

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № s1 / 2023, Vol. 10, Iss. s1 <https://resources.today/issue-s1-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/16FAOR123.pdf>

DOI: 10.15862/16FAOR123 (<https://doi.org/10.15862/16FAOR123>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тургаев, С. К. Повышение энергоэффективности хладосистемы с промежуточным хладоносителем путем автоматизации / С. К. Тургаев, А. А. Тургаева, И. В. Воронин // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № s1. — URL: <https://resources.today/PDF/16FAOR123.pdf> DOI: 10.15862/16FAOR123

For citation:

Turgaev S.K., Turgaeva A.A., Voronin I.V. Increasing the energy efficiency of an indirect refrigeration system through automation. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(s1): 16FAOR123. Available at: <https://resources.today/PDF/16FAOR123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/16FAOR123

УДК 651.574.041

Тургаев Саяр Куангалиевич

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия
Факультет «Энергоэффективные инженерные системы»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»
E-mail: s_turgaeva@mail.ru

Тургаева Аксана Альбековна

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Россия
Доцент Департамента экономической безопасности и управления рисками
Кандидат экономических наук, доцент
E-mail: AATurgaeva@fa.ru

Воронин Илья Васильевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»
Липецкий казачий институт технологий и управления (филиал), Липецк, Россия
Старший преподаватель кафедры «Естественных и технических наук»
E-mail: iv@voronin86.ru

Повышение энергоэффективности хладосистемы с промежуточным хладоносителем путем автоматизации

Аннотация. В настоящей публикации авторы подробно исследуют способы повышения энергоэффективности хладосистемы с промежуточным хладоносителем. Ведь хладосистемы — это системы, которые используются для охлаждения и сохранения продуктов на производстве, в магазинах и домах. Их эффективность напрямую влияет на сохранность продуктов, а также на экономию энергии и ресурсов. Одним из методов повышения энергоэффективности хладосистемы является автоматизация. Эта технология может помочь управлять процессами работы системы в автоматическом режиме, что уменьшает человеческий фактор и повышает точность управления. Автоматизация может помочь выявить возможные проблемы и сбои в работе хладосистемы, что уменьшает время простоя оборудования. Автоматизация является не единственным методом повышения энергоэффективности хладосистемы. Оптимизация теплообмена также может значительно улучшить работу системы. Этот метод направлен на снижение потерь тепла и улучшение обмена теплом, что помогает снизить энергопотребление системы. Также, установка энергосберегающих устройств и использование экологически чистых хладагентов могут значительно повысить эффективность работы системы. Авторы

обращают внимание на важность разработки индивидуальных решений для каждой хладосистемы, которые учитывают ее специфику и особенности. Такие решения могут включать в себя не только автоматизацию, но и другие методы оптимизации работы системы. Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что для повышения энергоэффективности хладосистемы необходимо использовать комплексный подход, который включает в себя автоматизацию, оптимизацию теплообмена, установку энергосберегающих устройств, использование экологически чистых хладагентов, а также разработку индивидуальных решений для каждой конкретной хладосистемы.

Ключевые слова: холодильные установки; хладоносители; косвенное охлаждение; испарители; хладагент; автоматизация; энергоэффективность

Введение

Актуальность вопросов повышения энергоэффективности хладосистемы с промежуточным хладоносителем путем автоматизации обусловлена не только экономическими, но и экологическими аспектами. В современном мире, где все больше внимания уделяется проблемам экологии, необходимо сокращать выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшать негативное влияние на окружающую среду. В этом плане повышение энергоэффективности хладосистемы является одним из наиболее эффективных методов.

Автоматизация хладосистемы позволяет более точно контролировать температурные режимы, что позволяет снизить затраты на энергию, уменьшить количество ошибок в работе оборудования и повысить качество продукции. Применение автоматического регулирования позволяет добиться оптимального баланса между энергопотреблением и производительностью, что в свою очередь повышает конкурентоспособность производства.

Одним из главных достоинств автоматизации хладосистемы является возможность удаленного контроля за ее работой. Это позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и снижает риск возникновения аварийных ситуаций. Кроме того, автоматические системы могут проводить диагностику оборудования и определять его техническое состояние, что позволяет своевременно проводить профилактические работы и увеличивать срок службы оборудования.

