

# Метод регулирования процессом теплоотдачи в конденсаторе холодильной установки

*В.И. Гужов, И.А. Сажин, А.И. Сажин, В.А. Шумейко.  
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия*

**Аннотация:** В данной работе определены параметры управления двухфазным состоянием хладагента в конденсаторе реальной холодильной установки. Разработана система автоматического регулирования процессом теплоотдачи для повышения эффективности холодильной машины в целом.

**Ключевые слова** Конденсатор, хладагент, система автоматического управления.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматического регулирования работы отдельных агрегатов позволяют снизить энергозатраты, повысить эффективность холодильных машин. В конструкциях современных парокомпрессионных теплообменных установок отражены последние технологические разработки, компьютерные системы регулирования и контроля параметрами энергозатрат, внедрены наиболее эффективные, экологически безопасные хладагенты [2–4]. Теплофизические процессы, происходящие с рабочим телом в холодильных машинах, отражены в виде графиков-циклов, например, в координатах  $\lg P - i$  ( $P$  - давление,  $i$  - энтальпия) [1, 5, 6]. Модернизация теплообменных устройств связана с оптимизацией реальных циклов, подбором отдельных агрегатов, отвечающих расчетным параметрам. Таким образом, существенно улучшены характеристики компрессоров, дросселирующих устройств, испарителя и др. С другой стороны, хорошо изучены течения двухфазных сред [1, 5–8, 16]. В настоящее время проведены многочисленные экспериментальные исследования и построены математические модели движения, процессов теплоотдачи газожидкостных потоков в условиях естественной, вынужденной конвекции, наличия вихревых эффектов, в том числе при внедрении в поток смеси наночастиц [1, 5–13]. Ряд методик из этого кластера исследований может быть применен для достоверного определения параметров двухфазного потока хладагента в конденсаторе парокомпрессионной холодильной установки. Например, газосодержание, потери давления, режим течения можно определить

электроконтактным методом, методами акустического или оптического зондирования [7, 17, 18]. Методики Кутателадзе – Сорокина, Бейкера позволяют практически достоверно определить режим течения рабочего тела в любом сечении испарителя и конденсатора теплообменного аппарата [1–3, 5, 6, 17]. Следовательно, принципиально возможно реализовать механизм регулирования режимами течения газожидкостного потока. Методики синтеза систем автоматического регулирования работой гидравлических аппаратов, теплообменных устройств широко применяются на практике [2, 3, 20–22]. Эффективность системы автоматического регулирования в целом существенно зависит от достоверности сформированного управления. Следуя [1–3, 5, 6, 17], достаточно оперировать с ограниченным числом теплофизических параметров двухфазного потока. Как правило, принципиально важно сформировать передаточную функцию исполнительного устройства. В конденсаторе парокомпрессионной холодильной установки расширение участка кольцевого режима течения связано с процессом формирования жидкой пленки определенной толщины, следовательно, математической моделью исполнительного блока является интегрирующее апериодическое звено со свойством пропорциональности [20].

В данной работе выполнен анализ реального цикла теплообменного аппарата. Определены величины теплофизических параметров, характеризующих хладагент в реальной холодильной установке. Применены методики Кутателадзе–Сорокина и Бейкера для расчета процесса теплоотдачи в разных сечениях трубы конденсатора. Доказана возможность увеличения эффективности холодильной установки в целом. Разработана система автоматического управления процессом теплоотдачи в конденсаторе парокомпрессионной холодильной установки. Проведен расчет математической модели исполнительного устройства как интегрирующего апериодического звена со свойством пропорциональности. Выполнен численный анализ передаточной функции.

