



Канд. техн. наук **Н.Г.ШМУЙЛОВ**  
Лаборатория теплоиспользующих  
холодильных машин

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Более 40 лет абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины успешно применяют в мировой практике для получения охлажденной воды ( $7^{\circ}\text{C}$ ). В нашей стране начало внедрению машин этого типа было положено работами кафедры холодильных машин Ленинградского технологического института холодильной промышленности (ныне Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий), где под руководством проф. Л.М.Розенфельда был спроектирован опытно-промышленный образец абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины проектной производительностью 3 МВт. Испытания данного образца в качестве холодильной машины и теплового насоса, проведенные ЛТИХПом и ВНИИхолодмашем в 1964–1966 гг. на промышленном стенде Черниговского завода искусственного волокна в широком диапазоне температур источников тепла и режимов работы заложили основу для производства машин этого типа в нашей стране.

ВНИИхолодмашем совместно с Институтом теплофизики Сибирского отделения АН, где под руководством проф. Л.М.Розенфельда и доц. М.С.Карнауха был создан отдел низкотемпературной энергетики, была предложена обширная программа работ, направленных на исследование, проектирование и организацию серийного производства ряда абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин. В результате осуществления этой программы ВНИИхолодмашем и Пензенским заводом химического машиностроения «Пензхиммаш» было освоено серийное производство ряда машин – АБХА-1000, АБХА-2500 и АБХА-5000 холодопроизводительностью соответственно 1100, 3000 и 5800 кВт. Данный ряд машин предназначен для выработки холода при использовании горячей воды при температуре  $90...120^{\circ}\text{C}$  или пара давлением 0,15 МПа с тепловым коэффициентом 0,7.

На базе этого ряда разработаны и освоены машины АБХМВ-3000 с двухступенчатой регенерацией раствора для применения греющего пара давлением 0,6 МПа с тепловым коэффициентом 1,1, а также вариант теплового насоса АБХМ3000Т, преобразующего как термотрансформатор теплоту высокого потенциала – пара давлением 0,6 МПа – в теплоту среднего потенциала – горячую воду  $70^{\circ}\text{C}$  с коэффициентом преобразования 1,7.

Отечественные конструкции машин содержат защищенные авторскими свидетельствами оригинальные решения, выгодно отличающие их от зарубежных аналогов. К этим решениям относятся, например:

- многослойное кипение раствора в генераторе, позволяющее эффективно использовать греющие источники более низкой температуры;
- ступенчатое изменение температуры кипения в испарителе, снижающее необратимые потери в этом процессе;
- применение адиабатно-изобарной абсорбции, что существенно интенсифицирует процесс;
- повышение эффективности защиты от коррозии со стороны раствора.

В результате использования этих решений был значительно повышен технический уровень машин.

Особо следует выделить создание наиболее крупной машины АБХА-5000, в которой реализуется принцип адиабатно-изобарной абсорбции. Абсорбция паров хладагента осуществляется предварительно переохлажденным раствором без отвода теплоты в отличие от абсорбции паров пленкой раствора, стекающего по поверхности теплообменных труб с одновременным отводом теплоты. Адиабатно-изобарную абсорбцию исследовали на созданном в Институте теплофизики Сибирского отделения АН уникальном модельном стенде, позволяющем изучать процесс при мелкодисперсном распылении раствора. Исследование показало высокую эффективность адиабатно-изобарной абсорбции, выявило характерные зависимости и определило перспективы практического использования этого процесса. Преимущества адиабатно-изобарной абсорбции:

- > исключение гидравлических потерь в трубном пучке абсорбера, что дает выигрыш в холодопроизводительности (10–15 %);
- > уменьшение влияния неконденсирующихся газов на абсорбцию;
- > существенное снижение коррозии теплообменных трубок из углеродистой стали в теплообменнике абсорбера благодаря тому, что теплообменная трубка затоплена в растворе, а не расположена в парожидкостной фазе.

