяного пара высоких или низких параметров. Этим процессам в той или иной степени свойственна термодинамическая необратимость. Она обусловлена передачей теплоты сгорания природного газа водяному пару при конечных и иногда значительных разностях температур. Для иллюстрации на рис. 5 схематично изображена модель котельного агрегата. Потеря эксергии в нём может быть представлена как

$$d_e = T_o \Delta s = T_o Q (1/T_n - 1/T_{nc}),$$

где  $T_o$  — температура окружающей среды;  $\Delta s$  — рост энтропии;  $Q$  — теплота, подводимая от сжигаемого газа к воде;  $T_n, T_{nc}$  — температуры производимого водяного пара и сгорания природного газа, соответственно. Для оценки минимального значения этой потери примем, что термический КПД котельного агрегата равен 100 % (на самом деле он в зависимости от его типа и производительности меняется от 70 до 95 %) и

в нём реализуются эффективные регенеративные процессы. Такой идеализированный агрегат при  $T_n = 823$  К имеет эксергетический КПД  $\eta_{ex} = 84$  % ( $d_e = 16$  %), а при  $T_n = 423$  К —  $\eta_{ex} = 34$  % ( $d_e = 66$  %), где  $d_e$  — удельное значение эксергетической потери. Первый случай характерен для современных крупных паротурбинных станций, работающих на паре высоких параметров, а второй — для широко распространённых котельных агрегатов, производящих пар низких параметров для отопления или обеспечения теплотой технологических процессов.



**Рис. 5.** Материальные и энергетические потоки в котельном агрегате (КА): ПГ — природный газ; ДГ — дымовой газ;  $Q_n$  — потери теплоты через теплоизоляцию и ограждающие конструкции КА

Из этих примеров следует, что в котельных агрегатах, предназначенных для генерации пара низких параметров, крайне неэффективно используется высокий энергетический потенциал природного газа. Оптимальным решением является замена существующих котельных агрегатов на когенерационные установки, которые могут одновременно с высокой эффективностью вырабатывать и электрическую энергию, и теплоту [2].

Ассоциация ведёт поисковые научно-исследовательские работы, имеющие целью существенное повышение эффективности крупных энергетических комплексов, потребляющих природный газ. В основу этих разработок положены результаты наших исследований в области использования термохимической регенерации тепловой энергии природного газа [3,4].

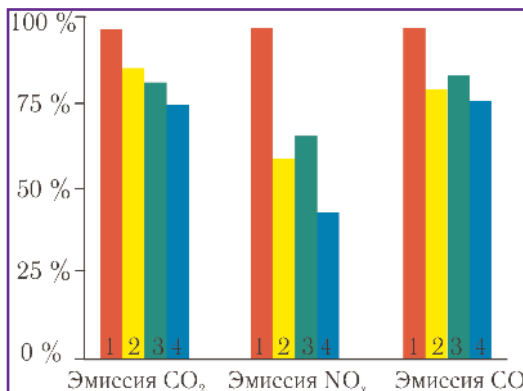
Продолжая тему эффективного использования природного газа, следует остановиться теперь на таком весьма актуальном направлении, которое можно рассматривать как альтернативу нефтяным видам топлива. В качестве моторного топлива, как известно, в различных транспортных средствах может применяться и КПП, и СПГ. Термодинамический анализ показывает, что при использовании их в таком виде исключительно эффективно реализуется высокий энергетический потенциал природного газа. Это обусловлено тем, что из-за сгорания топлива внутри цилиндров, во-первых, существенно повышается верхняя температура термодинамического цикла двигателя, и, как следствие, его эффективность, во-вторых, значитель-

но снижается потеря от необратимости в процессе подвода теплоты.

Основное место в докладе было уделено общим вопросам применения КПГ и СПГ в качестве эффективных энергоносителей. В последнее время наблюдается расширяющееся с каждым годом использование природного газа в различных транспортных средствах. Мировой парк автомобилей, работающих на КПГ, увеличился в 2007 г. на 1 млн. и превысил отметку в 7,5 млн. единиц. Это означает, что сейчас практически каждый сотый автомобиль в мире работает на природном газе.

При переводе транспорта на КПГ учитываются три основные преимущества: дешевизна, безопасность и экологическая чистота. В Российской Федерации в начале 2007 г. КПГ на АГНКС стоил дешевле в 1,8 раза по сравнению с СУГ, в 2,2 раза — бензином А-80 и в 2,5 — дизельным топливом. При сопоставлении природного газа с другими видами топлива надо учитывать, что 1 м<sup>3</sup> природного газа, имеющего октановое число 104 ед., эквивалентен 1 л высокооктанового бензина. Для замещения, как известно, 1 л бензина пропан-бутановой смесью требуется её в количестве 1,2-1,3 л.

Перевод автотранспорта на КПГ облегчит введение норм «Евро-4» и «Евро-5». В случае использования традиционных видов топлива требуется серьёзная доработка и двигателей, и самих автомобилей. Для этого нужно применять каталитические нейтрализаторы, дожигатели, системы рециркуляции и др. Это увеличивает стоимость автомобиля более чем на 10 %. Переход на газовое топливо, как следует из рис. 6, позволяет существенно упростить системы нейтрализации отработавших газов или даже отказаться от их применения [5].



