

Термодинамический анализ холодильной установки маслосырбазы «Астраханская»

ГУИДИ Т. КЛОТИЛЬДЕ, д-р техн. наук Л.В.ГАЛИМОВА
Астраханский государственный технический университет,
В.Ф.ПЕШЕВ
маслосырбаза «Астраханская»

The work presents the results of analysis of industrial refrigerating plant carried out with the use of exergetic method. In the selected time interval (July 2007) the analysis of records in the daily operation log of the refrigerating plant has been carried out; the main readings are chosen and with the help of an earlier developed program a numerical experiment has been carried out. The results of the investigations are given in the form of plots of exergetic indices of operation of each element and of the refrigerating plant as a whole. Their quality analysis is presented.

Для решения проблем энергосбережения необходим анализ работы технических систем, потребляющих и преобразующих энергию. Задача эксергетического анализа – оценка степени термодинамического совершенства технической системы в целом, а также выявление тех стадий технического процесса, где сосредоточены основные потери эксергии (потенциальной работоспособности системы).

Эксергетический анализ любого исследуемого объекта дает после соответствующей обработки информацию, показывающую скрытые в энергетическом балансе характеристики, необходимые для исследования и совершенствования объекта [2].

В термодинамике известны приложения эксергетического метода к системам выработки электроэнергии и тепла. Так, в работе [1] приведены результаты анализа термодинамической эффективности теплофикации и сделаны выводы, что экономия топлива от теплофикации определяется только разностью между величинами эксергетических КПД всей энергосистемы при раздельной и комбинированной выработке энергии.

Оценка энергоэффективности агрегатов эксплуатируемой и модернизируемой холодильной установки может быть осуществлена на основе определения обобщенного показателя энергетической эффективности (эксергетического КПД), значение которого определяет степень приближения установки к идеальной.

Существует мнение [2], что при выборе процесса определяются 40 % потерь, при проектировании – еще 40 %; таким образом, примерно на 80 % потерь на этапе производства воздействовать уже невозможно. Для стадии эксплуатации часто достаточно качественных эксергетических оценок.

Целью данной работы является анализ одноступенчатой промышленной аммиачной холодильной установки, предназначенной для низкотемпературного хранения продукции молочного производства на одном из старейших предприятий пищевой промышленности г. Астрахани – маслосырбазе «Астраханская». В холодильнике имеются камеры как непосредственного, так и рассольного охлаждения.

Аммиачная холодильная установка обеспечивает расчетные температуры воздуха в охлаждаемых помещениях -5 и 0°C при одной и той же температуре кипения хладагента $t_0 = -15^\circ\text{C}$. Схема подачи хладагента – под действием гидростатического давления столба жидкого хладагента.

В состав установки входят: три компрессора АУ-200; три конденсатора 125КВ, охлаждаемые водой из оборотной системы водоснабжения; один линейный ресивер 1,5РД; один дренажный ресивер 5РД; три отделителя жидкости ОЖ150; два рассольных испарителя открытого типа. В камерах установлены пристенные коллекторные батареи. Кроме названного оборудования в состав холодильной установки входят четыре насоса подачи воды, три насоса для рассола К-45/30, один маслоотделитель 1250ММ, один маслосборник СМ300 и другое вспомогательное оборудование.

Для достижения поставленной цели были использованы результаты эксергетического анализа лабораторной экспериментальной аммиачной холодильной машины кафедры холодильных машин АГТУ. В ходе работы необходимо было решить следующие задачи [3]:

- снять параметры действующей холодильной машины;
- разработать комплексную методику теплового и эк-

