

Академик МАХ, д-р техн.наук, проф. **А.М. АРХАРОВ**,
заслуженный деятель науки и техники РФ, председатель Московского регионального
отделения МАХ, Почетный член Международного института холода,
заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана

В данной статье рассказывается о некоторых разработках, выполненных в Московском региональном отделении МАХ за последние годы, которые имеют, по мнению автора, существенное значение.

ся в конце 80-х годов еще при жизни генерального конструктора В.П. Беякова.

В последнее десятилетие «Криогенмаш» создал типоразмерный ряд ВРУ малой и средней производительности с учетом спроса на российском рынке. Уже построены и работают на Московском нефтеперерабатывающем заводе, Ново-Уренгойском газохимическом комбинате, Бухарском нефтеперерабатывающем заводе и в других регионах установки $AA_{ж}-0,65$; $AA_{ж}-1,2$; $AA_{ж}-5$; $AA_{ж}-7$ (7 тыс. $Nm^3N_2/ч$). Разработана и построена система заправки кислородом



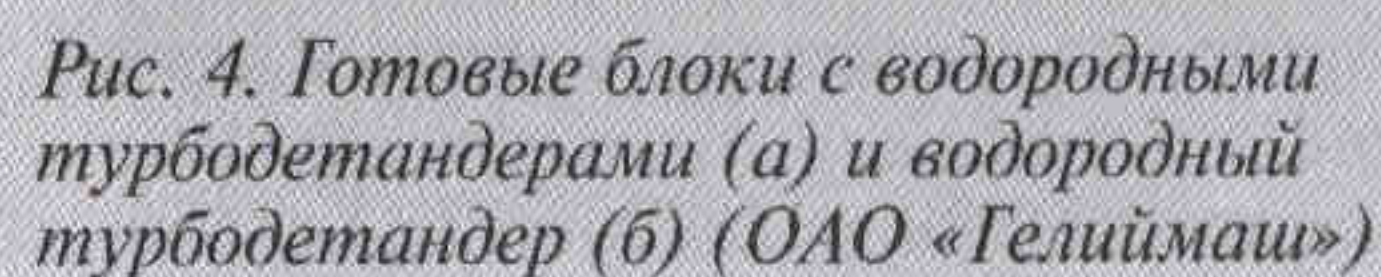
В соответствии с постановлением Правительства Москвы №787-РП от 08.08. 2000 г. в ОАО «Криогенмаш» в течение 2001 – 2002 гг. создавались генератор озона и система охлаждения воды, входящие в состав озонаторной установки большой производительности (25...50 кг/ч озона) в модульно-контейнерном исполнении для систем централизованного водоснабжения Москвы. Этим количеством озона можно обработать более 500 тыс. м³ воды в сутки. В 2001 г. были спроектированы и изготовлены генератор озона (патент 2046753 РФ) и система охлаждения воды для него. В 2002 г. осуществлены монтаж оборудования и пуско-



Рис.1. Система заправки кислородом для международного стартового комплекса морского базирования (ОАО «Криогенмаш»)

Криогенное гелиевое оборудование было изготовлено для уникального ускорителя – нуклотрона в

МГТУ им. Н.Э. Баумана (ректор И.Б. Федоров) совместно с Одесской государственной академией холода (ректор В.В. Притула), предприятиями «Хром» (генеральный директор М.Ю. Савинов), «Айс-блик» и «Олеом» (технический директор В.Л. Бондаренко) разработаны новые техно-



логии и установки по разделению смесей криптона-ксенона и неона-гелия с извлечением продуктов высокой чистоты (99,9999 %). Потребность внутреннего рынка в этих газах полностью удовлетворена. Для увеличения коэффициента извлечения неона впервые применены волновые криогенераторы (ВКГ). Технологии широко используются и способствуют увеличению мирового производства редких газов (рис. 5).

Комплекс работ по созданию медицинской КРИО-СВЧ-аппаратуры и технологии для применения в детской хирургии также выполнен в МГТУ им. Н.Э. Баумана при участии специалистов в области медицинского приборостроения и медицины. Разработанные аппаратура и технологии позволяют эффективно, практически бесследно, удалять опухоли (гемангиомы) у детей. Об актуальности проблемы говорит тот факт, что ежегодно только в Москве по этому поводу обращаются в меди-

цинские учреждения более 16 тыс. пациентов. В случае использования КРИО-СВЧ-метода усиливается криодеструкция при предварительном прогреве опухоли токами СВЧ, благодаря чему вода выходит из больных клеток через мембраны в межклеточное пространство и, расширяясь при замораживании, существенно снижает кровоток в опухоли. При этом резко увеличивается глубина промерзания опухоли (в 50 раз по объему). Разработаны теоретические основы, методы расчета и проектирования КРИО-СВЧ-аппаратуры, которые обеспечивают оптимальные режимы проведения операций с учетом характеристик и вида опухоли. Результаты этих работ в перспективе могут быть использованы не только в медицинской технике, бескальпельной хирургии, но и в сельском хозяйстве, космонавтике, пищевой промышленности и др.