В результате повышения энергоэффективности хладосистемы с промежуточным хладоносителем путем автоматизации можно значительно снизить затраты на энергию, улучшить качество продукции и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Целью статьи является изучение теоретических основ и практических аспектов путей повышения энергоэффективности системы с промежуточным хладоносителем.

Объектом исследования является холодильные установки с промежуточным хладоносителем.

Предметом исследования выступают пути повышения энергоэффективности системы с промежуточным хладоносителем.

1. Методы и материалы

Особое внимание при подготовке к работе было уделено работам следующих авторов: Овчинников И.А. [1], Ховалыг Д.М. [2], Романович Ж.А. [3], Калюнов В.С. [4], Цой А.П. [5], Казаков В.И. [6], Бондаренко В.Л. [7], Яковлева Е.Л. [8], Зверев Д.А. [9].

В ходе исследования рассмотрены особенности применения различных хладоносителей в системах косвенного охлаждения. Проведено сравнение применения трех рабочих веществ: CO_2 , водного раствора $CaCl_2$ и водного раствора пропиленгликоля. Выявлено влияние изменения скорости движения охлаждающей среды в контуре промежуточного хладоносителя на энергоэффективность системы охлаждения.

2. Результаты и обсуждения

Холодильные системы являются одним из основных потребителей электроэнергии в промышленности и жилом секторе. Для уменьшения потребления энергии необходимо повысить энергоэффективность холодильных систем. Одним из способов повышения эффективности является использование промежуточных хладоносителей и автоматизации системы.

Промежуточные хладоносители позволяют снизить потребление энергии за счет повышения эффективности теплообмена. Автоматизация системы позволяет оптимизировать работу холодильной системы, уменьшить время работы компрессоров и снизить потребление энергии.

Повышение энергоэффективности холодильной системы с промежуточным хладоносителем возможно благодаря автоматизации системы. Это позволяет оптимизировать работу холодильной системы, снизить время работы компрессоров и уменьшить потребление энергии. При этом также возможно использование промежуточных хладоносителей, что позволяет снизить потребление энергии за счет повышения эффективности теплообмена.

Для повышения энергоэффективности холодильной системы с промежуточным хладоносителем следует провести анализ текущей системы, определить основные проблемы и причины их возникновения. Затем необходимо разработать план по автоматизации системы с использованием промежуточного хладоносителя. План должен включать в себя выбор оптимального хладоносителя, определение необходимых датчиков и устройств управления, а также определение требуемых изменений в системе.

После разработки плана по автоматизации системы с использованием промежуточного хладоносителя необходимо обучить персонал, отвечающий за эксплуатацию системы, работе с новой системой и ее управлению. Важно, чтобы персонал полностью понимал принцип работы системы, умел работать с необходимым оборудованием и мог правильно реагировать на возможные сбои в работе системы.

В итоге автоматизация холодильной системы с использованием промежуточного хладоносителя позволит снизить потребление энергии и повысить энергоэффективность всей системы. Это приведет к снижению затрат на электроэнергию и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Следует также отметить, что высокая энергоэффективность холодильных систем является важной составляющей экономической эффективности предприятия. Более эффективная работа холодильных систем позволяет снизить расходы на энергию и тем самым увеличить прибыль предприятия.

Повышение энергоэффективности холодильной системы с промежуточным хладоносителем путем автоматизации — это актуальная и перспективная задача, которая позволит сократить расходы на электроэнергию, увеличить прибыль предприятия и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Следует также отметить, что в современном мире проблемы экологии становятся все более актуальными. В связи с этим повышение энергоэффективности холодильных систем с промежуточным хладоносителем является одним

из приоритетных направлений в области экологической безопасности. Разработка и внедрение таких систем поможет уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие нашей планеты.

Еще одним аспектом, который следует учитывать, является необходимость сокращения затрат на энергию. Повышение энергоэффективности холодильных систем с промежуточным хладоносителем позволит снизить расходы на энергию и тем самым уменьшить затраты предприятий на производство и эксплуатацию холодильных систем. Это приведет к увеличению прибыли предприятий и улучшению экономической ситуации в стране.