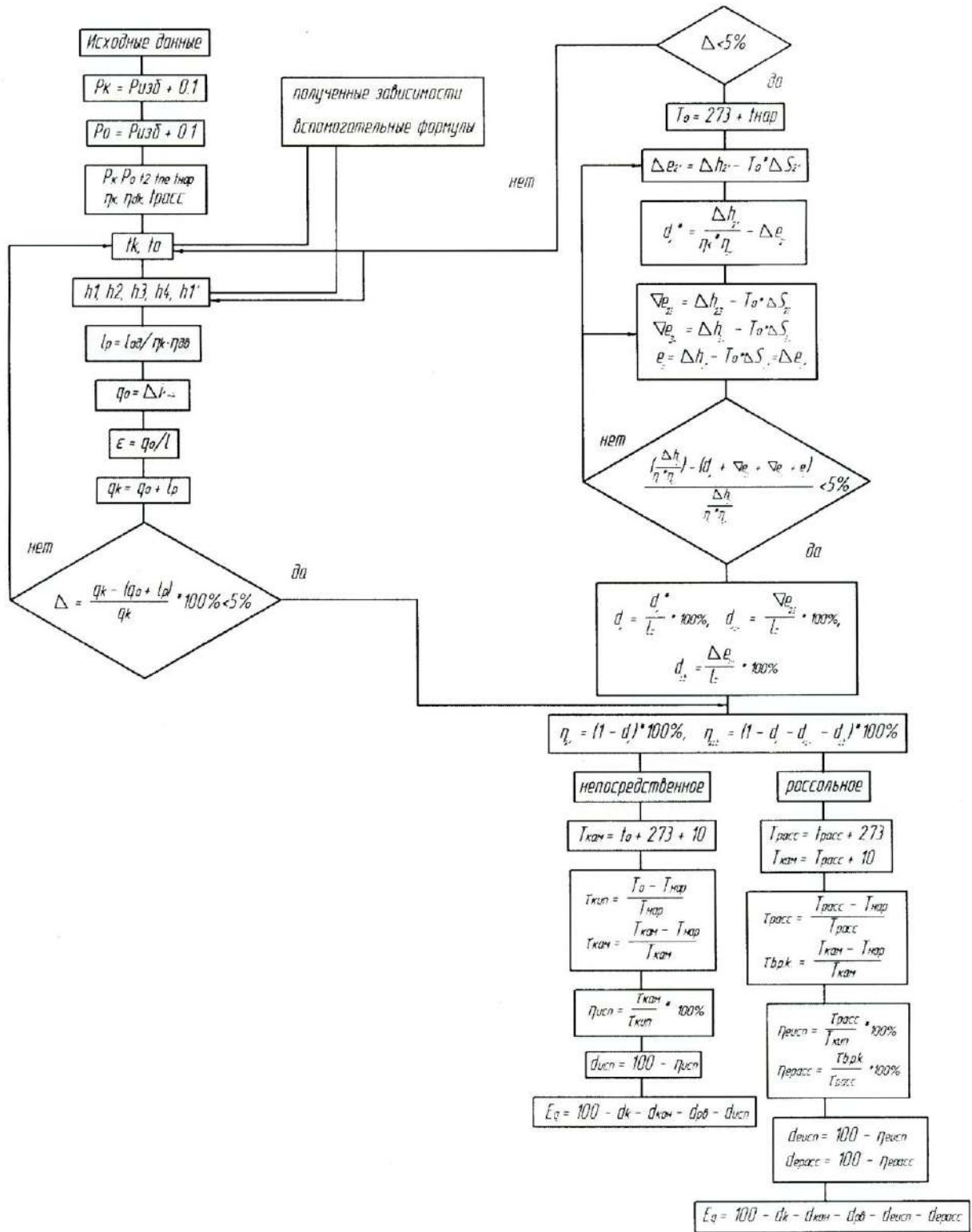


Рис. 1. Блок-схема программы

энергетического расчетов элементов холодильной машины в целом и в соответствии с ней определить показатели энергетической эффективности системы;

- разработать блок-схему и программный код теплового и эксергетического расчетов для определения показателей энергетической эффективности системы в изменяемых рабочих режимах;
- выполнить численный эксперимент и подтвердить адекватность программного кода;
- построить диаграммы потоков и потерь эксергии по элементам схемы;
- построить зависимости изменения эксергетических потерь в элементах схемы от рабочих параметров;
- произвести анализ полученных зависимостей и выдать качественные эксергетические оценки.