В числе разработок МГТУ им. Н.Э.

Баумана следует отметить СВЧ-системы для диагностики криогенных и некриогенных двухфазных и однофазных потоков. Системы позволяют контролировать массовые расходы, содержание паровой и жидкой фаз, скорости скольжения фаз, концентрации примесей и другие параметры. Такие системы необходимы при заправке криогенным топливом самолетов и автомобилей, при криостатировании сверхпроводящих обмоток крупных электромагнитов. В частности, СВЧ-системы использовали в международном эксперименте по программе «QUELL» в Швейцарии. Выполнены фундаментальные исследования процессов тепломассообмена при конденсации и кипении криопродуктов в высокоэффективных аппаратах нового поколения. Разработана безмасляная технология изготовления структурных насадок для насадочных ректификационных колонн.

В 1998 – 1999 гг. разра-

ботан, создан и испытан микроорганизитель на базе машины Стирлинга производительностью 30...50 г/ч жидкого кислорода или азота.

В Московском медицинском центре «Медкрионика» (главный врач И.С. Чернышов) для лечения наружных и внутренних заболеваний в последние годы широко используются различные криопроцедуры. Здесь создана надежная и полностью безопасная установка, получившая название «криосауна» (рис. 6). Применение низких температур открывает новые возможности для лечения и профилактики таких серьезных заболеваний, как инфаркты, инсульты, стрессы, кожные заболевания и др.

В Учебно-научном центре «Криоконсул» при МГТУ им. Н.Э. Баумана разработана криовзрывная технология переработки старых автопокрышек. Эта технология реализуется с помощью взрывоциркулятора, представляющего собой бронекамеру с внешним трубопроводом, которые образуют закольцованную систему, звуко- и газоизолированную от окружающей среды. Под действием взрыва охлажденные покрышки разрушаются, в тракте закольцовки осуществляется круговое многократное движение (циркуляция) потока с ударными волнами и фрагментами разру-