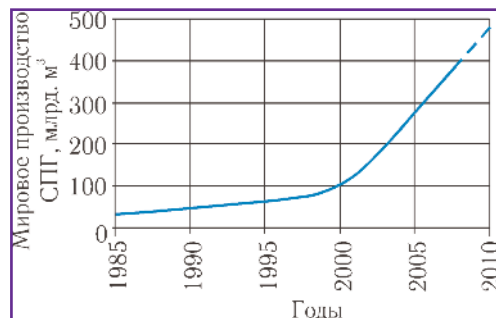
**Рис. 6.** Относительные значения выбросов токсичных газов при использовании в двигателе различных топлив: 1 — бензин или дизельное топливо; 2 — пропан-бутан; 3 — диметилэфир; 4 — природный газ

Зарубежный опыт показывает, что эффективность природного газа как газомоторного топлива можно повысить при использовании специального, а не конвертированного под газ двигателя. Автомобиле- и моторостроительные заводы РФ и Украины, к сожалению, пока не производят серийно газовые двигатели

как транспортного, так и стационарного назначения. Зарубежные компании уже несколько лет выпускают и газовые двигатели, и автомобили, комплектуемые ими. Сейчас пытаются при переходе на газ приспособить конкретный двигатель для работы по газовому циклу с получением интегральных характеристик по крутящему моменту и мощности, близких к прототипу. Этого, конечно, недостаточно для создания высокоэкономичных, малотоксичных и надёжных двигателей. А ведь с газовых двигателей началась история создания автомобилей. Следует вспомнить, что в 2008 г. исполняется 150 лет выдающемуся изобретению французского инженера *Этьена Лепуара*. Ему был выдан патент на первый двигатель внутреннего сгорания. В то время его двигатель работал на газовом топливе — светильном газе. Бензин тогда ещё не производился. Он был использован лишь спустя два десятилетия, когда *Г. Даймлер* создал бензиновый ДВС.

В докладе были проанализированы некоторые недостатки, свойственные КПГ, которые снижают его привлекательность как газомоторного топлива. Приведём только два из них: неудовлетворительные массогабаритные характеристики применяемых баллонов высокого давления как в бортовых топливных системах, так и в передвижных автомобильных газовых заправщиках (ПАГЗ) по сравнению с массой перевозимого топлива; низкий коэффициент выдачи транспортируемого газа из ПАГЗ, не превышающий обычно 0,65.

Дальнейшему расширению применения природного газа, как отмечалось в докладе, может способствовать его использование в сжиженном виде (рис. 7). СПГ — криогенная жидкость, которая при нормальных условиях кипит при 111 К (–162 °С). При сжижении объём газа снижается более, чем в 600 раз, что эквивалентно его сжатию до давления выше 1000 кгс/см<sup>2</sup>. В одинаковом объёме в 3 раза больше содержится СПГ, чем КПГ при давлении 150 кгс/см<sup>2</sup>, что способствует увеличению пробега автомобиля на одной заправке. Топливные системы многих транспортных средств (особенно большегрузных), использующих СПГ, характеризуются по сравнению с аналогичными системами на КПГ существенно меньшей массой. Например, грузовик ЗИЛ-138А, конвертированный под природный газ и укомплектованный криогенным баком ёмкостью 300 л СПГ, имеет пробег в 1,8 раза больше, а суммарную массу оборудования и топлива на 570 кг меньше в сравнении с его работой на КПГ.



**Рис. 7.** Динамика роста мирового производства СПГ

После завершения пленарного заседания началось рассмотрение и обсуждение более 20-ти докладов, с которыми выступили представители различных предприятий, компаний и научно-исследовательских институтов.

О некоторых перспективных направлениях совершенствования энергетического и компрессорного оборудования газотранспортной системы (ГТС) Украины рассказывалось в выступлениях заместителя директора по научной работе Института газа НАН Украины (г. Киев), к.т.н. *А.И. Пятничко* (фото 8) [6] и доцента Одесской государственной академии холода, к.т.н. *М.М. Кологривова* (фото 9) [7]. В первом из них были охарактеризованы структура ГТС Украины и её технико-экономические показатели. Было обращено внимание на то, что в ней на собственные производственно-технологические нужды расходуется до 7 млрд. м<sup>3</sup>/год природного газа или около 9 % от всего объёма потребляемого Украиной. В выступлении *А.И. Пятничко* обосновывалась целесообразность полезного использования вторичных энергоресурсов (ВЭР) для снижения расхода газа на компрессорных станциях (КС). Как отмечалось в докладе, при полном их освоении, — а это 31 млн. Гкал в год, — можно без затрат топлива создать дополнительные мощности на уровне 720-820 МВт, что составляет почти 50 % от суммарной эксплуатационной мощности газоперекачивающих агрегатов ГТС. Для эффективной утилизации этих ресурсов был сделан вывод о перспективности применения в составе КС высокоэффективных газопаровых установок. Показано, что их эффективность может быть увеличена до 60 % за счёт утилизации в них дополнительной теплоты, отбираемой от газоперекачивающих агрегатов. Однако к этим предложениям пока не проявляется должного интереса.



**Фото 8.** *А.И. Пятничко сообщил, что в ходе намечаемой модернизации ГТС Украины предусматривается замена газотурбинных агрегатов, использование в них электроприводов, строительство когенерационных и турбодетандерных установок. Докладчик отметил, что, к сожалению, до настоящего времени к выполнению этих работ ещё не приступили из-за отсутствия необходимого финансирования*

В докладе *М.М. Кологривова* также указывалось на незначительный объём (максимум 5-7 %) исполь-

зования ВЭР на КС. Проведённый им совместно с д.т.н., профессором *В.В. Притулой* анализ технологической схемы газопаровой установки «Водолей» позволил наметить два основных пути повышения её эффективности. Первый из них — это более глубокая утилизация теплоты отходящего газового потока за счёт введения в схему установки теплоиспользующей холодильной машины. Второй из предложенных путей заключается в использовании теплоутилизационной установки в режиме совершения работы, необходимой для привода нагнетателей природного газа. Затраты на освоение этой разработки окупятся в срок, не превышающий двух лет. Впечатляюще выглядели бы результаты внедрения: при применяемых сейчас на КС пяти газотурбинных двигателях теплоту отходящих газов от трёх из них можно применить для привода двух остальных. Другими словами, можно на КС отключить от привода два двигателя и тем самым на 40 % уменьшить расход топливного газа без изменения пропускной способности магистрального газопровода. Предлагаемые в двух указанных выступлениях решения выходят за пределы компрессорных станций. Они, несомненно, могут найти широкое применение в задачах повышения эффективности использования природного газа и в других теплоэнергетических системах.



