

# Применение абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин для производства ледяной воды

Канд. техн. наук **И.Ю.АЛЕКСИКОВ**,  
технический директор

**М.И.КРАСНОВ**, генеральный директор

**А.В.ОВЧИННИКОВ**, руководитель проектов  
ООО «Энергия холода»

Охлажденная вода температурой 0,5–1,5 °С, так называемая ледяная вода, применяется в технологических процессах ряда отраслей пищевой промышленности, в том числе молочной, при производстве:

- **молока, сливок:** пастеризация молока, настаивание, охлаждение и упаковка сливок и аналогичной продукции, готовой к употреблению;
- **сыра:** в холодильных камерах, где сыр укладывается для созревания;
- **мороженого:** хранение пастеризованной смеси для мороженого при 4 °С.

На молочных заводах после приемки молока и определения его качества (кислотности и массовой доли жира) проводятся пастеризация и охлаждение. Молоко охлаждается в оросительных охладителях. Температура молока при этом понижается от 85 до 4 °С. На 1 л охлаждаемого молока расход воды может составлять до 2 л. Для производства холода на этом температурном уровне обычно используются различные аммиачные или фреоновые паро-

компрессионные машины. Однако значительное электропотребление таких систем, более 270 кВт на 1 МВт холода, всегда являлось аргументом для поиска альтернативных решений. Таким решением могли бы быть системы на базе теплоиспользующих абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин (АБХМ), способных использовать в качестве энергоносителя различные виды вторичных энергоресурсов. Особо актуально применение АБХМ на предприятиях с собственной генерацией энергоресурсов (тригенерационные комплексы).

До настоящего времени сфера применения абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин (АБХМ) главным образом ограничивалась системами охлаждения технологического оборудования и кондиционирования воздуха, где требуется охлажденная вода температурой 5–15 °С. Поскольку хладагентом в таких машинах служит вода, которая замерзает при температуре ниже 0 °С, то получение хладоносителя на выходе из стандартной АБХМ с температурой на этом уровне является проблематичным.

Экспериментальные работы по получению в бромистолитиевых АБХМ более низких температур кипения проводились в середине 1980-х годов как в

России, так и за рубежом. Суть их заключалась в том, что в качестве рабочего вещества (хладагента) в испарителе использовалась не чистая вода, а водный раствор бромистого лития концентрацией от 4 до 15 %. Однако все эти разработки оставались в виде экспериментальных образцов и серийно не выпускались.

С начала 2000-х годов компания Thermax (Индия) эксклюзивно начала серийный выпуск низкотемпературных АБХМ. В настоящее время серийные абсорбционные машины этой компании способны охлаждать жидкость до температуры –5 °С. Более 50 предприятий молочной промышленности в Индии, США и Европе эффективно используют низкотемпературные АБХМ Thermax\*. Наиболее известный объект – предприятие компании Nestlé. Характеристика оборудования представлена в табл. 1.

Как показано на принципиальной схеме системы холодоснабжения (рис. 1), АБХМ Thermax охлаждает промежуточный хладоноситель (10 %-ный водный раствор пропиленгликоля) с 4 до 0 °С за счет подвода пара давлением

\* Фролкин А.А., Краснов М.И. Применение АБХМ Thermax в пищевой промышленности // Холодильная техника. 2016. № 1.