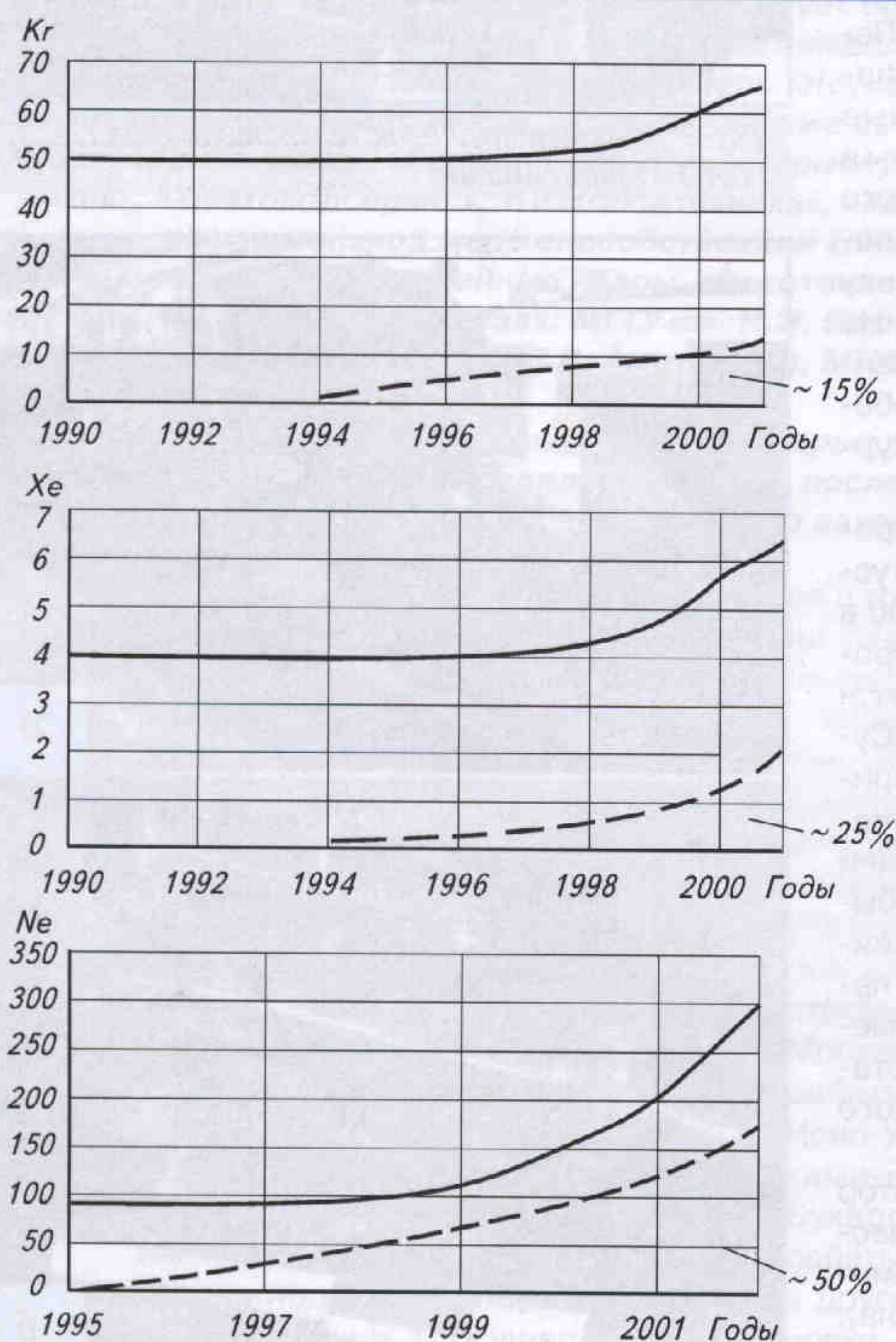


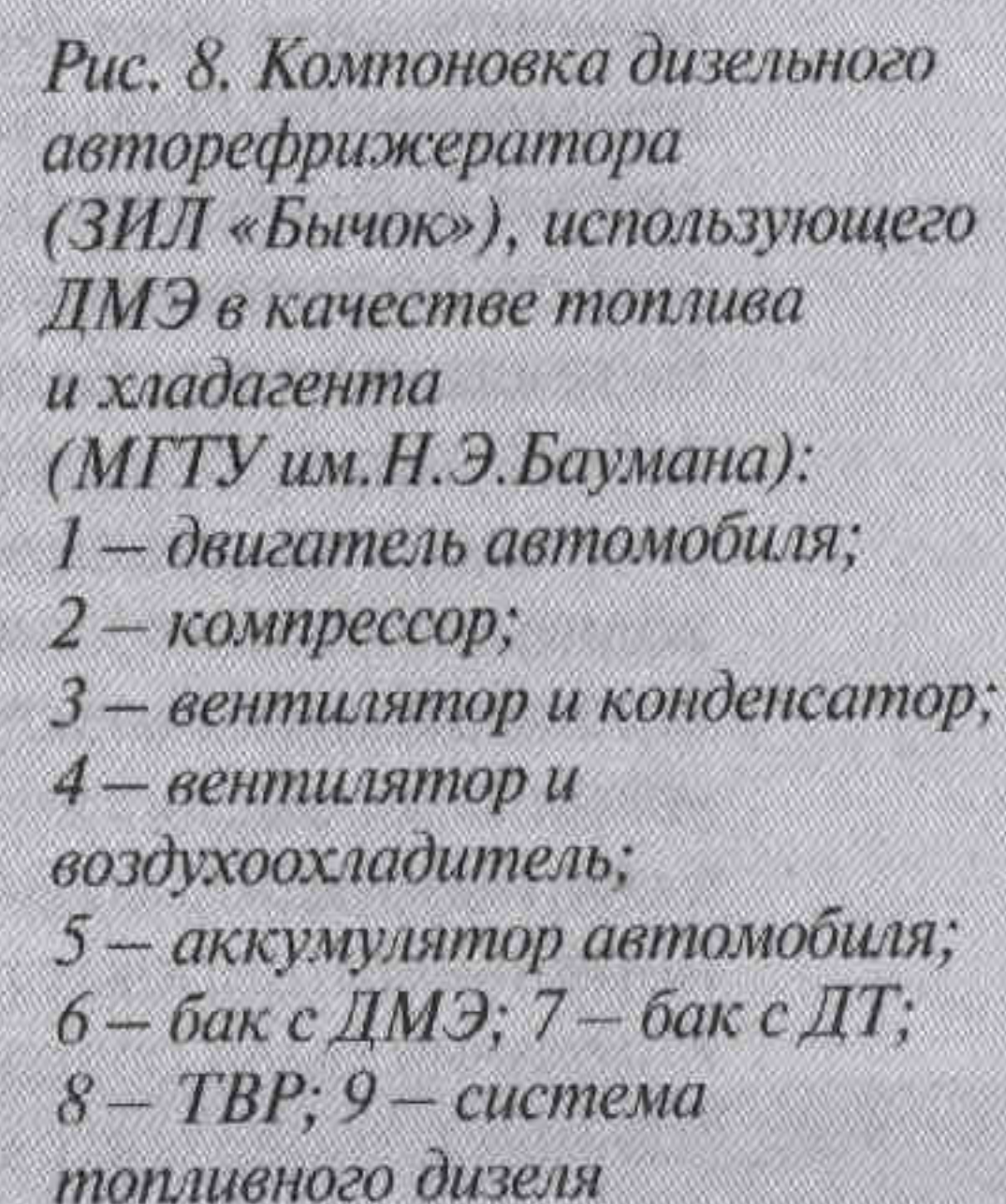
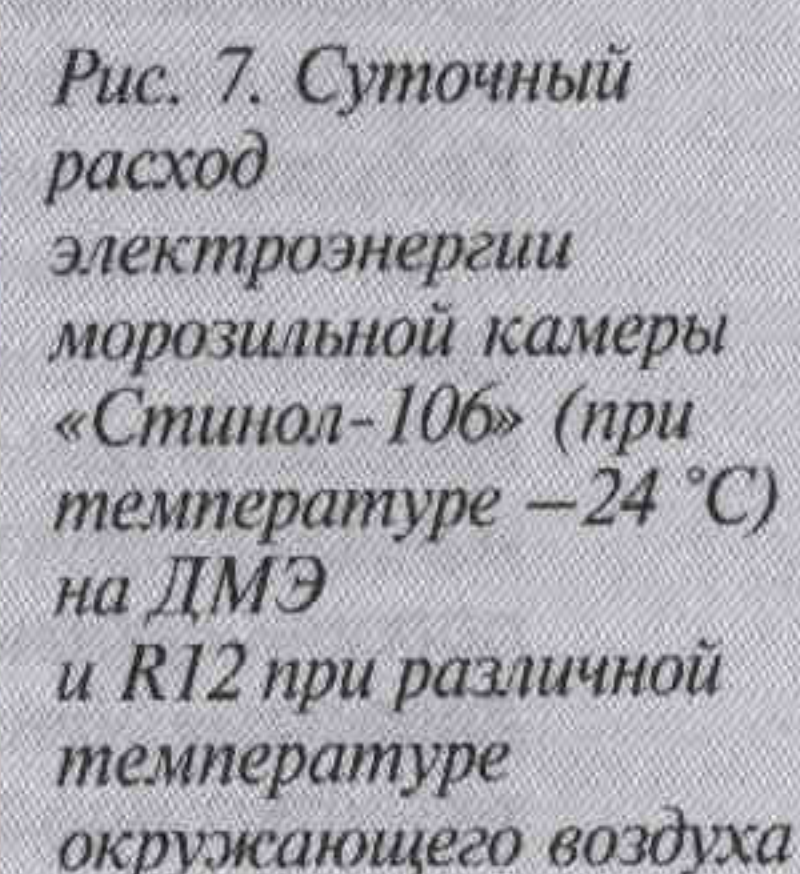
Рис. 5. Мировое производство инертных газов (тыс.м³/год):

— — — — по технологии «МГТУ–ОГАЗ»



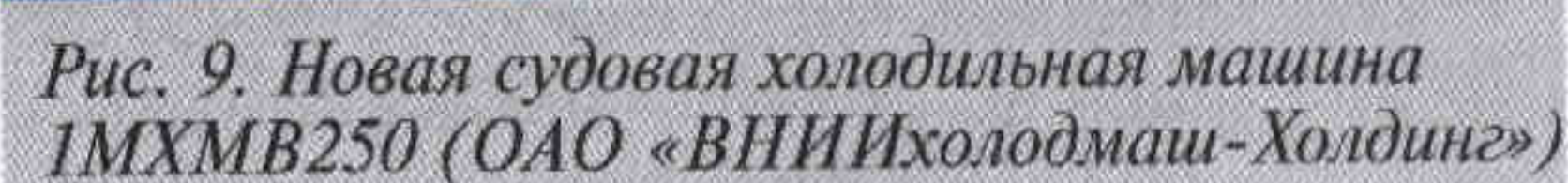
Рис. 6. Криосауна Московского
медицинского центра «Медкрионика»

Ряд новых разработок выполнен в ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» (генеральный директор О.М. Таганцев).