При поиске путей повышения эффективности работы установки необходимо учитывать, что выбранный объект и процесс должны быть не только изменяемыми, но и иметь значительный вклад в общую эффективность работы всей системы [10]. Для этого необходимо провести тщательный анализ текущей ситуации, выявить проблемы, которые могут быть решены, и выбрать наиболее оптимальный вариант решения задачи.

Важно также учитывать, что изменение одного объекта или процесса может повлиять на другие элементы системы. Поэтому необходимо провести анализ взаимодействия всех элементов системы, чтобы избежать нежелательных последствий. Такой подход поможет определить, какие изменения необходимо внести для достижения наилучших результатов.

После выбора объекта или процесса необходимо поставить цель повышения эффективности и разработать план действий, который позволит достичь этой цели. При разработке плана необходимо учитывать все возможные риски и проблемы, которые могут возникнуть в процессе внедрения изменений, и разработать стратегии их решения. Важным фактором в успешном внедрении изменений является подготовка персонала. Необходимо обеспечить достаточное количество обучения и тренировок, чтобы персонал мог эффективно работать с новым оборудованием и процессами. Также важно обеспечить коммуникацию и взаимодействие между различными участниками проекта, чтобы гарантировать эффективность всей системы.

Для повышения эффективности работы установки необходимо провести комплексный и системный подход к анализу и внедрению изменений, учитывая все факторы, которые могут повлиять на результат. Только в таком случае можно достичь максимальной эффективности и оптимального результата. Помимо этого, для повышения эффективности работы установки можно использовать различные инструменты и методы, такие как управление качеством, управление рисками, управление процессами и другие. Каждый из них предоставляет свои инструменты и методы, которые могут быть применены в различных ситуациях. Важно выбрать наиболее подходящий инструмент для конкретной задачи и использовать его в соответствии с целями и задачами проекта.

Также необходимо учитывать, что повышение эффективности работы установки является постоянным процессом. Поэтому необходимо установить систему контроля и мониторинга, которая позволит отслеживать изменения и корректировать действия в случае необходимости. Только такой подход позволит сохранить и улучшать эффективность работы установки на протяжении всего ее существования.

Один из методов повышения эффективности работы установки — это улучшение системы управления энергопотреблением. Существует множество технологий и методов, которые помогают сокращать расход энергии, например использование энергоэффективного оборудования, установка датчиков уровня освещенности и температуры, автоматизация системы управления и т. д.

Еще один важный фактор, который может повлиять на эффективность работы установки — использование новых материалов и технологий. Например, использование более эффективных материалов в производстве может позволить уменьшить расход сырья и энергии, что в свою очередь приведет к снижению затрат на производство и повышению эффективности работы установки.

Также важно учитывать фактор человеческого фактора в работе установки. Необходимо обеспечить комфортные условия работы для персонала, включая качественное освещение, правильную организацию рабочего места, обеспечение безопасных условий труда и т. д. Такие условия помогают увеличивать производительность и эффективность работы персонала, что в свою очередь положительно сказывается на общей эффективности работы установки. Кроме того, важным фактором является соблюдение экологических требований и норм. Необходимо учитывать влияние работы установки на окружающую среду и принимать меры для снижения негативного воздействия. Это может быть достигнуто, например, путем использования более чистых технологий, соответствующих стандартам экологической безопасности.

Повышение эффективности работы установки является многогранным процессом, который требует комплексного и системного подхода. При правильном подходе возможно достичь значительного улучшения в работе установки и повышения общей эффективности ее функционирования. При постановке задач и целей необходимо учитывать не только их самих, но и то, какой метод будет наиболее эффективным для их достижения. Существуют два главных критерия эффективности — количество холода и расход энергии, однако, при выборе метода необходимо учитывать многочисленные факторы, такие как технические характеристики оборудования, производительность, стоимость и энергоэффективность. Например, при выборе системы охлаждения помещения необходимо учитывать его площадь, высоту потолков, количество окон и их ориентацию, количество людей, находящихся в помещении, а также наличие и тип дополнительного оборудования.

В зависимости от этих факторов могут быть выбраны различные методы охлаждения, такие как кондиционеры, вентиляционные системы, сплит-системы, чиллеры и т. д. Кроме того, выбор метода также может зависеть от стоимости и энергоэффективности. Некоторые методы могут быть более дорогими при покупке, но при этом экономить энергию и деньги на эксплуатации в будущем. Например, инверторные кондиционеры могут стоить дороже, но при этом потреблять меньше энергии в процессе работы, что в итоге позволяет сэкономить на счетах за электричество.