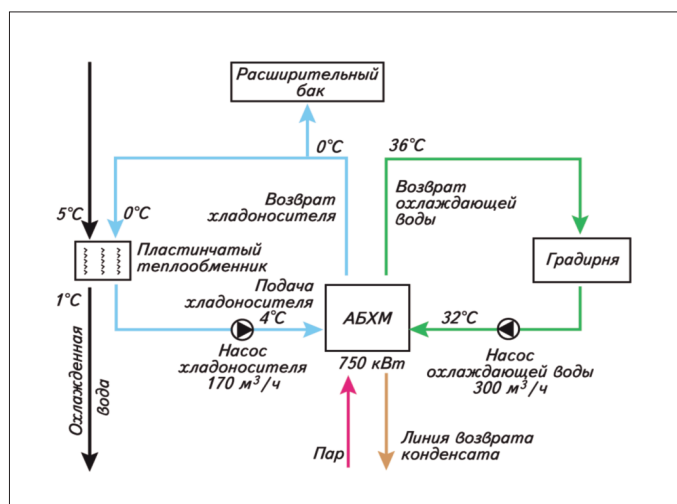


Рис. 1. Принципиальная схема подключения АБХМ на заводе Nestlé

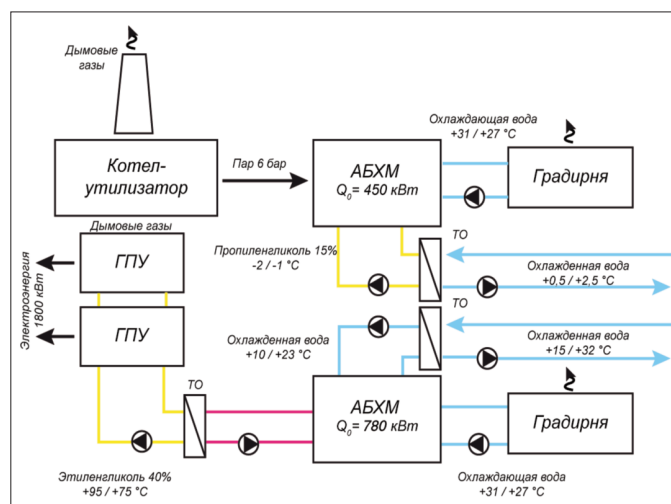


Рис. 2. Перспективная принципиальная схема тригенерационного комплекса

Таблица 1

Тип чиллера АБХМ (Br Li)	Модель Thermax SD 50B THU
Холодопроизводительность, кВт	750
Температура хладоносителя на входе/выходе, °С	4/0
Температура охлаждающей воды на входе/выходе, °С	32/36,3
Источник тепла	Водяной пар давлением 10 кг/см <sup>2</sup>

Таблица 2

Потребляемый ресурс	Тариф	Источник
Электроэнергия, руб/(кВт·ч)	3,5	От районной ТЭЦ
Природный газ, руб/нм <sup>3</sup>	4,4	Система газоснабжения
Пар, руб/Гкал	1444	От районной ТЭЦ
Водопроводная вода, руб/м <sup>3</sup>	24	Городской водопровод

Таблица 3

Оборудование	Стоимость, руб.*
Абсорбционные холодильные машины АБХМ Thermax	31708128
Вспомогательное теплообменное и насосное оборудование, арматура, средства автоматизации	17038284
Оборудование ГПУ	98929800
Проектирование, общестроительные расходы, монтаж, ПНР	48733150
Итого	196409362

\* Стоимость импортного оборудования рассчитана по текущему курсу ЦБ России (68 руб/долл. США).

10 кг/см<sup>2</sup> от угольной котельной. При холодопроизводительности 750 кВт потребление пара АБХМ составляет порядка 636 кВт.

Отвод теплоты в окружающую среду производится посредством открытой испарительной градирни. Для исключения попадания антифриза в пастеризаторе в молоко предусмотрен промежуточный пластинчатый теплообменник, в котором вода охлаждается от 5 до 1 °С.

Ряд профильных предприятий в России проявил интерес к внедрению подобных систем. В настоящий момент ООО «Энергия холода» выполняет проектные разработки и технико-экономическое обоснование для крупнейшего молокоперерабатывающего предприятия Северо-Западного региона.

В связи с перманентным ростом тарифов практически на все виды энергоносителей себестоимость продукции любых предприятий, в том числе молокоперерабатывающих, в значительной степени определяется стоимостью и расходом энергоносителей на единицу продукции. Рассмотрим анализ целесообразности внедрения тригенерационного комплекса на примере вышеупомянутого предприятия. В настоящее время предприятие снабжается всеми энергоресурсами от централизованных сетей по действующим тарифам (табл. 2).

Существующая потребность в холоде, обусловленная главным образом

необходимостью охлаждения молока после пастеризации и хранением готовой продукции в помещениях с нормируемыми температурными параметрами составляет порядка 1800 кВт. Эта холодопроизводительность обеспечивается парокомпрессионными аммиачными холодильными машинами, потребляющими около 700 кВт электроэнергии. Общая потребность предприятия в электроэнергии составляет 2400 кВт.

Согласно перспективной схеме тригенерационного комплекса (рис. 2) планируется установка двух газопоршневых установок (ГПУ) каждая мощностью 1200 кВт с учетом резервирования. За счет утилизации теплоты рубашек охлаждения ГПУ в виде горячей воды температурой 90/70 °С функционирует одна из АБХМ холодопроизводительностью 780 кВт, обеспечивающая потребителей охлажденной воды температурой 10/23 °С (теплообменники предварительного охлаждения). Для утилизации выхлопных газов ГПУ установлен паровой котел-утилизатор, который генерирует пар давлением 6 бар для привода низкотемпературной АБХМ холодопроизводительностью 450 кВт, охлаждающей промежуточный хладоноситель (водный 15 %-ный раствор пропиленгликоля) температурой -2/+1 °С. Этот хладоноситель подается в промежуточный теплообменник, где производится ледяная вода температурой 0,5/2,5 °С

для окончательного охлаждения молока после пастеризации.