Для систем кондиционирования предложены оригинальные холодильные установки. Продолжаются работы по совершенствованию абсорбционных бромисто-литиевых машин холодильной мощностью до 6 тыс. кВт, разрабатываются много-

В ФГУП «ВНИИхиммаш» (генеральный директор А.А. Макаров) осуществляются доводочные испытания жидкостных ракетных двигателей КБ «Энергомаш», КБ «Химмаш», КБ «Химавтоматика», которые экс-



портируются за рубеж. Кроме того, фирмы Франции, Китая, Индии, США, Кореи и других стран отрабатывают на стендовой базе предприятия свои образцы ракетно-космической техники. Во ВНИИхиммаше организовано производство всех криогенных компонентов, включая кислород, водород и неон. Проводятся исследования рабочих процессов в двигателях.

Московскими фирмами «Турбо-рефрижераторы» (директор А.Ш. Кобулашвили) и «Скаген» (директор В.М. Гнилицкий) на базе воздушных циклов созданы скороморозильные аппараты для замораживания рыбы и рыбопродуктов (рис. 10), которые прошли промышленные испытания. Аппараты обеспечивают уникальное качество продукции, поскольку начальная температура холодного воздуха в камере составляла $-100 \dots -120^\circ\text{C}$. Эту технологию следует рекомендовать для более широкого применения. Практически она оказалась в 5 – 6 раз более экономичной по сравнению с системами, работающими на жидком азоте, и в 1,5–2 раза более экономичной (вследствие увеличения скорости замораживания) по сравнению с фреоновыми скороморозильными установками.

Активно работает ЗАО «Остров» (генеральный директор Е.К. Уразов). Компания была создана в 1994 г. Сегодня «Остров» – это более 10 тыс. м² производственных площадей, проектно-конструкторское бюро, оснащенное современными системами автоматизированного проектирования (AutoCAD 2002, Pro Engineer Wildfire), собственная испытательная база для отработки производимых систем и проверки характеристик закупаемых и изготавливаемых компонентов. Стабильную и устойчивую работу предприятия обеспечивают более 500 сотрудников головного офиса и 11 технико-коммерческих центров по всей стране. Компанией разработан типовой ряд транспортных установок и систем кондиционирования воздуха холодопроизводительностью от 2 до 30 кВт для кабин машинистов локомотивов и электропоездов, пассажирских железнодорожных вагонов и вагонов-ресторанов. В настоящее время большинство новых отечественных пассажирских вагонов оснащено серийно выпускаемыми в ЗАО «Остров» установками конди-

ционирования воздуха УКВ-31 холодопроизводительностью 28 кВт (рис. 11).

Начато серийное производство установок УКВ-4,5 холодопроизводительностью 4,5 кВт для кабин машинистов электропоездов. Проходят комплексные испытания в составе вагонов-ресторанов системы кондиционирования воздуха СКВ-26 холодопроизводительностью 26 кВт. Для дооснащения вагонов типа RIC, проходящих капитально-восстановительный ремонт, разработана, изготовлена и передана для испытаний установка кондиционирования воздуха УКВ-31-РИЦ холодопроизводительностью 22 кВт.

Разработан ряд коммерческих и промышленных холодильных установок и систем холодопроизводительностью от 3 кВт до 3 МВт. С использованием лучших отечественных и зарубежных комплектующих изделий ведется серийное производство холодильной техники, отвечающей самым высоким мировым стандартам. Применяемые технологии сборки и заводских испытаний в ряде случаев лучше технологий, используемых на аналогичных зарубежных предприятиях.

Объем выпуска холодильных агрегатов и систем различной производительности для использования в области средних (+5...-5 °C) и низких (-18...-40 °C) температур уже превышает 2000 ед. в год.