В доперестроечный период в абсорбционных бромистолитиевых холодильных машинах применяли теплообменные трубки из углеродистой стали, защищаемые от коррозии ингибиторами, в отличие от зарубежных образцов с медными и медно-никелевыми трубками. Использование трубок из углеродистой стали в период жесткой экономики дефицитных материалов открыло широкую перспективу для внедрения абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в различные отрас-



Рис. 1. Холодильная станция Белоцерковского завода шин и РАИ



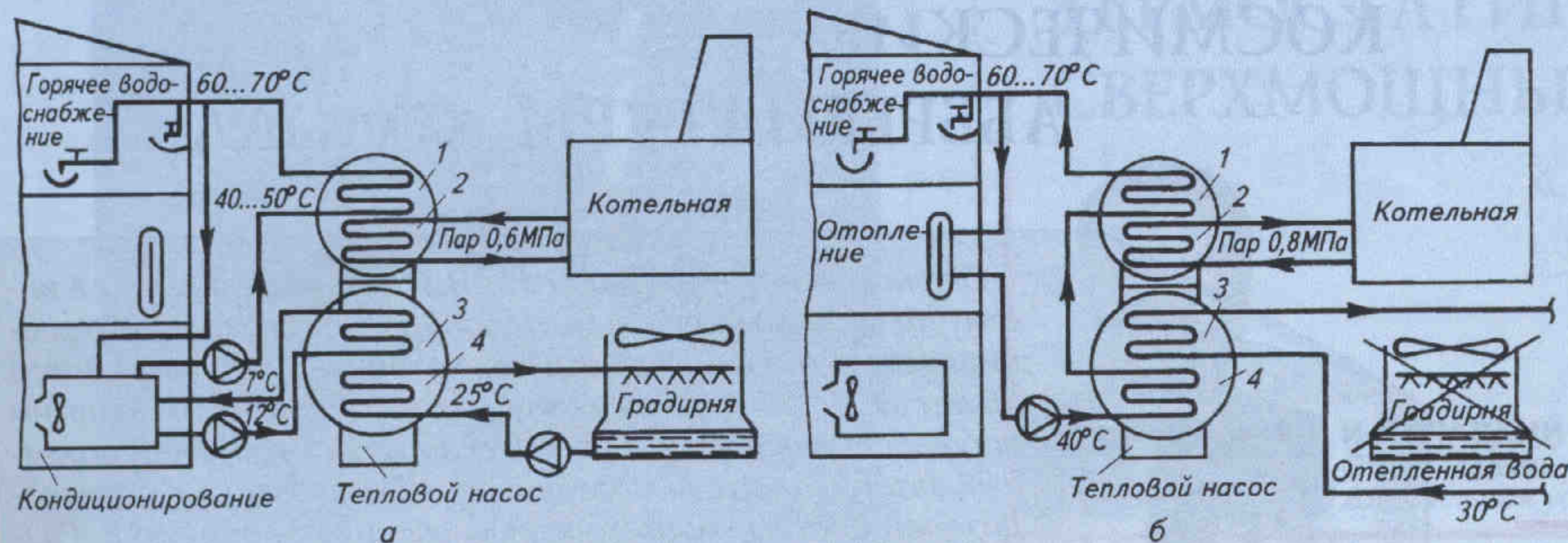


Рис. 2. Абсорбционный термотрансформатор для круглогодичного холодно- и теплообеспечения:  
а — летний режим;  
б — зимний режим;  
1 — конденсатор;  
2 — генератор;  
3 — испаритель;  
4 — абсорбер

ли народного хозяйства. Некоторое снижение срока службы машин (до 8–10 лет) в связи с коррозией компенсировалось более низкими капитальными затратами.

Внедрение абсорбционных бромистолитиевых машин ориентировалось на развивающиеся отрасли, в которых условия тепло- и водообеспечения соответствовали предъявляемым требованиям и где применение таких машин экономически целесообразно.

Наибольшее распространение абсорбционные бромистолитиевые машины получили в нефтехимической промышленности, главным образом на предприятиях шинных и резинотехнических изделий. Эти предприятия активно развивались особенно в 70–80-е годы и были крупными потребителями как теплоты ТЭЦ, так и охлажденной воды, расходуемой на нужды технологии. Из 150 машин типа АБХА-2500, выпущенных в тот период, около 40 % работало в составе холодильных станций на таких предприятиях, как Омский шинный, Белоцерковский завод шин и РАИ, Белорусский шинный, Нижнекамский шинный и др.

