

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА КОМБИНИРОВАННОГО АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ПРИБОРА

А. О. Холодков, А. С. Титлов, В. Г. Приймак, Т. И. Гратий

Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

Анализ тепловых режимов абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) показал, что перспективным направлением в энергосбережении может стать разработка бытовых приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких комбинированных бытовых приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а направляется в специальную тепловую камеру (ТК). В объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет того, что температурные режимы в ТК поддерживаются без привлечения дополнительных энергозатрат.

На предварительном этапе разработки бытовых комбинированных приборов был приведен анализ технологий, использующих термическую обработку продуктов, полуфабрикатов и сырья. Показано, что для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур: 50–70 °С.

В современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур отвода тепла холодильного цикла может быть получен только в АХА, причем анализ температурных полей показал, что необходимым температурным потенциалом (более 70 °С) обладают опускной и подъемный участки дефлегматора и ректификатор.

В опускном участке дефлегматора и в ректификаторе проходит паровой поток водоаммиачной смеси, который используется для предварительного подогрева потока крепкого водоаммиачного раствора (ВАР) на входе генератора, поэтому отбор тепла в этих элементах влияет на энергетическую эффективность цикла АХА.

Максимальный эффект энергосбережения в части обеспечения температурных режимов ТК может быть достигнут в случае отбора тепла на подъемном участке дефлегматора. С учетом того, что большинство времени эксплуатации АХА в составе холодильного прибора работает в нестационарном режиме (позиционном либо комбинированном) с переменными тепловыми нагрузками на элементах следует оценить возможность применения ТК в составе абсорбционного холодильного прибора.

В первую очередь, необходимо оценить тепловой и температурный потенциал подъемного участка дефлегматора при работе в таких нестационарных режимах.

В общем случае, исходя из общих физических представлений, можно выделить два режима работы дефлегматора:

а) режим очистки паровой смеси, когда температура стенки превышает температуру конденсации аммиака;

б) режим частичной конденсации чистых паров аммиака.

Исходными данными при моделировании являются:

а) размеры подъемного участка дефлегматора (длина, внутренний и наружный диаметры трубы);

б) коэффициенты теплопроводности материала стенки трубы дефлегматора и материала тепловой изоляции;

в) массовый расход пара аммиака на выходе подъемного участка дефлегматора G''_{ex} ;

г) параметры потока паровой смеси на входе в подъемный участок дефлегматора (температура, массовая концентрация).

На вход подъемного участка дефлегматора поступает паровая водоаммиачная смесь с параметрами.

При частичной дефлегмации на начальном (нижнем) участке за счет разности температур стенки и потока концентрация аммиака в нем увеличивается. Равновесная температура потока паровой смеси при этом снижается и на следующем, расположенном выше участке дефлегматора температура стенки будет ниже, чем на начальном.

За счет изменения температуры стенки по высоте дефлегматора будут иметь место аксиальные перетоки тепла по сечению трубы (Q_{ax}).

Противотоком паровой смеси по внутренней стенке дефлегматора стекает охлажденная флегма. Теплота дефлегмации (Q_D) после подогрева флегмы (Q_F) отводится в окружающую среду (Q_{env}) как в зоне установки теплоизоляционного кожуха, так и со свободной поверхности трубы.

В основе математической модели лежат уравнения сохранения тепла и массы, которые для участка дефлегматора высотой Δx имеют вид:

$$\Delta Q_{D(dx)} = \Delta Q_{env(dx)} + \Delta Q_F + \Delta Q_{ax};$$

$$G''_{ex} = G''_{dx} + G'_{dx},$$

где G''_{dx} и G'_{dx} – массовые расходы паровой смеси на выходе участка Δx и флегмы, образующейся на этом участке, соответственно, кг/с.

Расчеты проведены для трубы дефлегматора диаметром $16 \times 1,5$ мм. Материал трубы – сталь ($\lambda_s = 45$ Вт/(м · К)). Материал теплоизоляции кожуха – ткань из стекловолокна ($\lambda_{ii} = 0,056$ Вт/(м · К)). На вход подъемного участка дефлегматора поступает водоаммиачная паровая смесь с температурой, равной 120 °С.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике может стать разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких бытовых комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится сразу в окружающую среду, а передается в специальную ТК, при этом в объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет расширения функциональных возможностей бытовых приборов без привлечения дополнительных энергозатрат.

2. Анализ температурных режимов АХА показал, что только подъемный участок дефлегматора обеспечивает работоспособность ТК в составе комбинированного теплового прибора.

3. Проведенное моделирование тепловых режимов подъемного участка дефлегматора показало, что тепловая изоляция должна закрывать весь участок, ее толщина для стекловолонистой ткани должна быть не менее 3–4 мм. Тепловые потери в окружающую среду при этом сокращаются от 17 до 22 %.

4. Особый интерес разработанная модель представляет при оптимизации режимов работы АХА с переменными тепловыми нагрузками в генераторе, в том числе и с форсажными. Имея зависимость расхода паровой смеси на входе в дефлегматор от подводимой тепловой нагрузки, можно контролировать расположение зоны очистки пара аммиака при любой температуре воздуха в помещении и реализовывать энергосберегающие режимы работы бытовых комбинированных приборов с помощью электронных систем управления.