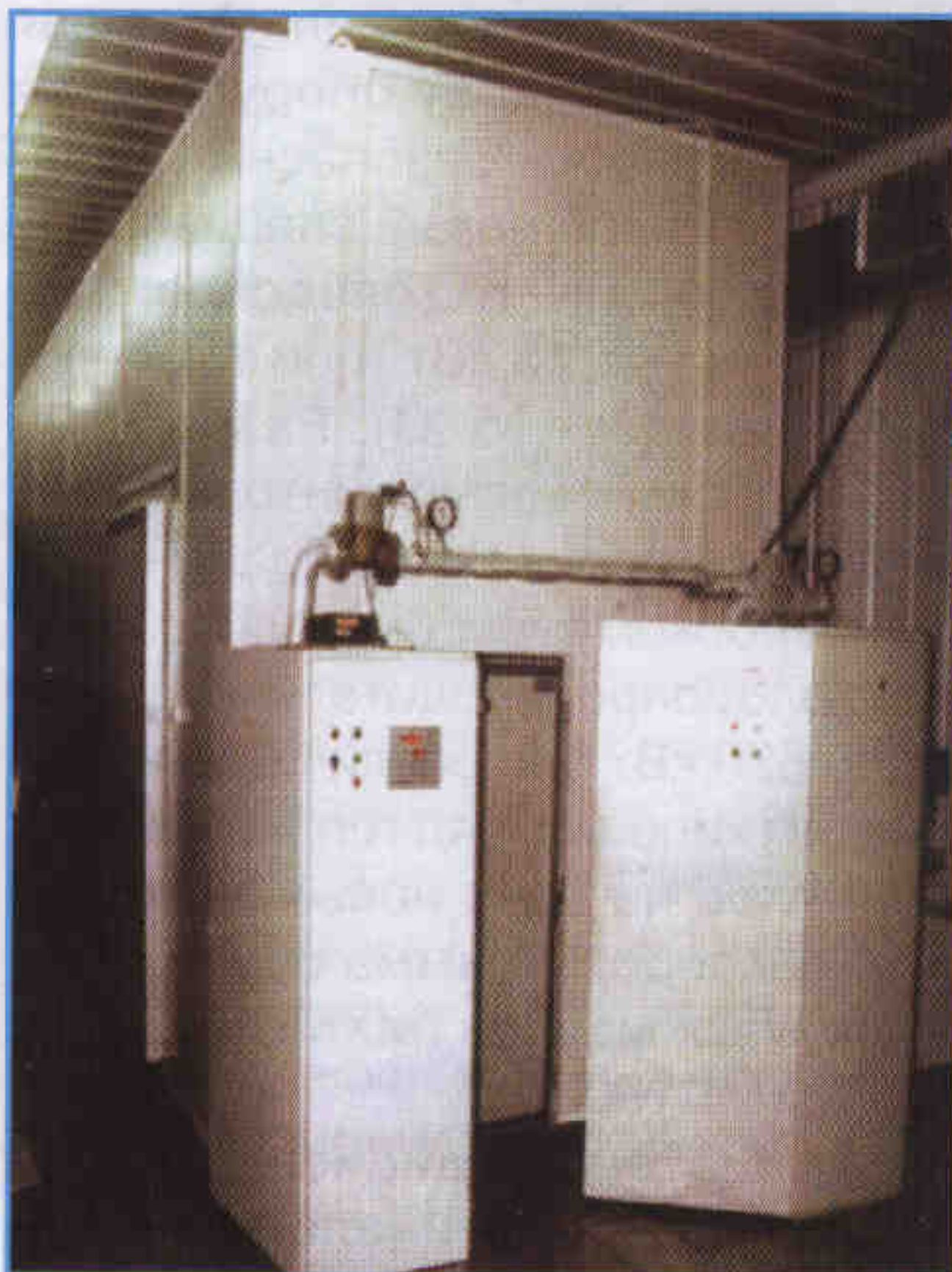


Рис. 10. Скороморозильный аппарат на базе турбовоздушной холодильной машины (фирмы «Турборефрижератор» и «Скаген»)

В Московском энергетическом институте (ректор Е.В.Аметистов) впервые разработан единый универсальный модульный алгоритм, позволяющий проводить анализ сложных вакуумных систем с учетом одновременного размещения в моделируемой структуре множественных распределенных источников и стоков газа различных типов, наличия в моделируемой системе сильных температурных перекосов и нестационарности протекающих процессов, а также взаимного влияния этих факторов друг на друга. С использованием данного алгоритма впервые решен ряд актуальных практических и исследовательских задач. В частности, выполнены комплексный анализ системы откачивания продуктов реакции термоядерного синтеза, анализ влияния микроструктуры (шероховатость, зернистость) реальной поверхности на ее интегральные характеристики и другие проблемы. Впервые разработан и реализован универсальный программный комплекс, позволяющий проектировщику без специальной подготовки самостоятельно проводить комплексный анализ сложных криовакуумных систем. Созданный программный комплекс имеет модульную конструкцию практически с неограниченными возможностями дополнения. Разработана методика расчета характеристик устройств селективного откачивания с учетом влияния образующегося криослоя. Полученный алгоритм позволяет моделировать помимо криослоев формирование различных покрытий в области высокого вакуума. Осуществлены моделирование и анализ структуры криослоя на микроуровне с использованием элементов фрактальной геометрии. Для криовакуумной техники фрактальный рост имеет большое значение при изучении процесса десублимации парогазовой фазы



Рис. 11. Железнодорожный кондиционер (ЗАО «Остров»)

С использованием методов зондовой микроскопии выполнен цикл исследований по влиянию тритированной атмосферы на топографию поверхности активированных углей, используемых в качестве сорбентов в установках управляемого термоядерного синтеза.

