

Оценка энергоэффективности холодильных камер

Капустинская В.Ю., Чухар М.И.

Научный руководитель: Климович С.В.

Белорусский национальный технический университет

Важными факторами, влияющими на эффективность работы промышленного холодильного оборудования, являются его энергоэффективность, экономичность и экологичность, которые тесно связаны друг с другом. Путем совершенствования холодильных систем по этим направлениям предприятия способны существенно улучшить свои конкурентные показатели.

Оценка энергоэффективности холодильной системы по основному признаку, т.е. снижению энергозатрат, проводится либо методом эмпирических зависимостей (например, путем сравнения реальных холодильных коэффициентов), либо с привлечением сторонних экспертов.

Для достижения энергоэффективности проектируемых или действующих холодильных установок необходимо обязательное проведение следующих мероприятий:

- экспертная оценка подбираемого оборудования и его компоновки для обеспечения оптимальности соотношения холодопроизводительности энергозатратности;

- энергоаудит оборудования на действующих производствах по результатам анализа как минимум годовой эксплуатации холодильных машин с учетом условий их использования и сезонных колебаний энергопотребления.

Достижению энергоэффективности промышленных холодильных установок способствует проведение мероприятий:

- применение сальниковых компрессоров взамен полугерметичных;
- замена устаревшего оборудования современными холодильными машинами, подобранными исходя из величины эксплуатационных издержек минимум в течение года (лучше всего срока) работы;
- использование частотных вариаторов вращения роторов компрессоров;
- применение более дешевых природных хладагентов вместо дорогих синтетических фреонов;
- использование преимуществ географического местоположения: для расположенных на юге предприятий – применение испарительных конденсаторов для понижения температуры конденсации хладагента, для

предприятий северного региона – использование систем фрикулинга с сухими охладителями для охлаждения промежуточного хладоносителя;

применение рекуперации в холодильных системах: использование теплоты конденсации хладагента для оттайки воздухоохладителей, подогрева грунта под низкотемпературными складами, а также нагревания воды для технических нужд или отопления административных помещений;

оснащение каждой конкретной холодильной установки или холодильного комплекса собственной системой автоматизации, тщательно подобранной для достижения оптимальных параметров работы;

внедрение инновационных технологических процессов и техники (тепловых насосов, абсорбционных машин, природных геотермальных источников и прочее).

Для примера можно рассмотреть работы, проведенные на системе холодоснабжения мясоперерабатывающих предприятий

Проведённые обследования условий работы предприятий показали, что наибольшим потенциалом энергосбережения обладают холодильные камеры, структурно они подразделяются по виду продукции и эксплуатационным режимам (охлаждение и замораживание с последующим краткосрочным хранением).

Интегральным показателем энергоэффективности камер является потребление холода в единицу времени на 1 тонну продукции. Потребление электроэнергии на выработку холода при этом зависит от температурных режимов в камерах. При этом в соответствии с известными термодинамическими характеристиками холодильных машин, с понижением температуры в камерах удельные расходы электроэнергии на выработку холода возрастают. Однако этот очевидный фактор изменения энергоёмкости выработки холода следует учитывать только при существенных колебаниях температуры в камерах определенного целевого назначения.

Для реальных производственных условий исходной энергоэкономического анализа работы холодильных камер является её тепловой баланс. Баланс теплопритоков камер могут быть получены тремя способами: расчетным, опытным и опытно-аналитическим.

Расчетный способ применяется при проектировании камер и основывается на заданных номинальных объемах поступающей или хранящейся продукции, ее регламентных температурных параметрах и нормативных теплофизических характеристиках ограждающих конструкций. На основании этих данных составляется тепловой баланс, по своей структуре для данного режима холодильной обработки являющийся оптимальным.

Однако в процессе эксплуатации камер исходные данные для составления теплового баланса подвержены значительным изменениям. Существенным колебаниям подвержены загрузка камер, температура поступающей в камеры продукции, температура воздуха в камере, температура наружного воздуха и, в меньшей степени, теплофизические характеристики материалов ограждающих конструкций. Хотя такой параметр, как коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя, по известным результатам эксплуатационных испытаний, имеет устойчивую тенденцию роста даже при жестком соблюдении правил технической эксплуатации ограждающих конструкций.

Опытный способ составления теплового баланса камер предполагает проведение полных теплотехнических испытаний. Его применение обосновано при проведении комплексных энергетических обследований предприятия, что представляет собой довольно трудоемкое и дорогостоящее мероприятие.

связи с этим для составления теплового баланса холодильных камер наиболее целесообразным является опытно-аналитический способ, позволяющий проводить энергоэкономический мониторинг показателей их работы в реальных эксплуатационных режимах. Инструментальная база для разработки теплового баланса камер включает в себя данные текущего оперативного производственного учета и результаты локального инструментального энергоаудита.

