

# УГЛЕВОДОРОДЫ КАК ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

29 января 2002 г. в Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНИПТ) состоялась Международная научно-техническая конференция «Углеводороды как хладагенты».

Организаторы конференции — СПбГУНИПТ, Международная академия холода (МАХ) и Рабочая группа «Свойства хладагентов и теплоносителей» Научного совета РАН. В конференции участвовали: Одесская государственная академия холода (Украина), Институт проблем энергетики Национальной академии наук Белоруссии, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Московский энергетический институт (технический университет), Московский завод «Компрессор», ВНИХИ, ЗАО «Хладоклиматехника» (Москва), ЗАО «Сигма-Газ», Российский научный центр «Прикладная химия», ОАО «ЛенНИИхиммаш», ИКЦ «Промтехбезопасность», Центр холодильного оборудования, ЗАО «Интерлак», ООО «Галас» (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), отраслевые журналы.

Участников конференции приветствовал ректор СПбГУНИПТ, президент Международной академии холода академик **А.В. Бараненко**.

С докладом «Природные холодильные агенты — углеводороды. Свойства и применение» выступил академик МАХ **О.Б. Цветков** (СПбГУНИПТ) (статья по докладу публикуется в этом номере журнала).

В докладе **И.Л. Ходоркова, С.Г. Сердюкова** (ЗАО «Сигма-Газ») «Перспективы создания демонстрационных зон технологий и бизнеса СПГ в России» были рассмотрены возможности производства и использования сжиженного природного газа (СПГ), получаемого на газоредуцирующих станциях (ГРС) магистральных газопроводов. Газ с давлением 3,0...7,5 МПа сжимается при дросселировании и специальным транспортом доставляется потребителю. Опытно-промышленное производство по получению СПГ этим методом развернуто на ГРС «Никольское» ООО «Лентрансгаз». Сжиженный газ можно применять как моторное топливо для автомашин, теплоходов, маневренных тепловозов, как топливо для котельных, причем стоимость его значительно ниже стоимости мазута. Одновременно СПГ можно исполь-

зовать для охлаждения промежуточного хладоносителя в холодильных контурах.

**Б.Д. Тимофеев** (Институт проблем энергетики НАН Белоруссии) в докладе «Выбор углеводородов в качестве холодильных агентов бытовых холодильников и холодильного торгового оборудования» (авторы: **О.В. Беляева, А.Ж. Гребеньков, Б.Д. Тимофеев**) привел сравнительные характеристики холодильных циклов для 21 заменителя запрещенного хладагента R12. По мнению авторов доклада, следует провести технико-экономическое обоснование внедрения углеводородов как хладагентов в холодильном оборудовании с учетом пожаро- и взрывобезопасности и определить области их оптимального применения (статья по данному докладу публикуется в этом номере журнала).

**А.А. Жердев** (МГТУ им. Н.Э. Баумана) в докладе «ДМЭ — перспективный хладагент дизельных авто-рефрижераторов» (авторы: **С.Д. Глухов, А.А. Жердев, А.В. Поляков**) изложил перспективы использования диметилового эфира (ДМЭ) в качестве топлива и одновременно хладагента для автомобильных рефрижераторов. Производство диметилового эфира в России составляет порядка 400 тыс. т в год при

стоимости от 1,5 до 2,3 тыс. руб/т (причем даже эта стоимость может быть значительно снижена). Уже испытан дизель на ДМЭ, разработаны новый сорт резины и специальные присадки к смазке для работы с диметиловым эфиром. Топливо подается в дизель под давлением 3...7 МПа и обеспечивает бездымное горение, что благоприятно для экологии.

Данных по теплофизическим свойствам ДМЭ очень мало. Как хладагент ДМЭ близок по свойствам к R12, имеет хорошие теплообменные характеристики, по безопасности сходен с пропаном и бутаном. Он нетоксичен, используется в качестве распылителя лаков; потенциалы ODP и GWP для ДМЭ равны нулю. Для расчета цикла использовали диаграмму состояния Планка, расширенную по методу И.С. Бадилькеса. В качестве смазки для холодильной машины на ДМЭ может быть использовано минеральное масло ХФ 12-16, в котором ДМЭ полностью растворим.

В докладе «Фазовые соотношения и уравнения состояния азеотропных смесей изобутана с фторэтанамми, фторпропанамми и фторэфирами» **В.В. Алтунин** (МЭИ) привел результаты сравнительного численного анализа экспериментальных данных о  $pT(x,y)$ -параметрах фазового равновесия жидкость — пар в бинарных смесях изобутана (R600a) с фторэтанамми (HFC 125, HFC 134a, HFC 152a), фторпропанамми (HFC 227ea, HFC 236fa) и диметиловым эфиром (E170). Рассматриваемые смеси представляют собой неидеальные растворы, образующие положительные азеотропы с относительно небольшим температурным дрейфом азеотропного состава. Показано, что  $pT$ -проекции азеотропных точек выше кривой насыщения R600a, а для систем HFC 152a/R600a, HFC 227ea/R600a и E170/R600a располагаются в диапазоне  $\pm(50...100)$  кПа от кривой насыщения R12. Это означает, что давле-

ние указанных смесевых хладагентов азеотропного состава в интервале рабочих температур бытовой холодильной техники (250...318 К) выше атмосферного. Для некоторых азеотропных систем возможно повышение порога воспламеняемости хладагента и энергетической эффективности холодильного цикла. Расчет термодинамических свойств смесевых хладагентов проводят по уравнению состояния Карнахана-Старлинга-деСантиса, коэффициенты которого определены экспериментально по данным о парожидкостном равновесии индивидуальных хладагентов и их смесей.

