

ванными электродными системами / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский. – Минск : БГАТУ, 2025. – 224 с.

4. Патент BY 12951, МПК H05B 3/60 (2009.01). Электронагреватель токопроводящей жидкой среды, в частности, воды или обрата молока : № а 20080129 : заявлено 06.02.2008 : опубл. 28.02.2010 / Прищепов М.А., Рутковский И.Г.; заявитель: УО «БГАТУ». – 7 с.

УДК 621.574.7

**Токарева А.Н., к.т.н., доцент, Грачева Н.Н., к.т.н., доцент,
Дашковский Н.С., магистрант**
*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
г. Зерноград, Россия*

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ УСТАНОВКИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО СЖАТИЯ

В помещениях холодильных цехов мясоперерабатывающих предприятий необходимо поддерживать различные температурные режимы в зависимости от назначения камер. Для решения этих задач может быть использована двухступенчатая парокомпрессионная установка с тремя температурами кипения холодильного агента.

В установках многоступенчатого сжатия широкое применение получил холодильный агент R22 (хлордифторметан). Однако в соответствии с требованиями Монреальского протокола по защите озонового слоя использование данного рабочего вещества к 2030 году планируется полностью прекратить. В связи с этим возникает вопрос о замене классического холодильного агента на альтернативные рабочие вещества последнего поколения.

На первом этапе исследований были рассмотрено использование холодильных агентов группы гидрофтторуглеродов (ГФУ) и гидрофтторлефинов (ГФО). Выполненные по методике [1] расчеты позволили установить, что применительно к рассматриваемому циклу по термодинамическим свойствам наивысшими параметрами сходства с классическим холодильным агентом R22 обладают холодильные агенты группы гидрофтторлефинов R448A и R449A. Однако отдать предпочтение одному из этих двух холодильных агентов не

представляется возможным. Это связано с тем, что такие показатели, как температура в конце процесса сжатия t , удельная холодопроизводительность q_0 и холодильный коэффициент цикла ε при работе установки на этих двух холодильных агентах незначительно отличаются друг от друга в большую или меньшую сторону. Поэтому было решено повести оценку использования данных холодильных агентов при помощи многокритериального метода, основанного на расчете взвешенного арифметического показателя [2].

Для этого были определены и рассчитаны показатели работы установки при помощи $P-h$ диаграмм холодильных агентов. Расчеты проводились для температур кипения холодильных агентов в камерах замораживания, хранения и охлаждения соответственно $t_{0зам}=-40^{\circ}\text{C}$, $t_{0хр}=-30^{\circ}\text{C}$, $t_{0охл}=-10^{\circ}\text{C}$. В зависимости от полученных величин каждому термодинамическому показателю выставлялся арифметический показатель p_i по предложенной экспертами шкале от 1 до 5 баллов [2].

Весомость каждого термодинамического показателя оценивалась баллами [2], также проставленными экспертами. По мнению специалистов наиболее значимому термодинамическому показателю присваивалось наибольшее количество баллов, наименее значимому – минимальная величина. Затем вычислялся коэффициент весомости по формуле

$$m_i = \frac{K_c}{n \sum_{i=1}^n K_i} \quad (1)$$

где K_c – сумма баллов, данных экспертами тому или иному термодинамическому показателю; n – количество экспертов;

$$\sum_{i=1}^n K_i \quad \text{– общая сумма баллов всех показателей.}$$

Затем рассчитывался взвешенный арифметический показатель

$$A_p = m_i p_i \quad (2)$$

и определялся интегральный показатель

$$I = \frac{A_p}{Ц} \quad (3)$$

где $Ц$ – стоимость 1 кг холодильного агента.

По результатам расчетов, выполненных в среде Microsoft Excel, были построены лепестковые диаграммы интегральных показателей. Затем эти диаграммы были экспортированы в универсальную систему автоматизированного проектирования КОМПАС-График и отмасштабированы (рис.1).

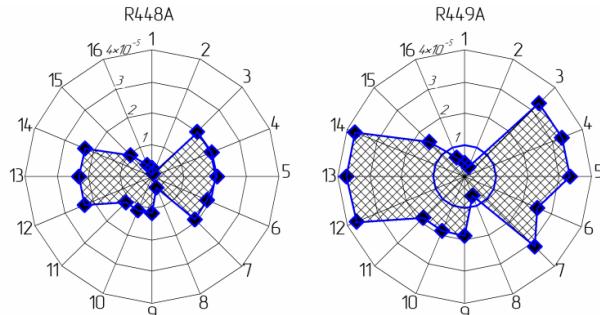


Рисунок 1 – Лепестковые диаграммы интегральных показателей холодильных агентов

Как видно из рисунка 1 интегральные показатели холодильного агента R449A намного лучше тех же показателей у холодильного агента R448A.

Следовательно, для рассматриваемого температурного диапазона работы холодильной установки наиболее эффективным будет использование холодильного агента R449A.

Список использованной литературы

1. Подбор смесевых хладагентов для парокомпрессионных холодильных машин и тепловых насосов / В. А. Воронов, П. Ю. Журлова, Д. Ю. Заболотный, С. С. Шереметьев // Политехнический молодежный журнал. – 2016. – № 3(3). – С. 9.
2. Деменев, А.В. Оценка показателей качества холодильных агентов, используя инфографическое моделирование / А.В. Деменев, А.И. Данилов // Интернет-журнал «Науковедение» – 2013. – №1. – url: <https://naukovedenie.ru/pdf/53tvn113.pdf>