- высокие коэффициенты преобразования достигаются при оптимальном использовании высокотемпературных процессов термодинамического цикла в надкритической области для нагрева теплоносителя;

- малое отношение давлений в термодинамическом цикле теплового насоса, работающего на CO_2 , создает благоприятные условия для эффективной работы компрессоров (особенно центробежных, в крупных ТН);

К настоящему времени разработана теоретическая часть расчета сверхкритических циклов и теплообменных аппаратов. Создан и исследован макетный образец ТНУ на R744, разработана техническая до-

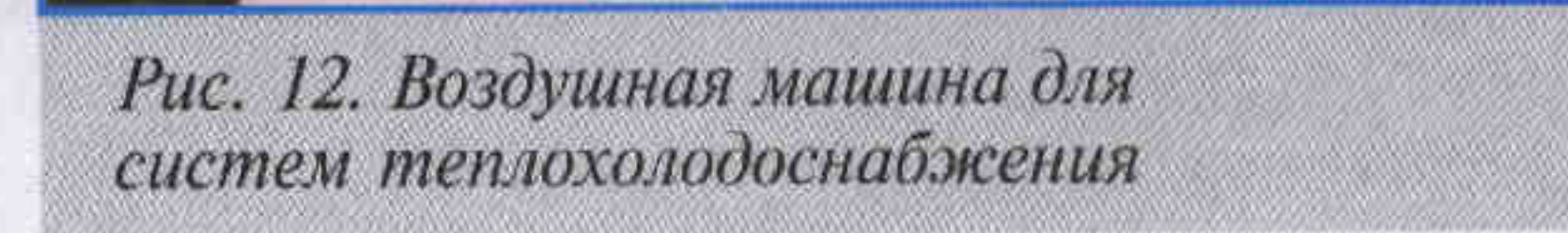
Создан макетный образец теплового насоса тепловой мощностью около 6 кВт, характеристики которого исследованы при работе на R22. В этой машине использованы теплообменные аппараты оригинальной конструкции с трубками, оребренными по технологии, предложенной в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Разрабатываются системы вакуумно-испарительного охлаждения с применением воды в качестве рабочего вещества и вакуумной генерации водного льда. Создан вакуумно-испарительный молокоохладитель для молочных ферм, охлаждающий от 30 до 4 °С до 300 л/ч молока.

Проводятся исследования по использованию воздуха в качестве рабочего вещества в компрессорно-детандерных системах теплоснабжения. Созданы две машины (рис. 12), работающие от пневмосети давлением 4 бар, вырабатывающие холодный воздух с температурой -40°C (60 и $120\text{ Нм}^3/\text{ч}$) и горячий воздух с температурой 75°C (60 и $120\text{ Нм}^3/\text{ч}$), холодопроизводительностью $1,25$ ($2,5$) кВт, теплопроиз-

Разработана установка сжигания природного газа (УСПГ) производительностью 12 т/сут с привязкой к газораспределительной станции (ГРС) и использованием энергии сжатого газа в магистральном трубопроводе.

В Московском государственном университете прикладной биотехнологии (ректор И.А. Рогов) выполнен ряд интересных работ в области холодильной техники и технологий. Исследованы процессы инееобразования в электроконвективном воздушном потоке в широком диапазоне значений относительной влажности среды, холодильной обработки сырья биологического происхождения (мясопродукты, фрукты) с помощью электроконвекции; процесс теплообмена в воздушных конденсаторах



в электроконвективной среде. Разработана криогенная система холодоснабжения газообразным азотом для холодильной обработки пищевых продуктов, реализованная в азотном туннельном скороморозильном аппарате АСТА-30 (рис. 13). Уже выпущена промышленная партия таких аппаратов.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности в последние годы выполнен комплекс исследований и разработаны ресурсосберегающие пищевые и холодильные технологии обработки, хранения и транспортирования скоропортящихся продуктов при условии сохранения их качества в регламентированный период. Среди них:

- Технология холодильного консервирования и хранения мяса птицы с применением антимикробных пищевых покрытий на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ). Сроки хранения мяса птицы в охлажденном состоянии увеличиваются в 2–2,5 раза, потери сокращаются на 35 – 40 % по сравнению с существующими способами холодильной обработки и хранения неупакованной птицы.