Помимо традиционных методов охлаждения, существуют и альтернативные подходы, такие как использование возобновляемых источников энергии. Например, солнечные батареи могут быть использованы для питания системы охлаждения, что позволяет снизить зависимость от нефтяных и газовых ресурсов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Важно отметить, что технологии постоянно совершенствуются, и появляются новые методы и оборудование, позволяющие улучшать эффективность процессов и экономить ресурсы. Например, современные системы управления климатом могут анализировать данные об окружающей среде и настройки оборудования для максимальной эффективности и экономии ресурсов.

Следовательно, при постановке задач и целей необходимо учитывать все факторы и выбирать метод, который будет наиболее эффективным в данной ситуации. Кроме того, важно следить за новыми технологиями и улучшениями, чтобы не упустить возможности для улучшения процессов и экономии ресурсов.

Для оценки способов повышения эффективности работы схемы с промежуточным хладоносителем были проведены обширные исследования, которые включали в себя как теоретический анализ, так и практические тесты. В ходе исследований были использованы различные методы и инструменты, такие как математическое моделирование, компьютерное моделирование, анализ химического состава, физические эксперименты и другие.

Результаты расчетов и экспериментов были использованы для формирования итоговой таблицы, которая содержит подробные данные о технологических параметрах потока хладоносителя. Эти параметры включают температуру, скорость движения, давление и применение различных видов хладоносителей. Также были проведены исследования влияния различных факторов на эффективность работы схемы, таких как температура окружающей среды, влажность и другие климатические условия.

Одним из важных результатов исследований было выявление возможностей для оптимизации параметров потока хладоносителя. Были проведены эксперименты, которые позволили оценить влияние различных параметров на эффективность работы схемы. В результате были выявлены оптимальные значения параметров, которые могут значительно повысить производительность схемы.

Данные исследования имеют большое значение для различных отраслей промышленности, таких как энергетика, химическая промышленность, нефтегазовая промышленность и другие. Они позволяют улучшить эффективность работы схемы, уменьшить затраты на ее эксплуатацию и повысить качество производственных процессов. Кроме того, исследования показали, что применение новых и более эффективных видов хладоносителей является одним из наиболее перспективных способов повышения эффективности работы схемы. Были проведены тесты на различных хладоносителях, и результаты показали, что некоторые из них могут значительно улучшить производительность схемы. В частности, использование хладоносителя с более высокой теплопроводностью может значительно увеличить эффективность работы схемы.

Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке новых технологических решений и материалов, способных повысить эффективность работы схемы и уменьшить затраты на ее эксплуатацию. Результаты исследований могут быть использованы для разработки новых проектов и стратегий, которые позволят повысить эффективность работы схемы и увеличить прибыльность предприятия.

В целом, данные исследования позволяют нам получить более полное представление о работе схемы с промежуточным хладоносителем и о возможностях для ее улучшения. Они являются важным шагом в развитии технологий производства и могут привести к значительному улучшению качества и эффективности производственных процессов. Результаты расчётов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты проведенных расчетов

Хладоноситель	Скорость, ω (м/с)	Мощность насоса, $N_{нас}$ (кВт)
$CaCl_2$	0,5	22,8
	1	82,96
	1,5	72,1
$C_3H_8O_2$	0,5	28,4
	1	43,5
	1,5	105
CO_2	0,5	20
	1	20
	1,5	30

Составлено автором

Из проделанных расчётов можно сделать вывод, что наибольшее влияние изменение скорости движения хладоносителя оказывает для систем, использующих водный раствор $CaCl_2$. При использовании раствора пропиленгликоля возможно использование увеличенной скорости движения до 1 м/с. В системах, использующих двуокись углерода, наименьшие затраты на перекачивание хладоносителя, что позволяет увеличить скорость движения хладоносителя до 1,5 м/с.