Журналы учета работы камер должны включать данные о температурах воздуха в камерах, температурах наружного воздуха, графиках загрузки и выгрузки продукции, виде сырья и его температуре. Для этих целей используются штатные приборы теплотехнического контроля с нормативными метрологическими характеристиками и технические средства для контроля качества продукции. Временные интервалы их измерения и регистрации определяются сложившимся режимом работы камер и должны обеспечивать достаточную точность среднеинтегральных значений контролируемых величин.

Для количества сырья она должна быть на уровне погрешностей применяемых технических весов, а для теплотехнических параметров не должна превышать принятой при проведении теплотехнического энергоаудита предельной погрешности, равной 6%. С увеличением числа замеров погрешность оценки исследуемых величин снижается. Практика показывает, что в рабочее время суток эти интервалы целесообразно устанавливать через 2 часа, а в ночное время и нерабочие дни достаточно двух замеров в течение оперативной смены обслуживающего персонала.

Таким образом, организация оперативного учета режимов работы холодильных камер не представляет собой сложности и может быть обеспечена эксплуатационным персоналом предприятий.

Более сложной и менее изученной задачей является проведение инструментального энергоаудита холодильных камер. Для ее решения необходимы набор портативных приборов для экспресс-диагностики режимов работы камер и имеющие опыт работы с этими приборами специалисты. Минимальный набор приборов включает в себя: инфракрасный термометр для дистанционного измерения температур внутренних и наружных поверхностей ограждающих конструкций; измерители плотности теплового потока с достаточно широким диапазоном измеряемых величин; термогигрометры для измерения температуры и относительной влажности воздуха в камерах и смежных помещениях а также наружного воздуха; контактных термометров для измерения температур поступающей и отгружаемой продукции; термоанемометры для измерения температуры и скорости воздуха; ультразвуковой толщиномер для определения фактической толщины трубопроводов. Значительно большую точность измерения температур обеспечивает проведение тепловизорных обследований ограждающих конструкций камер, которое позволяет с большой вероятностью определить дефектные зоны теплоизоляционных конструкций и оценить качество теплоизоляции камер при их модернизации или реструктуризации. Разработана методика проведения инструментального энергоаудита, адаптированная к реальным производственным условиям предприятий и предполагающая привлечение бригады энергоаудиторов в составе не менее 3 человек.

Применительно к реальным производственным условиям, холодильные камеры, как объект исследования, представляются в виде классической задачи: бассейны с разновеликими количествами втекающей и вытекающей воды. "Статическим" параметром в данном случае является объем находящейся в камере продукции с достигнутой среднеинтегральной температурой для камеры заданного целевого назначения.

"динамическим" параметрам исследуемого объекта относится загрузка камеры продукцией и ее выгрузка. Основным фактором, определяющим энергоэффективность камеры, является произведение массы поступившей в камеру продукции на разность ее среднеинтегральной температуры и нормативной температуры в конце процесса охлаждения или замораживания (при условии, что продолжительность нахождения этой продукции в камере в течение расчетных суток не превышает нормативную продолжительность

процесса). "Динамическим" параметром производственного процесса является и произведение массы выгружаемой из камеры продукции на остаточную продолжительность расчетного суточного интервала.

Из теплотехнических параметров работы камер к "динамическим" относятся отклонения среднесуточной температуры наружного воздуха от среднегодовой для данного региона и отклонения среднесуточной температуры воздуха в камере от регламентной для данного процесса холодильной обработки продукции на конкретном предприятии

По данным условиям эксплуатации камер разработаны методики составления опытно-аналитических балансов камер для охлаждения, замораживания и хранения говядины и свинины. Эти балансы необходимы для определения удельных расходов холода на 1 т продукции в реальном диапазоне изменения "динамических" параметров исследуемых объектов.

Определение электроемкости холодильных технологий предполагает приборное измерение потребляемой в системе холодоснабжения электроэнергии. Под электроемкостью, как технико-экономической характеристикой, понимается удельный расход электроэнергии на охлаждение, замораживание и хранение 1 т мяса в течение суток. Для этих целей необходимо использовать, прежде всего, данные технического учета потребления электроэнергии во всех элементах холодильной системы. При отсутствии дифференцированного по цехам учета электроэнергии необходимо при проведении инструментального энергоаудита производить сопряженные во времени замеры электрических параметров (активной и реактивной мощности, тока, $\cos(\varphi)$ и др.) с помощью переносных анализаторов электропотребления.

Основным этапом энергоэкономического анализа является разработка многофакторных корреляционных моделей энергетических характеристик холодильных камер, устанавливающих зависимость удельных расходов холода (или электроэнергии) на холодильную обработку продукции от основных "динамических" параметров их эксплуатации.

Энергетические характеристики камер являются исходной базой для оценки потенциала энергосбережения и разработки энергосберегающих мероприятий.

Литература

Научно-производственное предприятие «Холод»[Электронный]
Режим доступа:holod-ru.com – Дата доступа: 010.04.2020 05.04.2020

Сетевое издание по холодильной и близкой ей тематике[Электронный]
Режим доступа: www.holodilshchik.ru – Дата доступа: 010.04.2020