Кроме того, предварительное охлаждение обратной воды, нагретой до температуры выше 50 °С, может быть осуществлено непосредственно водой системы оборотного водоснабжения из системы открытых испарительных градирен. В холодный период года система может частично работать в режиме свободного охлаждения за счет низкой температуры наружного воздуха.

Следует отметить, что часть пара из котла-утилизатора может быть полезно использована в технологическом процессе производства и для дополнительного нагрева воды для высокотемпературной АБХМ.

Предлагаемая схема позволяет наиболее полно и гибко использовать вторичные энергоресурсы электрогенерирующих установок и минимизировать затраты на производство холода. Важным аргументом в пользу применения АБХМ, который следует учитывать при расчете капитальных затрат на реализацию проекта тригенерационной системы, является сокращение требуемой установочной мощности электрогенерирующего оборудования за счет исключения мощностей, потребляемых парокомпрессионным холодильным оборудованием (в данном проекте 700 кВт).

Для технико-экономического обоснования предлагаемого комплексного инженерного решения была проведена оценка капитальных и эксплуатационных затрат с учетом стоимости основного и вспомогательного оборудования, средств автоматизации, проектных, монтажных и пусконаладочных работ, а также трехсменной работы предприятия и действующих тарифов на энергоносители и воду. Результаты расчетов капитальных затрат на реализацию тригенерационного комплекса представлены в табл. 3.

Расчет эксплуатационных затрат по вариантам перспективного тригенерационного комплекса и существующей системы (табл. 4) показывает, что ожидаемый годовой эффект от внедрения системы тригенерации, включая систему холодоснабжения на базе АБХМ, составляет 46 553 110 руб. Срок окупаемости проекта, который составил 4,2 года, может быть оценен как отношение капитальных затрат на реализацию проекта к годовой экономии на эксплуатационных затратах.

Таблица 4

Оборудование	Годовое потребление/ стоимость	Собственная генерация, холодоснабжение на базе АБХМ	Система центрального энергоснабжения, холодоснабжение на базе ПКХМ (существующая)
Абсорбционная холодильная машина АБХМ № 1 Thermax 2B 4L C	кВт·ч руб.	24572 49144	
Абсорбционная холодильная машина АБХМ № 2 Thermax LT 21 C	кВт·ч руб.	11169 22338	
Открытая испарительная градирня	кВт·ч руб.	192720 385440	
Плата за водопользование (подпитка испарительных градирен) м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год руб.	28895 693477	
Насосное оборудование	кВт·ч руб.	464280 928560	
Парокомпрессионные аммиачные холодильные машины (2хПКХМ общая холодопроизводительность 1800 кВт)	кВт·ч руб.		5212200 18242700
Стоимость электропотребления оборудования системы холодо-снабжения	кВт·ч руб.	692741 1385482	
Стоимость электропотребления оборудования остального комплекса	кВт·ч руб.	14892000 29784000	14892000 52122000
Экономия пара за счет утилизации теплоты выхлопных газов ГПУ	Гкал/год руб.	5576 -8051369	
Итого	руб.	23118113	70364700

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Мировое развитие абсорбционных холодильных технологий и, в частности, опыт производства компанией Thermax серийных низкотемпературных абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин позволяет расширить сферу применения этого оборудования в области производства ледяной воды.

Максимальный экономический эффект от применения подобного оборудования проявляется при комплексном подходе в решении задачи энергообеспечения предприятия и внедрении автономных систем генерации. В этом случае стоимость холода будет минимальной, так как его производство в тепловых холодильных машинах (АБХМ) осуществляется за счет бросовой теплоты вторичных энергоресурсов.

Несмотря на расширение области применения бромистолитиевых АБХМ, традиционными потребителями охлажденной воды по-прежнему остаются системы кондиционирования воздуха и охлаждения различного технологического оборудования.



**ООО «ЭНЕРГИЯ ХОЛОДА»**  
Экспертные решения  
для холодоснабжения

Тел.: +7 (812) 385-57-73  
E-mail: [info@abxm-thermax.ru](mailto:info@abxm-thermax.ru) Сайт: [www.abxm-thermax.ru](http://www.abxm-thermax.ru)  
Адрес: 195279, Санкт-Петербург, ш. Революции, д. 69 А