**Фото 9.** *«Для более глубокой утилизации тепловых вторичных энергоресурсов на компрессорных станциях следует применять двухконтурные установки. В качестве рабочих тел контуров целесообразно использовать водный раствор пропанола и бутана», — подчеркнул М.М. Кологривов, анализируя достоинства предложенной авторами теплоутилизационной установки*

Анализу проблем производства и использования СПГ в РФ был посвящён доклад главного редактора известного журнала «Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо» *В.В. Дементьева* (фото 10). В выступлении он обратил внимание на тот факт, что, несмотря на большие объёмы добываемого в стране природного газа, в незначительных масштабах газифицируются сёла, посёлки, города; с трудом выделяются лимиты на газ для вновь проектируемых предприятий. Регионы РФ, превосходящие по площадям европейские страны, по уровню газификации отстают от них во много раз. Например, средний уро-

вень газификации Новгородской области природным газом составляет 46,1 %. Но имеются даже целые регионы, такие как Республика Бурятия, Читинская область, которые вообще не обеспечены природным газом. Для газификации нуждающихся в этом регионов необходимо применять СПГ. Докладчик сослался на опыт газификации ряда потребителей в Ленинградской области с помощью СПГ. В заключение им были сформулированы конкретные предложения, реализация которых позволит внедрять в различные сферы эффективные СПГ-технологии.



**Фото 10.** В.В. Дементьев предложил для газификации районов, не имеющих газовых сетей, шире использовать СПГ. Для этого, считает он, нужно законодательно поддерживать производство и применение СПГ в РФ. На начальном этапе необходимо выделять частным фирмам до 15 млрд. м<sup>3</sup> газа в год для выработки СПГ на АГНКС и газораспределительных станциях

Все доклады, которые были заслушаны во время состоявшегося семинара, можно объединить в четыре группы: оборудование различного назначения для КПП- и СПГ-установок; АГНКС нового поколения; СПГ-установки и используемые СПГ-технологии; ёмкости для хранения СПГ, его транспортирования и газификации.

В сжатом виде охарактеризуем содержание и других выступлений, несмотря на то, что большая их часть была заблаговременно оформлена авторами в виде статей и затем опубликована в журнале «Технические газы».

К первой группе докладов следует отнести выступление вице-президента концерна «Укрросметалл» (г. Сумы, Украина) А.М. Лавренко (фото 11). В его сообщении было показано, как на предприятиях концерна занимаются повышением эффективности, надёжности и других показателей различных типов компрессоров, осваивают новые перспективные изделия.

К этой же группе относится совместный доклад, подготовленный Вацлавом Влечком («Trascom s.r.o.», Chomutov, Czech Republic) и Иоахимом Эмке («Herose GmbH», Bad Oldesloe, Germany). В их сообщении (фото 12) были даны характеристики разнообразной арматуры для систем производства и использования компримированного и сжиженного природного газа. Её выпуск осуществляется на современном

высокотехнологичном заводе компании «Herose GmbH» [8]. Как следует из [9], переход на арматуру этой компании позволяет существенно улучшить характеристики отечественных криогенных транспортных ёмкостей и холодных газификаторов.



**Фото 11.** А.М. Лавренко охарактеризовал основные типы производимых компрессорных машин для компримирования природного газа, воздуха, азота, диоксида углерода. Доклад заинтересовал многих, так как дал представление о широких возможностях концерна в вопросах создания и изготовления эффективных машин для работы с различными газами



**Фото 12.** В выступлении В. Влечка (справа) и И. Эмке рассказывалось не только об особенностях клапанов различного назначения, но также и о высоком уровне применяемых при их изготовлении технологиях. Это позволяет компании лидировать на мировом рынке подобной продукции

О продукции исключительно высокого качества, — газовых баллонах, — сообщалось в выступлении регионального менеджера по продажам в странах Центральной и Восточной Европы компании «Worthington Cylinders GmbH» (Kienberg, Austria) А.Г. Рубана [10]. Указанная компания хорошо известна многим специалистам, производящим и использующим компримированные газы, в том числе и природный газ. Докладчик (фото 13) подробно изложил технологию производства, номенклатуру и основные типоразмеры выпускаемых компаний бесшовных газовых баллонов высокого давления для различных газов, включая ацетилен и смеси для дыхательных аппаратов. Баллоны компании «Worthington Cylinders GmbH» обладают рядом преимуществ по сравнению с баллонами, используемыми в СНГ. Для подтвержде-

ния докладчик привёл в качестве примера данные для баллона на 50 л: его масса — 46,5 кг; рабочее давление — 200 кгс/см<sup>2</sup>. Баллон такой же ёмкости Первоуральского или Мариупольского заводов весит 63 кг (из легированной стали) и 93 кг (из углеродистой). При диаметре в 219 мм эти баллоны на 20-30 см выше баллонов компании с диаметром 229 мм. Большая высота неудобна при заправках баллонов и при манипуляциях с ними. Компания производит баллоны с вогнутым дном, что исключает необходимость применения башмака (подставки) на баллоне. В целом можно заключить, что организация производства компанией совершенных баллонов даёт возможность революционировать рынок, на котором представлены изготовители газов и их покупатели.