В докладе ОГАХ «Перспективы и проблемы применения углеводородов в качестве хладагентов» (авторы: В.П. Железный, О.Я. Хлиева, Н.П. Быковец) были проанализированы перспективы применения углеводородов в холодильном оборудовании, представлен обзор основных стандартов по безопасному использованию пожароопасных хладагентов. По мнению авторов, в основу заключения об использовании углеводородов должны быть положены современные методы эколого-энергетического анализа (первая часть статьи по данному докладу представлена в этом номере, вторая часть будет опубликована в следующем номере журнала).

**Е.Т. Петров** (СПбГУНиПТ) в своем докладе «Особенности использования углеводородов в качестве рабочих веществ в действующих установках» подчеркнул, что в химической промышленности и на предприятиях по переработке нефти и газа, где в технологических процессах участвуют углеводороды (этилен, пропилен, метан), нет сомнений в целесообразности их применения и в качестве хладагентов. Проблем с получением чистых углеводородов для холодильной техники в этом случае нет. Опыт работы этих предприятий может быть использован при проектировании холодильных установок и их модернизации, направленной на повышение эффективности и снижение количества хладагента в системе. Статистика аварий на углеводородных холодильных установках показывает, что в основном они происходили из-за халатности при эксплуатации и про-

ведении регламентных работ. Важно помнить, что, проходя по трубопроводам, углеводороды электризуются, а это крайне опасно. Теплообмен при кипении углеводородов интенсивнее, а при конденсации несколько хуже, чем у фреонов, и, по мнению докладчика, блоки высокого давления холодильных установок лучше выносить за пределы производственных помещений, тем более что можно использовать естественный холод, которым так богата Россия.

При использовании углеводородов в холодильной технике необходимо руководствоваться следующими критериями:

- минимальная заправка установок хладагентом;
- обеспечение пожаро- и взрывобезопасности;
- высокая термoeкономическая эффективность хладагента с учетом затрат на разработку, производство и эксплуатацию;
- соответствие техники, использующей углеводороды, европейскому стандарту EN 60 355-2-24-200.

Учитывая высокую термoeкономическую эффективность применения аммиака в холодильной технике, целесообразно продолжить совершенствование аммиачных холодильных установок средней и большой холодопроизводительности и средств защитной автоматики.

В докладе **Е.Е. Устюжанина** (МЭИ) «Разработка программ для расчета термодинамических свойств смесей на основе углеводородов» рассмотрены особенности уравнений состояния Карнахана-Старлинга-деСантиса для расчета свойств углеводородов. Докладчик также отметил необходимость ориентироваться на международный стандарт ИСО во избежание разногласий между теплофизиками.

**В.С. Зотиков** (РНЦ «Прикладная химия») в своем выступлении обратил внимание собравшихся на то, что отечественные предприятия, как производящие, так и эксплуатирующие холодильное оборудование на ХФУ, не готовы к освоению и внедрению углеводородов как хладагентов, так как это требует существенной модернизации предприятий для обеспечения их пожаробезопасности, внесения конструктивных изменений

в производимое оборудование (уже имеется отрицательный опыт внедрения горючей смеси С1 на Красноярском заводе бытовых холодильников «Бирюса»). Осторожность необходимо проявлять и при применении диметилового эфира в авторефрижераторах, поскольку при длительном контакте эфиров с атмосферным воздухом есть опасность появления взрывоопасных перекисных соединений. Высокая упругость паров ДМЭ (температура нормального кипения  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), широкие диапазоны концентраций ДМЭ, дающих горючую смесь с воздухом ДМЭ (3,4 – 18%), и низкая температура воспламенения ( $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) делают обеспечение пожаро- и взрывобезопасности систем с ДМЭ даже более актуальной задачей, чем при использовании других углеводородов.

Неизбежны трудности при сервисном обслуживании холодильников на углеводородах, поэтому, по мнению докладчика, сейчас целесообразно применять негорючие переходные, а в будущем – озонобезопасные хладагенты. В России наиболее освоены переходные хладагенты на основе R22, прошедшие апробацию на российских предприятиях (в частности, смесевой хладагент С10М включен в реестр UNEP как сервисная смесевая композиция).

Наряду с изучением перспектив использования углеводородов из отечественного сырья докладчик предложил расширять работы по внедрению перспективных отечественных смесевых озонобезопасных хладагентов, обладающих более низким показателем GWP, чем R134a, который рассматривается в настоящее время как основной ретрофитный хладагент.

В заключение конференции председатель Рабочей группы «Свойства хладагентов и теплоносителей» Научного совета РАН и секции МАХ «Теоретические основы холодильной и криогенной техники» О.Б. Цветков сделал сообщение о деятельности этих организаций в 2001 г. и о планах работы на 2002 г.

**Ю.А. ЛАПТЕВ**

Ученый секретарь Рабочей группы "Свойства хладагентов и теплоносителей", академик МАХ