

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В ДЕФЛЕГМАТОРЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Абсорбционно-диффузионные холодильные машины (АДХМ) являются одним из устройств производства холода. Не имея в своем составе компрессора, они обладают важным преимуществом перед более распространенными компрессионными ХМ, однако, имеют и существенный недостаток – большой удельный расход энергии. Поэтому снижение этого показателя является актуальной задачей.

Энергетическая эффективность АДХМ зависит от различных факторов, в том числе – от высоты уровня парожидкостного фронта (ПЖФ) в вертикальной части дефлегматора. В [1] рассмотрена система гарантирующего управления (СГУ), позволяющая повысить эффективность АДХМ за счет поддержания уровня ПЖФ в максимальной близости от верхней точки подъемного участка дефлегматора, что соответствует наиболее эффективному режиму работы абсорбционного холодильного цикла. Однако, реализация такой системы требует получения в реальном времени достоверной информации о наличии уровня ПЖФ в требуемой области. Уровень ПЖФ можно было бы определить по градиенту температур (примерно 70°C), который возникает при разделении на составляющие парожидкостной водоаммиачной смеси (ПЖС). Однако прямое измерение температуры ПЖС за счет введения внутрь дефлегматора необходимых технических средств измерения на практике реализовать трудно и нецелесообразно. Это обусловлено усложнением конструкции и снижением надежности АДХМ, т.к. дефлегматоры имеют внутренний диаметр 10 ... 12 мм и они работают под давлением до 2,0 МПа.

В [2] разработана математическая модель динамики с распределенными параметрами для дефлегматора АДХМ, которая описывает распределение температуры вдоль его поверхности (температурное поле) при известном распределении температуры ПЖС. При получении этой модели использовался ячеистый подход. В соответствии с ним дефлегматор рассматривался состоящим из набора взаимосвязанных ячеек малой длины, каждая из которых описывается моделью с сосредоточенными параметрами. Температура поверхности каждой i -ой ячейки $\theta_{\text{га}i}^i(t)$ определяется их начальными значениями $\theta_{\text{пдд}}(t=0)$,

суммарным тепловым потоком к ней $\Delta Q_i = Q_{1i} + Q_{2i} + Q_{3i}$ (Q_{1i} – тепловой поток от паровой водоаммиачной смеси к стенке дефлегматора при конденсации; Q_{2i} – тепловой поток в окружающую среду от стенки дефлегматора; Q_{3i} – тепловой поток вдоль корпуса дефлегматора) и временем t от момента изменения $\Delta Q_i(t)$:

$$\theta_{\text{вв}i}^i(t) = \theta_{\text{вв}i}^i(t=0) + \frac{1}{m_{\text{вв}i} c_{\text{вв}i}} \int_0^t \Delta Q_i(\theta_{\text{вв}i}^i, \theta_{\text{вв}(i-1)}^i, \theta_{\text{вв}i}^i, \theta_{\text{вв}(i+1)}^i, t) dt, \quad (1)$$

где верхний индекс "м" обозначает те значения температур, которые вычисляются по модели; без индекса – которые считаются известными (заданными). Более подробно составляющие модели (1) описаны в [2].

Решим задачу обратную (1). Неизвестным в такой задаче будет температура ПЖС i -ой ячейки. Дополним ее обозначение индексом "м", т.е. "вычисляется по модели" – $\theta_{\text{вв}i}^i$, а обозначения температур поверхности дефлегматора для ячеек с номерами $i-1$, i , $i+1$ дополним индексом "и", что означает "измеренное значение" – $\theta_{\text{вв}(i-1)}^i$, $\theta_{\text{вв}i}^i$, $\theta_{\text{вв}(i+1)}^i$. Измерить значения этих температур с технической точки зрения сложности не представляет. С учетом введенных обозначений решение этой обратной задачи может быть представлено в виде:

$$\theta_{\text{вв}i}^i(t) = \arg \left[\left[\theta_{\text{вв}i}^i(t=0) + \frac{1}{m_{\text{вв}i} \tilde{m}_{\text{вв}i}} \int_0^t \Delta Q_i(\theta_{\text{вв}i}^i, \theta_{\text{вв}(i-1)}^i, \theta_{\text{вв}i}^i, \theta_{\text{вв}(i+1)}^i, t) dt \right] - \theta_{\text{вв}i}^i(t=0) \right]. \quad (2)$$