**Фото 13.** «Востребованные многими специалистами баллоны нашей компании делают её известной на всех континентах мира. Изготовители комплектного оборудования, производители АГНКС и фирмы, занимающиеся переоборудованием автомобилей под метан, ценят высокое качество продукции компании», — так завершил выступление А.Г. Рубан

Доклады этой группы завершало выступление генерального директора компании «Nexans Deutschland Industries GmbH» (Hannover, Germany) *Клауса Шунпла* и его российского партнёра — технического директора ООО «Мониторинг» (г. Москва) *Н.В. Павлова* (фото 14). В сообщении приводились теплотехнические, конструктивные и технологические характеристики гибких криогенных трубопроводов для СПГ, а также других криогенных жидкостей, начиная от продуктов разделения воздуха и заканчивая водородом и гелием [11]. Как известно, криогенные трубопроводы — важнейшие элементы современных криогенных систем. Их эффективность влияет на потери жидких криопродуктов. Однако важным показателем является технологичность трубопровода. Компании «Nexans Deutschland Industries GmbH» удалось впервые организовать выпуск эффективных гибких криогенных трубопроводов «Криофлекс». Для их изготовления компания применила технологии, используемые при производстве электрических кабелей. Монтаж трубопроводов ведётся аналогично прокладке электрических кабелей: по стенам зданий и в лотках, по эста-

кадам, а также в бетонных траншеях. Системы трубопроводов «Криофлекс» применяются для заправки СПГ-танкеров как от морских добывающих платформ и ожигательных станций, так и от стационарных терминалов.



**Фото 14.** После доклада, с которым выступил Н.В. Павлов (справа), на многочисленные вопросы пришлось отвечать также и создателю уникальных изделий — Клаусу Шунплу

В программу семинара, несмотря на заявки ряда компаний, нами был включён только один доклад о совершенствовании АГНКС. В нём рассказывалось о начале производства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций нового поколения. Разработчик таких станций — широко известное ОАО «Сумское машиностроительное НПО им. М.В. Фрунзе». В выступлении заведующего КБ этого предприятия *А.С. Игитова* (фото 15) была дана характеристика параметрического ряда станций на 250, 300, 400 и даже 700 заправок. Станции имеют модули с двумя быстроходными оппозитными компрессорами, создаваемыми на хорошо уравновешенной базе М2,5У [12].



**Фото 15.** Докладчик сообщил, что АГНКС нового поколения впервые укомплектованы энергосберегающей адсорбционной короткоцикловой безнагревной осушкой природного газа

Кратко коснёмся группы докладов, в которых излагались вопросы создания СПГ-установок, внедрения технологий, основанных на использовании сжиженного природного газа. Прежде всего выделим доклад заместителя исполнительного директора по научной работе ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области) к.т.н., профессора *И.Ф. Кузьменко* (фото 16). В нём анализировались тенденции развития



СПГ-установок средней производительности (10-100 т/ч) [13]. Спрос на них будет возрастать, прежде всего, в связи с ожидаемым использованием СПГ для децентрализованного газоснабжения регионов, не имеющих газовых сетей.



**Фото 16.** «Создание крупнотоннажных ожижительных терминалов на базе смесевых холодильных циклов, — заявил И.Ф. Кузьменко, — не могло не повлиять на пересмотр принципиальных подходов к разработке установок с меньшей на порядок производительностью для систем распределительного газоснабжения. Принято было считать, что переход на смесевые циклы лежит в диапазоне 7-9 т/ч СПГ. Эксплуатационные преимущества и термодинамические возможности совершенствования детандерных холодильных циклов способны переместить эту границу к 100-120 т/ч СПГ»

В докладе ст. научного сотрудника этого же предприятия, к.т.н. А.Л. Довбиша (фото 17) сообщалось о разработке относительно простых СПГ-установок [14]. В них используется дроссельный цикл высокого давления с предварительным охлаждением ПГ с помощью холодильной машины. Организация такого охлаждения позволяет существенно повысить эффективность регенеративного дроссельного цикла. В качестве примера он сослался на СПГ-установку, работающую в составе АГНКС-500. После включения в схему установки холодильной машины с температурой охлаждения  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  выход СПГ возрос в три раза и превысил 1000 кг/ч.

Два указанных доклада были основательно дополнены выступлением ведущего менеджера управления продаж ОАО «Криогенмаш» М.А. Кузнецова (фото 18). Из него следовало, что это предприятие такого высокого уровня не только в состоянии создавать достаточно эффективные СПГ-установки, но может изготовить и все необходимые компоненты для доставки СПГ, его хранения, газификации и использования [15]. Были приведены показатели криогенного СПГ-комплекса для непрерывного снабжения газовым топливом когенерационных установок с электрической мощностью 5,6 МВт и тепловой — более 6 МВт. Комплекс создан на основе выпускаемых предприятием криогенных систем хранения БСХП-63/0,7, резервуа-

ров РЦВ-63/0,7, атмосферных испарителей и другого оборудования. Следует, выходя за пределы заслушанных докладов, отметить высокий уровень готовности ОАО «Криогенмаш» к разработкам и созданию СПГ-установок различного исполнения и применения. Можно в качестве примера назвать среди многих две перспективные разработки компании: СПГ-комплексы для переработки попутных нефтяных газов [16]; установки сжижения природного газа на базе компрессорного оборудования АГНКС [17].