При анализе рабочих параметров промышленной холодильной установки определено, что в состав измеряемых параметров не входят: температура воды на входе и выходе из конденсатора; расход воды; мощность, затрачиваемая на привод компрессоров; температура в камерах рассольного и непосредственного охлаждения; температура окружающей среды.

В связи с этим эксергетический анализ был проведен по удельным показателям. Блок-схема программы расчета промышленной холодильной установки с помощью ПЭВМ представлена на рис. 1.

Параметры режимов были приняты на основании записей в суточном журнале работы компрессорного цеха на маслозаводе «Астраханская» за июль 2007 г., ежедневная среднесуточная температура определена по данным Интернет-сайта www.gismeteo.ru.

В соответствии с блок-схемой разработана программа на языке Visual Basic и проведен численный эксперимент для выбранных рабочих режимов.

Результаты численного эксперимента с использованием

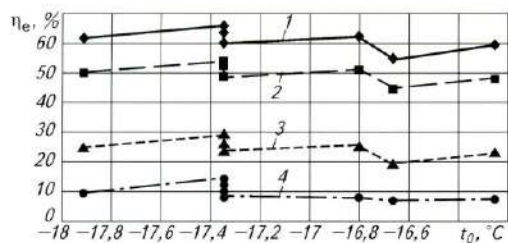


Рис. 2. Изменение эксергетических КПД установок в зависимости от температуры кипения t_0 ;
 1 – эксергетический КПД цикла (расчетный);
 2 – эксергетический КПД цикла (действительный);
 3 – эксергетический КПД системы непосредственного охлаждения; 4 – эксергетический КПД системы рассольного охлаждения

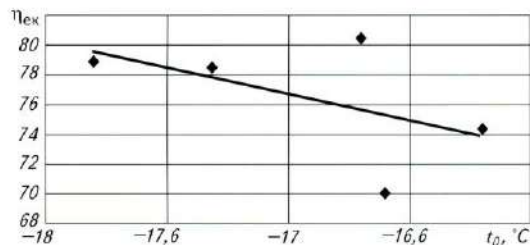


Рис. 3. Зависимость эксергетического КПД компрессора $\eta_{\text{эк}}$ от температуры кипения t_0 (для $t_0 = -17,32^\circ\text{C}$ принято среднее значение)

разработанной программы представлялись в виде интерфейсов.

Интерфейс отражает результаты расчетов по комплексной программе анализа одноступенчатых холодильных установок различного назначения, куда входит и льдогенератор. В связи с тем что на Астраханской маслозаводе льдогенератора нет, данные этой части интерфейса в анализе не участвуют. Результаты исследования представлены в виде графиков основных показателей, характеризующих экономическую эффективность холодильной установки.

На рис. 2 представлены графические зависимости эксергетических КПД цикла холодильной машины, систем непосредственного и рассольного охлаждения. В отличие от соответствующих прямолинейных зависимостей [2] полученные линии имеют ступенчатый вид, что объясняется различными значениями температуры нагнетания при одном и том же значении температуры кипения и различными значениями температуры окружающей среды.

Практическое постоянство значений КПД по температурам кипения характеризует стабильность работы исследуемой системы. Основной же ее особенностью являются низкие значения эксергетических КПД систем непосредственного и рассольного охлаждения. С целью установления причин этого явления был проведен анализ каждого элемента холодильной установки в отдельности: компрессора, конденсатора, регулирующего вентиля, испарителя.

На рис. 3 представлен график зависимости эксерге-

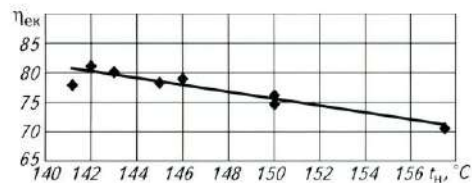


Рис. 4. Зависимость эксергетического КПД компрессора от температуры нагнетания t_n

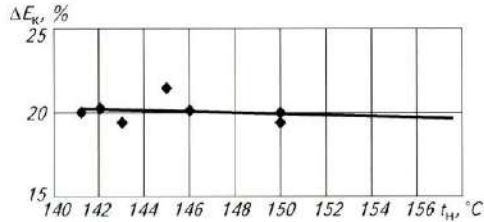


Рис. 5. Зависимость эксергетических потерь в конденсаторе от температуры нагнетания $t_{нв}$

тического КПД компрессора от температуры кипения. Полученные значения эксергетических КПД, оставаясь достаточно высокими, имеют тенденцию к снижению с повышением температуры кипения. Дальнейшим анализом установлено, что причиной этого является отрицательное влияние высокой температуры нагнетания (рис. 4).