Известно, что обратные задачи часто оказываются некорректными и требуют регуляризации. Для проверки решения задачи (2) в среде имитационного моделирования, на основе уже имеющейся имитационной модели дефлегматора [1], реализован блок расчета температуры (БРТ) парожидкостной смеси в одной точке дефлегматора $\theta_{\text{вв}i}^i(t)$ (см. рис. 1). Он представляет собой элементарную ячейку модели (1), в которую подается информация об измеренных значениях температур $\theta_{\text{вв}(i-1)}^i$, $\theta_{\text{вв}i}^i$, $\theta_{\text{вв}(i+1)}^i$ его поверхности в трех соседних точках (i , $i-1$ и $i+1$), при расстояниях Δh между этими точками. На основе этой информации в БРТ по модели (1) рассчитывается значение температуры $\theta_{\text{вв}i}^i$ поверхности дефлегматора ячейки, соответствующей i -той точке. Оно сравнивается с измеренным в этой точке $\theta_{\text{вв}i}^i$, и, за счет введения обратной связи через температуру $\theta_{\text{вв}i}^i(t)$ ПЖС i -ой ячейки, обеспечивается выполнение равенства (2).

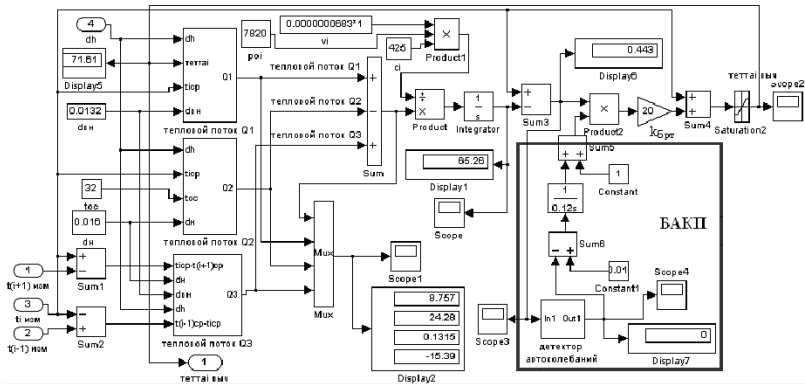


Рис. 1. Блок расчета температуры ПЖС $\theta_{iенi}^i(t)$: БАКП – блок адаптации коэффициента передачи $k_{БРТ}$

Тестирование процедуры (2) проводилось при различных значениях расстояний Δh и различном характере изменения температуры ПЖС в дефлегматоре (рис. 2).

При анализе результатов тестирования процедуры (2) выявлены две проблемы.

Первая связана с увеличением погрешности расчета температуры ПЖС при увеличении расстояния между точками, в которых измеряется температура на поверхности дефлегматора. Наиболее наглядно это проявляется при гармоническом изменении фактической температуры в дефлегматоре $\theta_{iен}$, где вычисленная температура $\theta_{iенi}^i$ заметно отстает от нее по фазе. Это объясняется тем, что при увеличении Δh порядок моделей, описывающих переходные процессы в дефлегматоре, остается первым, а он плохо описывает возникающее температурное поле его поверхности. Для того, чтобы существенно не усложнять модель за счет включения в нее последовательно нескольких БРТ, увеличение порядка модели было проведено за счет включения в цепь измерения нескольких инерционных звеньев с коэффициентом передачи равным единице, а значение постоянных времени было найдено в ходе процедуры оптимизации. Так в БРТ при $\Delta h = 2$ мм было добавлено одно такое звено, при $\Delta h = 4$ мм – три звена и $\Delta h = 6$ мм – пять звеньев.

Вторая проблема связана с периодическим возникновением автоколебаний в контуре обратной связи БРТ, в которой рассчитывается $\theta_{iенi}^i(t)$. Они обуславливаются нелинейностью свойств модели (1) по

переменным $\theta_{\text{дефл}}^i(t)$ и Δh . Ее приемлемое решение было найдено за счет введения функции самонастройки (адаптации) коэффициента передачи $k_{\text{БРТ}}$ обратной связи БРТ (см. рис. 1).