На рис. 1 показана холодильная станция Белоцерковского завода шин и РАИ с машинами АБХА-2500 общей холодопроизводительностью 15 МВт.

Использование теплоты ТЭЦ для работы абсорбционных машин на этих предприятиях в неотапительный период способствовало рациональному применению тепловых отборов и экономии топлива при комбинированной выработке электроэнергии. Так, одна машина АБХА-2500, кроме того, что она высвобождала за сезон 3 млн кВт·ч электроэнергии, позволяла получить экономию около 500 т условного топлива.

Это обстоятельство послужило основанием для введения льготного тарифа на теплоту, отпускаемую ТЭЦ для выработки холода на базе абсорбционных бромистолитиевых машин. Скидка составляла около 25 % действующего тарифа.

В настоящее время использование теплоты ТЭЦ в неотапительный период для работы таких машин дает такую же экономию топлива.

В последующие годы с развитием предприятий электронной и радиопромышленности абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины получили широкое распространение в системах кондиционирования воздуха данных предприятий, находящихся в Ленинграде, Минске, Ташкенте и других городах. На объектах химической промышленности такие машины использовали главным образом теплоту вторичных энергоресурсов (заводы стекловолокна в Полоцке и Гусь-Хрустальном, завод «Карболит» в г. Орехово-Зуево и т. д.). Из других характерных отраслей, где холодно-снабжение осуществлялось с помощью абсорбционных бромистолитиевых машин, следует выделить предприятия энергетики (Смоленская АЭС, Игналинская АЭС), легкой промышленности (Шахтинский хлопчатобумажный комбинат, Тираспольский хлопчатобумажный комбинат и др.).

Всего за период до 90-х годов было выпущено около 500 абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и их модификаций.

С начала 90-х годов ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» совместно с ОАО «Пензхиммаш» создало новое поколение абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и их модификаций для работы в режимах теплового насоса. Внедрение на основе 30-летнего опыта новых конструктивных и технологических решений, применение коррозионно-стойких материалов для теплообменных поверхностей позволило создать машины повышенной надежности, значительно меньшей массы и габаритных размеров, удвоить срок службы. Наряду с наиболее широко применяемыми образцами АБХМ-1000 и АБХМ-3000 по заявкам заказчиков могут быть изготовлены и поставлены в течение 8–10 мес другие типоразмеры машин холодопроизводительностью от 300 до 6000 кВт.

В настоящее время абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины нового поколения внедряются на предприятиях металлургии и нефтехимии для работы в режиме холодильной машины или теплового насоса.

Абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина как термотрансформатор, используя в качестве хладагента воду, является наиболее экологически чистым, взрывопожаробезопасным оборудованием. Потребителями теплоты, вырабатываемой абсорбционными тепловыми насосами, могут быть любые системы отопления и горячего водоснабжения жилых комплексов (без ограничения) и промышленные производства. Вариант схемы работы абсорбционного термотрансформатора для круглогодичного холодо- и теплообеспечения представлен на рис. 2.

Созданию и внедрению абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин способствовали многие крупные ученые и талантливые инженеры. Значительное внимание этой проблеме уделяли проф. А.В.Быков, проф. И.М.Калнинь, И.К.Савицкий. Большой вклад внесен бывшим начальником проектного отдела Т.В.Гоголиной, а также сотрудниками отдела теплоиспользующих машин Г.И.Сыңковой, Ю.А.Вольных и многими другими.

Разработки и исследования абсорбционных машин осуществлялись в содружестве с кафедрой холодильных машин СПбГУНиПТ. Результаты работ, выполненных под руководством проф. А.В.Бараненко и проф. Л.С.Тимофеевского по исследованию действительных процессов в машинах, подбору новых рабочих веществ, созданию эффективных поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии, выбору наиболее эффективных схемных и конструктивных решений аппаратов машин, были внедрены на практике.

Много труда вложили в организацию серийного производства машин технический директор ОАО «Пензхиммаш» Б.С.Зац, а также начальники КБ завода Г.В.Голубинский и Н.С.Шаблий.