**Фото 17.** ОАО «Криогенмаш», как сообщил А.Л. Довбиш, разработало и поставило в Китай СПГ-установку с производительностью 1,5 т/ч, базирующуюся на дроссельном цикле высокого давления. В ней имеется контур с эжекторными ступенями и отдувкой низкокипящих компонентов



**Фото 18.** «В результате совместной работы нашего предприятия с ООО ИЦ «Альтерэн» и ЗАО «Криогаз» удалось применить СПГ-технологии для решения проблемы энергообеспечения терминала отгрузки нефтепродуктов в порту Приморск Ленинградской области», — сказал в конце выступления М.А. Кузнецов

ОАО «НПО Гелиймаш» (г. Москва) также располагает солидным заделом в области разработки эффективного оборудования для СПГ-установок малой и средней производительности. Например, компания известна как изготовитель различных компактных витых теплообменников [18], турбодетандеров и детандер-компрессорных агрегатов [19]. Поэтому при наличии конкретных заказов здесь могут создавать достаточно совершенные СПГ-установки. Подтверждением этого явился доклад, подготовленный совместно специалистами ОАО «НПО Гелиймаш» и ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург». С ним перед

участниками семинара выступил начальник отдела ОАО «НПО Гелиймаш», к.т.н. *Б.Д. Краковский* (фото 19). Он привёл данные о показателях СПГ-установок, создаваемых на основе различных термодинамических циклов. Эта информация полезна для технико-экономических оценок установок, обоснования области их рационального использования. Были рассмотрены показатели нескольких типов созданных компанией ожижителей с производительностью от 1 до 3 т/ч СПГ. Кстати, заказчиком на последний из указанных ожижителей является ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург». В докладе были обстоятельно рассмотрены характеристики ожижителя с более высокой производительностью, составляющей 100 тыс. т/год СПГ. Созданная методика позволила оценить не только стоимость производимой установкой СПГ, но также затраты на его хранение, транспортирование в контейнерах-цистернах и газификацию. С небольшим добавлением к этому сообщению выступил один из содокладчиков — заместитель начальника управления «Энергогазремонт» (г. Екатеринбург) *П.В. Кузнецов* (фото 20).



**Фото 19.** «Технические и стоимостные показатели оборудования могут использоваться для проработок на уровне проектов конкретных СПГ-установок. Так, анализ основных параметров установки для производства 100 тыс. т/год СПГ показал, что стоимость системы его хранения, транспортирования и газификации соизмерима со стоимостью самого ожижителя», — подвёл итог своему выступлению *Б.Д. Краковский*



**Фото 20.** *П.В. Кузнецов* сообщил, что на его предприятии сейчас завершается монтаж ожижителя ОПГ-3-3-0,6, разработанного и изготовленного ОАО «НПО Гелиймаш». Его производительности (3 т/ч СПГ) достаточно, чтобы снабжать криогенным топливом опытный магистральный тепловоз

Второй доклад от ОАО «НПО Гелиймаш» был сделан первым заместителем генерального директора по научной и конструкторской работе, к.т.н. *О.М. Поповым*. В нём сообщалось о работах по созданию эффективных криобаков для моторного топлива различных транспортных средств [20]. Этой проблемой специалисты компании занимаются уже несколько лет. В их работе по переводу транспорта на СПГ чётко просматривается комплексный подход [21]. В докладе (фото 21) рассказывалось о дальнейшем совершенствовании семейства производимых криогенных топливных баков (БКТ), включающего два типа базовых ёмкостей БКТ-100 и БКТ-300 с гидравлическими объёмами 100 и 300 л. В баках применяется экранно-вакуумная изоляция. Это позволяет в некоторых моделях, например, БКТ-300/1,6, обеспечить время бездренажного хранения в процессе эксплуатации более 20 суток. Однако баки удовлетворяют также жёстким требованиям к безопасности и надёжности, что подтвердили их исследования на специальных стендах компании «KoGAS» (Республика Южная Корея).



**Фото 21.** *О.М. Попов* в докладе продемонстрировал, как удалось совместно со специалистами ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург» оптимально выполнить размещение 16-ти криогенных топливных баков БКТ-300/1,0 на маневровом газотепловозе ТЭМ-18ГС

Работы по созданию СПГ-установок начаты и в Украине на ОАО «Сумское машиностроительное НПО им. М.В. Фрунзе» [22]. В докладе инженера-конструктора СКБ турбокомпрессорных машин *С.В. Шахова* были представлены результаты отработки технологии сжижения природного газа на базе модернизированного стенда (фото 22). Он первоначально предназначался для имитации процессов реконденсации паров метана, которые образуются при перевозке сжиженного газа на судах-метановозах. После доработки метанового контура стенда он стал использоваться для исследования процессов ожижения природного газа, поступающего из газопровода с давлением 2,5 МПа. Стенд может производить до 0,4 т/ч СПГ. На предприятии приступили к проектированию нескольких типов промышленных СПГ-установок.

Внедрение СПГ в различные технологии будет создавать потребность в средствах его хранения и доставки. Для этих целей в Украине уже начато произво-

д-ство современных криогенных полуприцепов. Их можно использовать не только для СПГ, но и других жидких криопродуктов, например, кислорода, азота и аргона [23]. Потребность в этих изделиях по мере развития СПГ-технологий будет возрастать. О характеристиках криогенных полуприцепов, а также о других возможностях компании «Technex Ltd.» (New Zeland) сообщалось в выступлении руководителя украинского проекта компании *И.Б. Воронина* (фото 23).



**Фото 22.** На предприятии, как отметил С.В. Шахов, начато проектирование и изготовление промышленных СПГ-установок. Разрабатывается криогенный модуль для сжижения природного газа в составе выпускаемой АГНКС-125. Ведётся создание высокоэффективной установки с двойным детандерным охлаждением



**Фото 23.** «Компания «Technex Ltd.», которую я представляю, — сообщил И.Б. Воронин, — может поставлять заказчикам и другое оборудование для производства и использования СПГ, начиная от топливных криобаков, различных криогенных ёмкостей и заканчивая СПГ-установками»

В ходе семинара обсуждались и вопросы термодинамического и теплофизического обеспечения разработки и оптимизации систем производства КПГ и СПГ. Они рассматривались в докладах доцента кафедры криогенной техники Одесской государственной академии холода, к.т.н. *В.Н. Тарана* (фото 24) и ассистента кафедры «Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация» Одесского национального морского университета (ОНМУ) *В.П. Мальчевского* (фото 25). В выступлении *В.Н. Тарана* были проанализированы с общих термодинамических позиций процессы сжатия газа до высоких давлений в области

низких температур [24]. Показано, что в некоторых случаях при охлаждении метана и его последующем сжатии в насосе при криогенной температуре до 25 МПа достигается экономия энергии на уровне 5-7 %. Были предложены два варианта перспективного использования давления газа в магистральном газопроводе. В одной из схем можно сжимать от 20 до 130 % газа (относительно его расхода через детандер) до давления 25 МПа. *В.П. Мальчевский* в выступлении изложил особенности и возможности созданной совместно с д.т.н., профессором *А.А. Вассерманом* (ОНМУ) системы для надёжного расчёта разнообразных теплофизических свойств газообразного и жидкого метана.