Анализ работы конденсатора был проведен по изменению эксергетических потерь в зависимости от температуры нагнетания как фактора, во многом влияющего на его эффективность (рис. 5). Определение эксергетического КПД конденсатора, основанное на тех же принципах, что и оценка других теплообменников, не имеет физического смысла, так как он предназначен не для передачи эксергии от одного потока другому, а служит для отвода из системы в окружающую среду теплоты, эксергии которой близка к нулю.

Среднее значение эксергетических потерь в вертикальном кожухотрубном конденсаторе составляет 20 %. Теплообменная поверхность конденсатора покрыта слоем водяного камня. Для возможного снижения эксергетических потерь необходима его очистка.

Эффективность регулирующего вентиля оценивалась в сравнении с данными, приведенными в [2] для рабочего интервала отношения давлений нагнетания и всасывания π . Как видно из рис. 6, значения эксергетических КПД практически совпадают.

Для оценки работы испарительной системы был проведен анализ работы рассольного испарителя. На рис. 7 приведена зависимость эксергетического КПД испарителя от средней разности температур кипения и рассола (температурного напора θ).

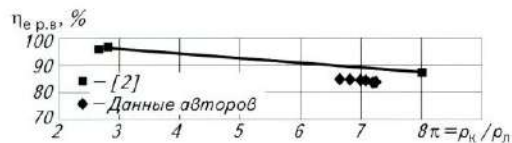


Рис. 6. Зависимость эксергетического КПД регулирующего вентиля от степени сжатия π

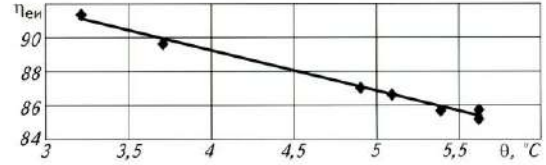


Рис. 7. Зависимость эксергетического КПД рассольного испарителя от температурного напора

При повышении температурного напора наблюдается снижение КПД. Среднее значение КПД при изменении температурного напора в интервале 3...6 °C составляет 87%, что говорит о достаточно эффективной работе рассольного испарителя [4].

Значительное снижение эксергетического КПД происходит в охлаждаемых камерах. Так, в камерах непосредственного охлаждения среднее значение эксергетического КПД составляет 24,6 %, а в рассольных камерах — 9 %.

Результаты проведенного анализа позволили сделать следующие выводы:

✓ Оборудование компрессорного цеха холодильника работает достаточно эффективно, поддерживая температуру кипения в среднем -17°C . Эксергетический КПД цикла составляет в среднем 50 %.

✓ Работа с повышенной температурой нагнетания снижает эксергетический КПД компрессора. Выбор подобного режима обоснован сравнением затрат на городскую охлаждающую воду и электроэнергию в сторону предпочтения уменьшения последних.

✓ Снижение значений эксергетических КПД в охлаждаемых камерах объясняется повышенной разностью температур охлаждаемой и охлаждающей среды, являющейся следствием плохого состояния изоляции ограждений и больших потерь при транспортировке холодильного агента и рассола.

Список литературы

1. Андриященко А.И., Хлебалин Ю.Н. Термодинамическая эффективность теплофикации // Известия вузов. Энергетика. 1987. № 4.
2. Бродянский В.М., Фратшер В.Ф., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Галимова Л.В., Камнев А.А., Лазаренко О.О., Гуди Т. Клотильде. Моделирование и эксергетический анализ одноступенчатой аммиачной экспериментальной холодильной машины // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 2.
4. Холодильные машины: Учеб./Под. ред. Л.С. Тимофеевского. — СПб.: Политехника, 2006.