

УДК 621. 565

¹А.А. Вассерман, доктор техн. наук, ²Г.К. Лавренченко, доктор техн. наук, ³А.Г. Слынько, канд. техн. наук

^{1,3}Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029

²Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026
e-mail: ^{1,3}avas@paco.net, ²lavrenchenko.g.k@gmail.com

ORCID: ¹http://orcid.org/0000-0001-8147-8417; ²http://orcid.org/0000-0002-8239-7587;

³http://orcid.org/0000-0002-5310-4335

ОСОБЕННОСТИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИКЛОВ ПАРОКОМПРЕССОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Исследована эффективность идеализированных циклов парокomppressorных холодильных машин с адиабатным либо изотермическим сжатием хладагентов. К ним относятся циклы с адиабатным сжатием пара без регенерации (S-цикл) и с предельной регенерацией (SR-цикл), а также с изотермическим сжатием и предельной регенерацией (T-цикл). Сопоставлены три характеристики циклов: холодильный коэффициент ϵ , удельная объёмная холодопроизводительность q_0 и суммарные эксергетические потери d_{Σ} . Расчёты показали, что наиболее эффективным является T-цикл, но значения q_0 для него и SR-цикла совпадают.

Ключевые слова: Парокomppressorные холодильные машины. Адиабатное и изотермическое сжатие хладагента. Холодильный коэффициент. Удельная объёмная холодопроизводительность. Эксергетические потери.

1. ВВЕДЕНИЕ

Производственные и социальные потребности в холоде непрерывно растут. Холодильное оборудование всё шире применяется в разнообразных промышленных процессах, в комфортном и технологическом кондиционировании, для обеспечения функционирования холодильной продовольственной цепи, а именно, для организации перевозок и длительного хранения скоропортящихся грузов.

Для этих целей чаще всего используют парокomppressorные холодильные машины (ПХМ), реализующие обратные термодинамические циклы при наличии, как правило, двух источников теплоты с температурами охлаждения T_x и окружающей среды T_{∞} . Если эти температуры не изменяются в процессах теплообмена с рабочим телом, то в качестве образцового цикла для оценки эффективности ПХМ принимается обратимый обратный цикл Карно.

С целью проведения углубленного термодинамического анализа ПХМ, например, при наращивании потерь от необратимости, следует между циклом Карно и циклом действительной холодильной машины расположить её идеализированный цикл, имеющий по сравнению с указанными двумя циклами промежуточное значение термодинамической эффективности [1].

Рассмотрению характеристик и особенностей трёх идеализированных циклов ПХМ посвящается настоящая статья.

2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИКЛОВ

Обычно в идеализированном цикле ПХМ процесс сжатия поступающего в компрессор насыщенного пара принимается адиабатным (рис. 1)*.

На основе такого цикла, который обозначим как S-цикл, удобно исследовать влияние на показатели его эффективности потерь от внутренней и внешней необратимости процессов, образующих цикл [2], или, по-другому, собственных и технических потерь [3]. Также можно изучать целесообразность применения в цикле регенеративного теплообмена между жидкостью и паром для различных хладагентов [4].

Анализируемому циклу свойственна потеря от внешней необратимости, обусловленная отводом теплоты от сжатого хладагента при конечной разности температур в процессе 2-3 (рис. 1). Потеря увеличивается при включении в цикл с адиабатным сжатием регенеративного теплообмена (см. на рис. 1 процессы 4-5 и 1-1'). Этот цикл будем для краткости именовать SR-цикл.

Для устранения указанного недостатка цикла 1-1'-2'-3-4-5-5'-1 в [5] предложено после предельной регенерации, при которой пар перед всасыванием в компрессор перегревается до температуры конденсации, сжимать его изотермически от давления кипения до давления конденсации. Позже в работе [6] было показано, что применение в холодильной машине изо-

*Работа идеализированного цикла с процессом адиабатного сжатия 1-2 эквивалентна площади 1-2-3-4-0-1 (см.рис. 1).