**Фото 24.** «Схема с насосным сжатием метана, — подчеркнул В.Н. Таран, — требует относительно большого количества теплообменных аппаратов. Но нужно учитывать, что криогенный насос по сравнению с компрессором является более простой и менее металлоёмкой машиной. Кроме этого, следует принимать во внимание, что в такой схеме имеется возможность генерации электроэнергии для внутренних нужд станции»



**Фото 25.** В.П. Мальчевский указал, что созданная система позволяет вести расчёты процессов и циклов СПГ-установок, оптимизировать их характеристики и проектировать новое оборудование

К группе докладов, касающихся СПГ-установок, можно отнести выступление менеджера по установкам ожижения природного газа компании «Cryostar SAS» (Hesingue, France) *Клер Ривольер* (фото 26). В её докладе были охарактеризованы различные по производительности и назначению СПГ-установки. Компания производит установки и для ожижения природного

газа, испаряющегося при хранении жидкого продукта в крупнотоннажных криогенных хранилищах. Участники семинара были ознакомлены с новой эффективной разработкой «Cryostar SAS» — агрегатом детандер-компрессор, названным разработчиками «компандером». От обычно используемых агрегатов компандер отличается тем, что компрессорная ступень в нём содержит несколько рабочих колёс. Внедрение в технологические схемы СПГ-установок этой конструкции позволяет, во-первых, снизить общие потери при дополнительном компримировании газа за счёт работы детандера, во-вторых, увеличить степень повышения давления сжимаемого потока при одной и той же подводимой к газу энергии.



**Фото 26.** Компания «Cryostar SAS», как следовало из доклада К. Ривольер, может по конкретному заказу разработать, изготовить и смонтировать практически любую СПГ-установку в пределах освоенных производительностей

Аудитория с интересом восприняла доклад руководителя технического департамента компании «Chart-Ferox A.S.» (Dechin, Czech Republic) Вацлава Хрза (фото 27). В нём всесторонне были подвергнуты анализу возможности СПГ как универсального топлива для транспортных средств. Докладчик отметил, что для этих целей рационально применять две уже хорошо освоенные технологии: или криогенную, когда топливом является сам СПГ, или криогенно-компрессорную с производством из него КППГ по так называемому способу СКППГ (LCNG). В докладе были приведены результаты сравнения КППГ-станций со станциями СПГ и СКППГ. Например, серьёзный недостаток КППГ-станции — расположение её преимущественно у газопроводов, а не у автострад или главных дорог. Это требует увеличения пробега автомобиля для его заправки, что вызывает расход дополнительного топлива, времени водителя и др. В ряде случаев указанные затраты могут превысить выгоды от заправки транспортного средства КППГ. Если же КППГ-станцию попытаться разместить на автостраде, то инвестиционные затраты на станцию и обеспечивающий её отдельный газопровод могут удвоиться. Компанией «Chart-Ferox A.S.» и её американским партнёром «Chart D&S, Inc.» производится компактное оборудование для организации как СПГ-заправок, так и СКППГ. Все построенные компаниями станции, как от-

метил докладчик, распределяются следующим образом: 3 % — исключительно СКППГ; 26 % — исключительно СПГ; 18 % — СПГ в контейнерном исполнении; 8 % — СПГ с размещением на криогенном автомобильном полуприцепе; 45 % — СПГ и СКППГ. В качестве примера была названа (СПГ+СКППГ)-станция в Лос-Анджелесе (США), имеющая в своём составе: хранилища СПГ ёмкостью 4×60 м<sup>3</sup>; 6 заправочных колонок для отпуска СПГ и 3 заправочных колонки для СКППГ. Указанная станция в сутки заправляет 200 транспортных средств.



**Фото 27.** «СПГ обладает всеми признаками универсального топлива, — заметил В. Хрз. — Если транспортное средство оснащено криобаком, то оно заполняется СПГ от соответствующей колонки. Если же оно переоборудовано под КППГ, можно, подав СПГ насосом под давлением и затем газифицировав его, заполнить от другой колонки сжатым газом баллоны, например, автомобиля. В этих двух случаях заправка выполняется чистым и высококалорийным топливом, так как в нём нет азота, CO<sub>2</sub> и влаги»



**Фото 28.** Из доклада, с которым выступили Э. Зайдлер (слева) и Ш. Мрkvичкова, можно было сделать заключение о высокой эффективности и разнообразии производимого компанией оборудования для СПГ и других жидких криопродуктов

Четвёртую группу докладов, посвящённых криогенным ёмкостям, газификаторам, системам транспортирования СПГ, сформировали два выступления. Первое из них сделали сотрудники компании «Chart-Ferox A.S.» (Dechin, Czech Republic) Эльжбиета Зайдлер и Шарка Мрkvичкова (фото 28). В докладе нашла отражение деятельность указанной компании как по вы-

пуску новых изделий, так и по повышению эффективности уже освоенных моделей, характеристики которых были описаны в [25]. Выступающими были освещены особенности различных изделий этого класса. Было сообщено, что в настоящее время компанией производятся стационарные криогенные ёмкости, вмещающие от нескольких кубометров и до 630 м<sup>3</sup> СПГ.