- Технология размораживания мяса, нивелирующая влияние процессов околоченения – оттаивание на качественные показатели мясного сырья. Для оттаивания блоков из парного жилованного мяса предложен двухстадийный процесс размораживания, обеспечивающий увеличение срока хранения размороженного мяса в 2–3 раза, сокращение потерь от вытекания сока на 1,5–2% и снижение расхода энергии до 30 %.

- Технология холодильного кон-

сервирования мяса, предназначенного для производства сырокопченых колбас, в парном состоянии с применением электростимуляции.

Созданы технология и технические средства быстрого замораживания готовых блюд, полуфабрикатов, изделий из теста. Технология внедрена более чем на 10 предприятиях РФ.

Разработаны научные основы стабилизации биотехнологических свойств дрожжей и структурно-механических показателей дрожжевого теста при замораживании, а также технология производства замороженных изделий из дрожжевого теста различной степени готовности для предприятий общественного питания, которая внедрена в систему «Русское бistro».

Претворяя в практику одобренную МАХ стратегию применения в отечественных холодильных установках природных холодильных агентов и повышения уровня безопасности холодильных систем, ВНИХИ подготовил рекомендации по применению на предприятиях АПК холодильных установок с дозированной и малой заправкой аммиаком. Совместно с ВНИИхолодмашем, Гипрохолодом и другими организациями разработаны и изданы новые Правила проектирования и безопасной эксплуатации аммиачных и фреоновых холодильных установок.

В последние годы широкое распространение получило строительство спортивных сооружений с искусственным ледовым покрытием для хоккейных полей, конькобежных дорожек, лыжных трасс и др. С целью комплексного решения вопросов проектирования, строительства, обеспечения оборудованием таких сооружений и проведения монтажных и наладочных работ в 2001 г. ВНИИХИ при участии Холодильного инженерного центра и Химхолодсервиса создан консорциум «Искусственный лед», Россия.

Наиболее значимые результаты совместной деятельности предприятий консорциума — это ледовые поля Дворца спорта и Малой спортивной арены Олимпийского комплекса «Лужники» в Москве, Дворца спорта «Юбилейный»

в Твери. Созданы ледовое поле и система его холодоснабжения для стадиона «Зоркий» в подмосковном Красногорске. В настоящее время консорциумом ведется реконструкция комплекса спортивных сооружений Дворца спорта «Сокольники».

Несмотря на то что в Московском регионе выполняется ряд важных, востребованных работ, переход к рыночной экономике был не безболезненным. Мы многое потеряли, в том числе и опытных специалистов всех профилей, особенно на крупных предприятиях. Потеряны многие важные зарубежные рынки, в то время когда наш собственный рынок активно используют иностранные фирмы. В некоторых областях криологии это естественно и допустимо. Но Россия должна оставаться независимой в развитии стратегически важных областей нашей науки, и особенно в криогенике! Здесь нужны государственный подход и прямая поддержка крупных предприятий и национальных проектов.

Для расширения и усиления нашего присутствия на рынке необходимы новые идеи, технологии и инженерные решения и особенно высокое качество изделий. По моему убеждению, альтернативы этому нет. Выходу на новые рынки, несомненно, будет способствовать и образование единого экономического пространства Россией, Украиной, Белоруссией и Казахстаном. Однако без серьезных научных исследований и соответствующей подготовки высококвалифицированных специалистов в ведущих вузах эта задача неразрешима.

Опыт ушедшего десятилетия показал, что идея почетного академика основателя МАХ, д-ра техн. наук, профессора Игоря Игнатьевича Орехова об организации Международной академии холода оказалась результативной. Думаю, что в будущем ее роль в развитии криологии будет, несомненно, усиливаться.

В заключение хочется поблагодарить моих коллег: профессоров А.В. Буторину, Б.С. Бабакина, Б.А. Иванова, И.М. Калниня, С.Б. Нестерова, Н.А. Афанасьева, Ф.М. Позвонкова, Е.Г. Савельева, А.И. Смородина, О.М. Таганцева за дискуссию и помощь в подготовке материалов для этой публикации.



Рис. 13. Азотный туннельный
скороморозильный аппарат АСТА-30