

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ АГРЕГАТАМИ

А. С. Титлов, Д. С. Тюхай, О. А. Титлова, Л. В. Березовская, Д. Б. Адамбаев

Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

Современные требования к холодильным агентам в части озонобезопасности и минимизации вклада в «парниковый» эффект открывают широкие возможности для холодильных аппаратов абсорбционного типа или аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными аппаратами (АХА), работающими с традиционным водоаммиачным раствором (ВАР) в качестве рабочего тела.

Основной недостаток АХА, сдерживающий их широкое распространение, – низкая энергетическая эффективность, обусловленная физическими особенностями холодильного цикла. Этот фактор не только предопределяет повышенные, по сравнению с компрессионными аналогами, стоимостные затраты, но и соответствующий вклад в «парниковый» эффект.

Анализ результатов экспериментальных исследований опытных и серийных моделей холодильных аппаратов с АХА показал, что их повышенный уровень энергопотребления обуславливается существующей методологией расчета и способом управления при эксплуатации. В соответствии с существующими требованиями к бытовым и торговым холодильным аппаратам, в первую очередь, необходимо обеспечить заданный температурный режим в холодильной камере в «жестком» режиме эксплуатации, при этом, как правило, работа АХА осуществляется в непрерывном режиме ($KPB = 1$), а величина энергопотребления во внимание не принимается.

Как показывает эксергетический анализ цикла АХА, наибольший успех в энергосбережении можно добиться при оптимизации прямого (теплового) цикла, который реализуется в так называемом «приводном» контуре АХА. Особое внимание при этом необходимо уделять перекачивающему термосифону (ПТС), потери эксергии в котором достигают 60 % от суммарных.

Анализ основных направлений энергосбережения показал, что наибольший успех при минимуме затрат может быть достигнут за счет использования оптимальных систем управления аппаратами с АХА, в частности, за счет изменения величины теплоподвода на ПТС в зависимости от температурных режимов в характерных точках холодильной камеры и АХА.

Проблемы энергосбережения в ПТС связаны с частичной конденсацией паров в подъемной части. Она решается за счет распределения подводимой тепловой нагрузки на ПТС в зависимости от температуры окружающей среды и температуры в холодильной камере. Эффект энергосбережения при этом составляет 15–16 %.

Основное внимание при разработке энергосберегающих режимов АХА уделялось генераторному узлу. Было показано, что в значительной мере энергосберегающие режимы холодильного аппарата определяются режимом прохода пара через затопленный U-образный ректификатор АХА.

Режимы прохода пара зависят от величины теплоподвода к ПТС АХА. В энергосберегающих режимах работы АХА проход пара осуществляется путем барботирования. При увеличении тепловой нагрузки на ПТС пар оттесняет жидкость и в верхней части ректификатора образуется паровая прослойка. Очистка пара и предварительный подогрев пара в ректификаторе в этом режиме минимальны. На примере модели низкотемпературной камеры (НТК) «Стugna-101» АМЛ-180 было показано, что работа в энергосберегающих режимах позволяет снизить энергопотребление по сравнению с лучшими зарубежными аналогами до 50 % [3].

Развитие этого направления было связано с установкой дополнительного теплоизоляционного кожуха на дефлегматоре АХА. Эффект энергосбережения в этом случае составил: 21 % («Киев-410»); 12 % («Кристалл-408»); 17 % («Стugna-101» АМЛ-180). Для реализации таких энергосберегающих режимов необходимо осуществлять контроль температуры пара на выходе дефлегматора – она не должна превышать температуры насыщения аммиака при рабочем давлении в АХА (около 50 °С) [4].

При разработке энергосберегающих способов управления исходили из того, что в нерабочем периоде температура элементов приводного контура АХА (термосифона, ректификатора, дефлегматора) за счет тепловых потерь в окружающую среду снижается.

Это сопровождается не только охлаждением крепкого и слабого ВАР, но и частичной конденсацией паров в дефлегматоре и конденсаторе АХА. При конденсации паров их место занимает инертный газ, до этого находящийся в контуре естественной циркуляции (КЕЦ). Очевидно, что чем больше время нерабочего периода, тем ниже опустится температура и тем больший объем в дефлегматоре АХА займет инертный газ.

При подаче тепловой нагрузки на ПТС инертный газ будет выталкиваться в КЕЦ динамическим напором парового потока, величина которого будет зависеть от количества паровой фазы. В момент запуска АХА определенное количество генерируемого в ПТС пара будет затрачиваться на разогрев элементов конструкции ректификатора, дефлегматора и конденсатора. При прочих равных условиях время прохождения парового потока до конденсатора будет определяться степенью охлаждения элементов приводного контура в нерабочем периоде, т. е. длительностью нерабочего периода. Это говорит о том, что известное положение – «чем больше время нерабочего периода, тем больше экономичность», не всегда применимо для бытовых и торговых абсорбционных холодильных аппаратов.

Для повышения экономичности необходимо не допускать значительного переохлаждения элементов конструкции приводного контура АХА.

Уменьшить степень переохлаждения транспортных элементов приводного контура АХА можно как путем увеличения термического сопротивления теплоизоляции генераторного узла, так и частичным их прогревом в нерабочем периоде.

Первый путь в бытовой и торговой технике ограничен габаритными требованиями, второй – более перспективен.

Несколько иная ситуация в холодильных аппаратах с высоким термическим сопротивлением ограждающих конструкций, например, в НТК с «суперизоляцией»

268 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика

«Стugna-101» АМЛ-180. В отличие от однокамерных или двухкамерных моделей, в которых регламентировано соотношение температур в камерах, НТК потенциально имеют большие функциональные возможности, так как могут применяться практически во всем диапазоне температур хранения, используемом в быту, – от $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. стать универсальным холодильным прибором.

В этом случае теплоизоляционные конструкции камеры традиционно должны проектироваться с учетом работы АХА в «жестком» режиме эксплуатации, поэтому универсальная модель будет обладать значительным запасом холодопроизводительности при умеренных низких температурах окружающей среды и положительных температурах хранения.

В таких универсальных аппаратах, выполненных по классу SN^* , могут иметь место режимы хранения с минимум либо отсутствием теплопритоков ($t_K = 5\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{o,c} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Время рабочего периода в этом случае гораздо меньше нерабочего, поэтому обеспечивать постоянный прогрев элементов генераторного узла может быть нецелесообразно. В таких условиях эксплуатации экономичнее может быть позиционный режим управления.