К этой же группе следует отнести доклад регионального менеджера компании «Vanzetti Engineering» (Moretto, Italy) А.В. Белоусова (фото 29). Её достаточно востребованную и эффективную продукцию представляет в России компания «Sun Capital Partners Consulting Ltd.» (г. Москва).



**Фото 29.** А.В. Белоусов в выступлении сообщил необходимую для специалистов информацию о технических характеристиках криогенных насосов СПГ, атмосферных испарителей, а также разнообразного оборудования для производства и использования СПГ и КПП

Выступление начальника научно-исследовательского сектора Украинской ассоциации производителей технических газов А.В. Копытина (фото 30) затрагивало серьёзную для Украины и многих других стран проблему диверсификации энергообеспечения. Рассматривался один из путей её решения, основанный на использовании возобновляемых сырьевых источников. К ним относятся отходы переработки древесины, сельскохозяйственной продукции и т.п. Из них предлагается производить генераторный газ. Для этих целей в СКБ Сухина (г. Киев) создано несколько типов установок газификации. Докладчик привёл состав генераторного газа, производимого на одной из установок (% объёмн.): 19-25 % — Н<sub>2</sub>; 17-21 % — СН<sub>4</sub>; 40-48 % — СО; 5-8 % — С<sub>n</sub>Н<sub>m</sub>; 10-13 % — СО<sub>2</sub>; остальное — N<sub>2</sub>. Генераторный газ, имеющий калорийность на уровне 5-17 МДж/м<sup>3</sup> (в зависимости от способа производства), может использоваться в различных хозяйственных секторах. Его калорийность на начальном этапе переработки можно повысить осушкой и извлечением СО<sub>2</sub>. Затем возможна более глубокая переработка за счёт предварительного охлаждения и ректификации при криогенных температурах. Это позволит получить жидкие метан или метаноэтановую фракцию с калорийностью, достигающей 50 МДж/кг. А.В. Копытин привёл несколько разработанных для этого, совместно с Институтом газа НАН Украины, технологических схем установок. Одна из них при пот-

реблении 1000 нм<sup>3</sup>/ч (933 кг/ч) генераторного газа может производить 113 кг/ч жидкого СН<sub>4</sub>, 31 кг/ч жидкого С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>, 195 кг/ч жидкого низкотемпературного СО<sub>2</sub> и 330 кВт электрической мощности. При переводе установки в режим получения газообразной метаноэтановой смеси с давлением 22 МПа, которая может как эффективное топливо применяться для заправки баллонов транспортных средств, затраты снижаются более, чем в 1,5 раза [26].



**Фото 30.** «Разработанные нами криогенные установки, — отметил А.В. Копытин, — могут быть включены в состав автономно действующих энерготехнологических комплексов. В них будут производиться жидкие, а также компримированные до 22 МПа метан или метаноэтановая фракция, низкотемпературный жидкий диоксид углерода и электрическая энергия»

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все доклады воспринимались аудиторией крайне заинтересовано. Каждый из них завершался вопросами, дискуссиями, обсуждениями. Этому способствовала также заблаговременная публикация нами большинства докладов, оформленных в виде статей, в журнале «Технические газы». Несмотря на это, ежедневно в конце заседаний ещё выделялось время для общего анализа заслушанных докладов.

Участники семинара были обеспечены современными информационными материалами: выпусками журнала «Технические газы»; тематическим обзором по проблемам производства и использования СПГ и КПП, основанном на публикациях и патентах последних двух лет. Специалистам, принявшим участие в работе семинара, был показан фильм, в котором рассказывалось о реализации компанией «Linde AG» крупнейшего СПГ-проекта «SNØHVIT and Steel Giant».

Высокий уровень состоявшихся докладов, насыщенность их большим объёмом полезной информации, с одной стороны, и активное заинтересованное участие слушателей в их обсуждении, с другой, позволили нам как организаторам семинара вручить им сертификаты, подтверждающие повышение квалификации по актуальной проблеме создания эффективных и безопасных систем производства компримированного и сжиженного природного газа (фото 31).

Интеллектуальный и информационный фонд се-

минара сформировали те, кто предварительно дал согласие выступить с докладом. Поэтому нами от имени оргкомитета семинара всячески поощрялись докладчики (фото 32).



**Фото 31.** Сертификат о повышении квалификации вручается руководителю криогенного комплекса ООО «Айсблик» (г. Одесса), к.т.н. Ю.М. Симоненко



**Фото 32.** Дипломами, подтверждающими высокий уровень докладов, отмечались все выступившие на семинаре. Показано, как благодарили за выступление руководителя технического департамента компании «Chart-Ferox A.S.» Вацлава Хрза, являющегося почётным членом Ассоциации «УА-СИГМА» и президентом комиссии А2 «Ожижение и разделение газов» Международного института холода

Но не только заседаниями, заслушиванием и обсуждением докладов жил семинар. Нами многое делалось для установления и развития контактов между участниками семинара. Такое общение специалистов имеет очень высокую ценность (фото 33).

Во время семинара нами обращалось внимание и на ознакомление участников с историей и современностью такого города, как Одесса. В первый же день была проведена ознакомительная экскурсия по городу. На следующий день участники семинара посетили Одесский национальный академический театр оперы и балета (фото 34, 35). Слушали на итальянском языке оперу П. Масканьи «Сельская честь».

Следует отметить, что в выступлениях докладчиков и участников семинара был высказан ряд пожеланий. Одни из них обращали внимание на необходимость расширения деятельности Ассоциации «УА-СИГМА» по оказанию различных видов помощи предприятиям отрасли. Другие были обусловлены не-

обходимостью обновления и совершенствования нормативных документов по обсуждаемым на семинаре проблемам. 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 добавлений, а затем вручили каждому, кто принял участие в работе семинара.