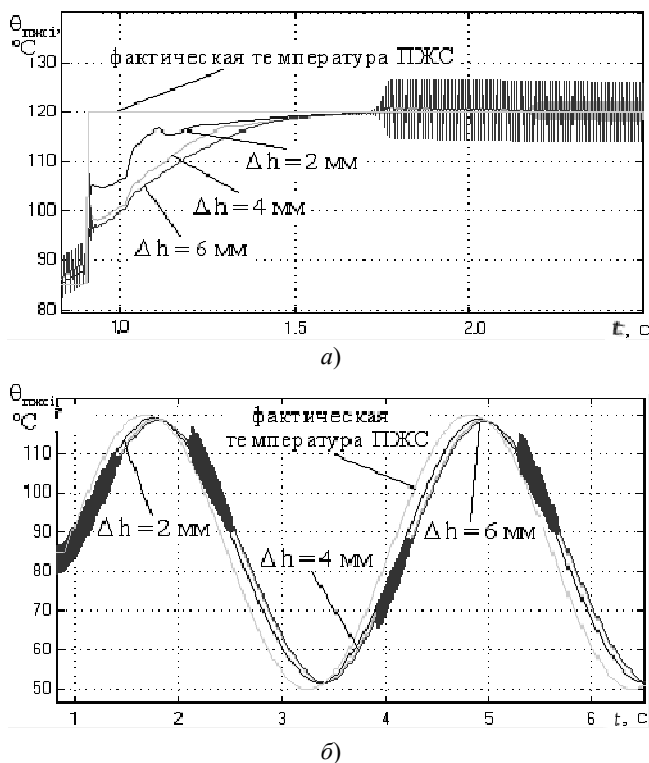


Рис. 2. Результаты расчета температуры $\theta_{\text{дефл}}^i$ в одной точке дефлегматора при различных расстояниях Δh между точками изменения температуры его поверхности и различном характере изменения температуры $\theta_{\text{дефл}}^i$: *a* – ступенчатая функция; *b* – гармоническая функция

На рис. 3 представлены результаты тестирования БРТ с расширенными функциональными возможностями после принятия описанных выше мер по устранению выявленных проблем.

Полученные результаты показывают достаточно высокую точность разработанного алгоритма расчета в реальном времени значения температуры парожидкостной смеси в дефлегматоре абсорбционно-

диффузионной холодильной машины, которая недоступна для непосредственного измерения. Он создает реальную основу для создания систем автоматической оптимизации режимов работы АДХМ по критерию максимума энергетической эффективности.

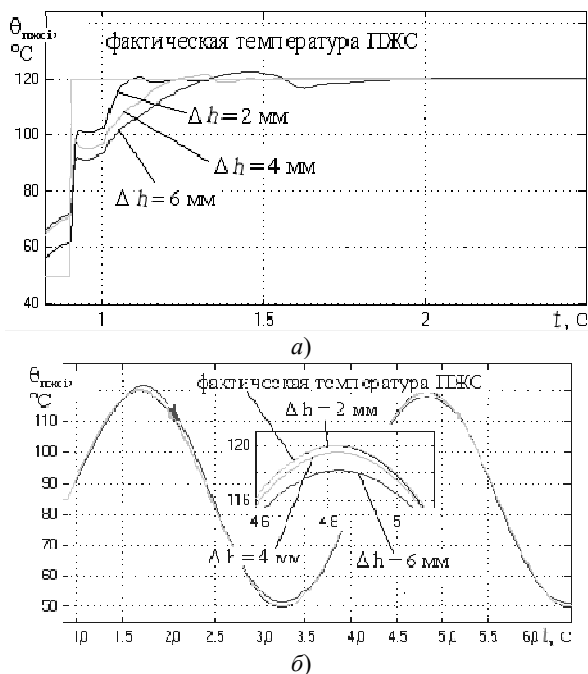


Рис. 3. Результаты расчета температуры θ_{defl}^i в одной точке дефлегматора, для условий, которые соответствуют рис. 2, но с расширенными функциональными возможностями БРТ

СПИСОК ЛИТРАТУРЫ

1. Хобин В.А., Титлова О.А. Управление уровнем парожидкостного фронта в дефлегматоре АДХМ: цель, проблемы, вариант решения // Сб. науч. тр. / XIV міжнарод. конф. з автоматич. управл. "Автоматика – 2007". – Севастополь: СНУЯЄтаП. – 2007. – С. 196 – 197.
2. Хобин В.А., Титлова О.А. К вопросу измерения парожидкостного фронта в дефлегматоре абсорбционно-диффузионной холодильной машины (АДХМ) // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2007. – №2 (20). – С. 94 – 102.