Выводы

В ходе исследования рассмотрены особенности применения различных хладоносителей в системах косвенного охлаждения. Проведено сравнение применения трех рабочих веществ: CO_2 , водного раствора $CaCl_2$ и водного раствора пропиленгликоля. Выявлено влияние изменения скорости движения охлаждающей среды в контуре промежуточного хладоносителя на энергоэффективность системы охлаждения.

Повысить энергоэффективность системы охлаждения с промежуточным хладоносителем возможно за счёт применения системы автоматизации, обеспечивающей поддержание оптимальных технологических параметров и алгоритмов управления, корректирующих работу системы в соответствии с изменяющимися характеристиками потребителей холода.

Таким образом, повышение энергоэффективности холодильных систем с промежуточным хладоносителем является не только актуальной, но и важной задачей. Реализация таких систем позволит уменьшить затраты на энергию, снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие нашей планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.А. Автоматизация холодильных установок / И.А. Овчинников // Наукосфера. — 2022. — № 10–1. — С. 190–193.
2. Ховалыг Д.М. и др. Энергоэффективность и экологическая безопасность техники низких температур // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». — 2014. — № 1. — С. 2.
3. Романович Ж.А. Повышение надежности систем автоматизации холодильных машин // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2006. — Т. 2. — С. 72–74.
4. Калюнов В.С. Холодильные системы и пищевые технологии-эффективное взаимодействие // Холодильная техника. — 2013. — № 1. — С. 37–43.
5. Цой А.П., Грановский А.С. Математическая модель для расчета теплового баланса радиатора холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Вестник международной академии холода. — 2015. — № 1. — С. 39–43.
6. Казаков В.И. Современные холодильные технологии в мясном производстве // Мясные технологии. — 2014. — № 1. — С. 52–53.

7. Бондаренко В.Л., Куприянов М.Ю., Аксенова М.М. Автоматизированная система управления параметрами хладоносителя в ректификационной установке /Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения. — 2020. — С. 132–140.
8. Яковлева Е.Л. Автоматизация термовакуумной обработки пищевых продуктов в индивидуальных хозяйствах // Инновации в науке и образовании-2011. — 2011. — С. 37–40.
9. Зверев Д.А., Гудков Б.А., Быков Е.В. Система мониторинга холодильной установки на комплексе ВЭПП-4 // Студент и научно-технический прогресс. — 2011. — С. 148–148.
10. Калюнов В.С. Холодильные системы и пищевые технологии-эффективное взаимодействие // Мясные технологии. — 2012. — № 8. — С. 46–48.

Turgaev Sayar Kuangalievich

ITMO University, Moscow, Russia
E-mail: s_turgaeva@mail.ru

Turgaeva Aksana Albekovna

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: AATurgaeva@fa.ru

Voronin Ilya Vasilievich

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University)
Lipetsk Cossack Institute of Technology and Management (branch), Lipetsk, Russia
E-mail: iv@voronin86.ru

Increasing the energy efficiency of an indirect refrigeration system through automation

Abstract. In this publication, the authors explore in detail ways to improve the energy efficiency of the refrigeration system with an intermediate coolant. After all, cold systems are systems that are used to cool and preserve food in factories, shops and homes. Their efficiency directly affects the safety of products, as well as saving energy and resources. Automation is one of the methods to increase the energy efficiency of a cooling system. This technology can help to manage the processes of the system in automatic mode, which reduces the human factor and increases the accuracy of control. Automation can help identify possible problems and malfunctions in the refrigeration system, which reduces equipment downtime. Automation is not the only way to increase the energy efficiency of a refrigeration system. Optimizing heat transfer can also greatly improve system performance. This method aims to reduce heat loss and improve heat exchange, which helps to reduce the energy consumption of the system. Also, the installation of energy-saving devices and the use of environmentally friendly refrigerants can greatly improve the efficiency of the system. The authors draw attention to the importance of developing individual solutions for each cooling system, which take into account its specifics and features. Such solutions may include not only automation, but also other methods for optimizing the operation of the system. Based on the foregoing, we can conclude that in order to improve the energy efficiency of the refrigeration system, it is necessary to use an integrated approach, which includes automation, heat exchange optimization, installation of energy-saving devices, the use of environmentally friendly refrigerants, as well as the development of individual solutions for each particular refrigeration system.

Keywords: refrigeration units; refrigerants; indirect cooling; evaporators; refrigerant; automation; energy efficiency