**Фото 33.** Где, как не на семинаре в Одессе, могли встретиться и обсудить в располагающей для общения обстановке вопросы взаимодействия начальник управления по надзору за специальными и химически опасными производственными объектами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Г.М. Селезнёв (справа) и заместитель исполнительного директора по научной работе ОАО «Криогенмаш», к.т.н., профессор И.Ф. Кузьменко



а)



б)

**Фото 34.** Посещение театра предвзяла весьма продолжительная интересная экскурсия. Началась она на площади перед театром (а), а завершилась уже в амфитеатре (б), где было удобно и слушать экскурсовода, и с высоты любоваться залом и ложами



**Фото 35.** Участники семинара на одной из парадных лестниц театра

Участники семинара в ходе обмена мнениями, при обсуждениях докладов высоко оценивали уровень организации и проведения семинара, его полезность, а также единодушно одобряли крайне важную деятельность Ассоциации «УА-СИГМА» по информационно-обеспечению предприятий и кадровому сопровождению внедрения нового оборудования и эффективных технологий.

Благодарим всех, кто откликнулся на наши приглашения и с пользой для совершенствования систем производства СПГ и КПП принял участие в работе семинара. Будем готовиться к проведению уже III-го семинара по указанным проблемам, который состоится в мае 2010 г. До новых встреч, коллеги!

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Лавренченко Г.К.** Проблемы эффективного производства и использования КПП и СПГ// Технические газы. — 2006. — № 5. — С. 2-16.
2. **Лавренченко Г.К., Копытин А.В.** Энергетические 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.
3. **Лавренченко Г.К., Копытин А.В.** Термохимическая регенерация теплоты для обеспечения эффективного использования метана в паротурбинных установках// Химическая техника. — 2005. — № 1. — С. 19-27.
4. **Лавренченко Г.К., Копытин А.В.** Использование природного газа и кислорода для повышения эффективности паротурбинных установок// Технические газы. — 2006. — № 6. — С. 38-46.
5. **Лапушкин Н.А.** Технологии использования природного газа в двигателях автотранспортных средств и силовых установках// Транспорт на альтернативном топливе. — 2008. — № 2. — С. 47-50.
6. **Пятничко А.И., Крушневич Т.К.** Основные направления совершенствования газотранспортной системы Украины// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 9-14.
7. **Притула В.В., Кологривов М.М.** Повышение эффективности парогазовых установок// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 15-21.
8. **Влчек Вацлав, Эмке Иоахим.** Совершенствование технологий производства арматуры для технических газов// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 69-72.

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

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

11. **Павлов Н.В., Шиппл Клаус.** Характеристики гибких криогенных трубопроводов для жидких криопродуктов// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 69-72.

12. **Смирнов А.В., Слатвинский В.С., Игитов А.С.** Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции нового поколения// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 46-50.

13. **Кузьменко И.Ф.** Тенденции развития СПГ-установок средней производительности для организации газоснабжения// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 36-42.

14. **Безруков К.В., Довбиш А.Л., Передельский В.А.** Блочная установка сжижения природного газа производительностью 1,5 т/ч// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 64-67.

15. Криогенный комплекс для накопления, хранения и технологического использования СПГ/ **М.А. Кузнецов, Ю.В. Ластовский, М.А. Машканцев и др.**// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 43-47.

16. Применение СПГ-технологий в переработке попутных нефтяных газов/ **Ю.В. Горбатский, В.А. Передельский, А.Л. Довбиш и др.**// Технические газы. — 2006. — № 3. — С. 22-27.

17. Эффективная установка сжижения природного газа на базе АГНКС с использованием «открытого цикла Клименко»/ **И.Ф. Кузьменко, А.Л. Довбиш, Р.В. Дарбинян и др.**// Технические газы. — 2006. — № 4. — С. 25-28.

18. **Красникова О.К.** Витые теплообменные аппараты криогенных и теплотехнических установок. — М.: КолосС, 2008. — 176 с.

19. **Русинов Д.А., Стулов В.Л., Удут В.Н.** Характеристики новых турбомашин для использования в модернизируемых воздухоразделительных установках// Технические газы. — 2003. — № 1. — С. 28-30.

20. Использование СПГ на транспорте/ **А.В. Брагин, Ю.В. Колгушкин, О.М. Попов, В.Н. Удут**// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 51-56.

21. Комплексное решение проблемы перевода транспорта на СПГ/ **А.В. Брагин, Б.Д. Краковский, О.М. Попов, В.Н. Удут**// Технические газы. — 2006. — № 4. — С. 64-68.

22. Совершенствование технологии сжижения природного газа на базе модернизированного стенда реконденсации метана/ **Ю.С. Бухолдин, А.В. Зленко, В.М. Татаринев и др.**// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 26-29.

23. **Воронин И.Б.** Особенности и характеристики трёх-осного полуприцепа для хранения и перевозки криопродуктов// Технические газы. — 2008. — № 2. — С. 67-72.

24. **Таран В.Н.** Криогенное сжатие природного газа// Технические газы. — 2008. — № 4. — С. 18-25.

25. Современное оборудование для хранения, газификации и транспортирования жидких продуктов разделения воздуха и жидкого метана/ **Э. Зайдлерова, М. Мокер, В. Хрз и др.**// Технические газы. — 2005. — № 1. — С. 30-36.

26. Разработка технологических комплексов для производства моторных газовых топлив из генераторного газа/ **Е.И. Сухин, А.И. Пятничко, Т.К. Крушневич, Г.К. Лавренченко, А.В. Копытин**// Технические газы. — 2008. — № 2. — С. 22-30.