

Б.Т. Маринюк, Д.В. Сусликов, А.Е. Ермолаев

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНОГО ЛЬДА

Поиск новых рабочих веществ для современных парокомпрессионных холодильных машин в настоящее время становится всё более острой проблемой из-за возрастающих экологических требований, предъявляемых к ним. Так, разработка новых экологически безопасных хладагентов связана с большими финансовыми затратами и не всегда может гарантировать успех. Поэтому такие факторы, как экологическая чистота, доступность, термодинамическое совершенство, дешевизна, пожаровзрывобезопасность, создают условия для поиска рабочих веществ природного происхождения, в том числе, воды, диоксида углерода, водных растворов солей и спиртов.



Наиболее простым, дешевым, совершенным по теплофизическим свойствам веществом является вода. Вода обладает высокой скрытой теплотой парообразования и теплоемкостью. Однако рабочий цикл с применением воды в качестве хладагента проходит при давлении ниже атмосферного.

На сегодняшний день водоледяная суспензия и водный лёд находят широкое применение в разных отраслях промышленности, главным образом, в пищевой, в медицине, в производстве химических продуктов и сельском хозяйстве, что связано, прежде всего, с их экологической чистотой и отличными теплофизическими свойствами.

Водный лёд и льдоводяные растворы могут успешно применяться:

- при переработке рыбы и морепродуктов — для их мягкого охлаждения с момента добычи до поступления в продажу;
- в сельском хозяйстве — для охлаждения молока, фруктов и овощей;
- в хлебопекарной промышленности — для охлаждения теста;
- на мясоперерабатывающих предприятиях — для предотвращения нагрева фарша в процессе куттерования;
- в сфере кондиционирования воздуха.

Также свою нишу шугообразный лёд нашёл в строительном деле при производстве бетона, в химической промышленности для отвода тепла в реакторах. Применение водолеяных суспензий в холодильной технике существенно сокращает габариты теплообменного оборудования, более интенсивно протекают процессы теплообмена.

Таким образом, разработка и создание льдогенераторных установок для производства водолеяной суспензии и пластинчатых массивов водного льда является перспективным направлением.

Процесс получения водолеяной суспензии классическим способом является сложным с разных точек зрения. При этом необходимо применять двухконтурную систему, в состав которой входит фреоновая холодильная установка с дорогостоящей теплообменной аппаратурой. Затем замороженный лёд необходимо удалять с теплообменной поверхности, осуществлять мелкое дробление, смешивать с водой и применять различные перемешивающие и перекачивающие устройства для создания однородной водолеяной массы и транспортировать её потребителю. Следует также считаться с существующим риском утечек рабочего вещества, что оказывает пагубное влияние на окружающую среду (разрушение озонового слоя, потепление окружающей среды). Другим методом получения водолеяной пульпы является сочетание водоохлаждающей установки (чиллера) и воздухоохлаждителя с последующим распылением воды в поток холодного воздуха. Оба способа являются дорогостоящими по исполнению и имеют высокий расход энергии на получение продукта - соответственно 0,003 и около 0,004 кВт/кг.

Свою нишу шугообразный лёд нашёл, также, в строительном деле при



производстве бетона, в химической промышленности для отвода тепла в реакторах.

Альтернативой при получении водоледяной пульпы и водного льда является применение вакуумных технологий, реализация которых возможна на вакуумно-испарительных и вакуумно-сублимационных установках, в которых вода является одновременно и хладагентом, и хладоносителем. Это делает установку безупречной с экологической точки зрения. Метод получения водоледяной пульпы на вакуумной установке основан на непрерывном диспергировании воды через форсунки в бак-испаритель, в котором поддерживается давление ниже тройной точки воды. В полете капля охлаждается, и часть её замерзает. Таким образом, в баке-испарителе образуется и накапливается льдоводяная смесь с диаметром гранул, размер которых может составлять до 500 мкм. В дальнейшем шуга легко перекачивается обычными центробежными насосами по трубопроводу на большие расстояния.

Пластинчатые массивы водного льда получают так же, как и мелкодисперсный лед, и особых конструктивных изменений в системе не требуется. Этот метод основан на послойном намораживании пластин водного льда с последующим их смораживанием в единый массив. Вода порциями подаётся в испаритель, где замерзает на предыдущий слой. Затем намороженный массив льда удаляется в льдосборник, где при падении дробится. Основное преимущество данного метода заключается в том, что образование льда идёт практически на поверхности раздела "вода-пар" и термосопротивление тонких слоёв водного льда не оказывает заметного отрицательного влияния на интенсивность его образования. Также имеется возможность получить лёд с оптимальной, с точки зрения расхода энергии, температурой  $-0...-2$  °С, что трудно реализуемо в схемах на основе холодильных компрессоров и хладагентов. Вакуумные установки для получения цилиндрического массива водного льда методом послойного намораживания и последующего смораживания слоёв отличаются простотой конструкции и обслуживания. В ней используется доступный, дешёвый и безопасный хладагент - вода, что обеспечивает снижение эксплуатационных расходов, связанных с утечками, отсутствие необходимости регистрации сосудов в органах технического надзора и особых мер безопасности установки.

Используя вакуумно-испарительные и вакуумно-сублимационные установки в качестве холодоаккумуляторов в ночное время, можно существенно снизить электропотребление в часы пиковых нагрузок. На сегодняшний день проводятся эксперименты по получению ледяной смеси с использованием быстроходных безмасляных насос-компрессоров.

Таким образом, применение вакуумно-испарительных и вакуумно-сублимационных установок для создания охлаждённой воды, водоледяной пульпы, водного льда в данном секторе холодильной техники составляет

определённую конкуренцию существующим методам льдогенерации на основе парокомпрессионных фреоновых холодильных установок.



Вакуумная установка для получения цилиндрического массива водного льда методом послойного намораживания и последующего смораживания

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобков В.А. Производство и применение льда.— М.: "Пищевая промышленность", 1977.— 231 с.
2. Маринюк Б.Т. Вакуумно-испарительные холодильные установки, теплообменники и газификаторы техники низких температур.— М.: "Энергоатомиздат", 2003, 208 с.
3. Фикин К. Мелкокристаллические ледяные суспензии как основа передовых промышленных технологий: состояние и перспективы.— "Холодильный бизнес", 2002.— № 7.