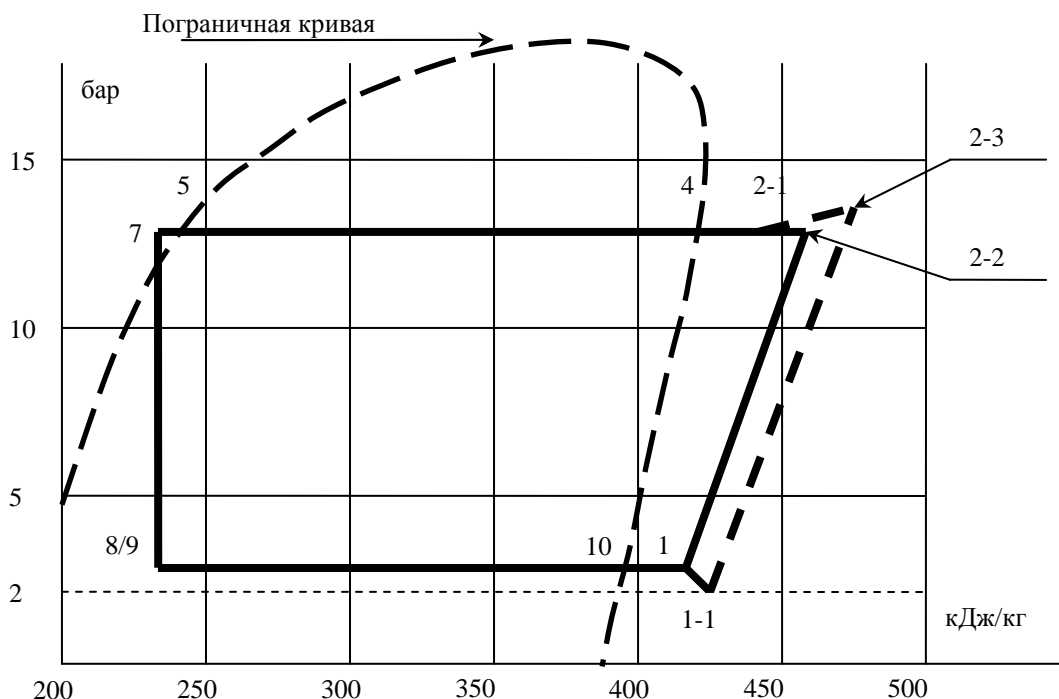


Рис.1. Цикл холодильной установки

## II. КАРТЫ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ

В качестве примера, который не уменьшает общность рассуждений, рассмотрен реальный цикл парокompрессионной холодильной установки в координатах  $\lg P - i$  ( $P$  - давление,  $i$  - энтальпия) [2] (рис. 1). Пояснения по работе холодильной машины, отображенной в виде цикла в координатах «энтальпия – давление» (рис. 1). Пограничная кривая (подковообразная пунктирная линия) разделяет жидкое, смешанное и состояние перегретого пара хладагента.

Состояние 1 (точка 1) соответствует всасывающему трубопроводу компрессора.

Состояние 2 (точка 2-1) соответствует нагнетательной магистрали компрессора. На практике наблюдается деформация цикла холодильной машины (точки 1-1, 2-2, 2-3), вызванная перегревом хладагента в компрессоре, потерями давления на нагнетательной и всасывающей магистралях. Состояние 4 (точка 4) – вход в конденсатор. Состояние 5 (точка 5) – выход из конденсатора. Состояние 7 (точка 7) – вход в регулирующий вентиль (начало процесса дросселирования хладагента). Состояние 8-9 (точка 8/9) – выход из регулирующего вентиля (давление и температура рабочего тела уменьшаются) и вход в испаритель. Состояние 10 (точка 10) – выход из испарителя. Массовый расход при холодопроизводительности  $32 \text{ кВт}$  равен  $G_{R22} = 0,179 \text{ кг/с}$ . Площадь сечения трубы конденсатора диаметром  $D = 0,025 \text{ м}$  составляет  $S_0 = 4,909 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ . В точке 4 цикла [2], соответствующей началу процесса конденсации, температура хладагента R22 равна  $T_4 = 303 \text{ К}$ , давление  $P_4 = 11,92 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Сплошная линия

диаграммы цикла, соответствующая процессу конденсации [2], условно разделена на десять участков для анализа состояния газожидкостного потока хладагента. Газосодержание ( $X_{ГАЗ}$ ) изменяется от 1 (точка 4) до 0 (точка 5) с шагом 0,1. Исключение составляет промежуточная точка в первом участке. Здесь газосодержание равно  $X_{ГАЗ} = 0,95$ . Расчетные значения критической температуры ( $T_{4К}$ ), коэффициента поверхностного натяжения ( $\sigma_{T_4}$ ), удельного объема газовой фазы ( $v_4$ ), плотности газовой фазы  $\rho_4$  приняты в соответствии с параметрами состояния смеси [4]. Плотность и коэффициент динамической вязкости жидкой фазы R22 вычислены по следующим соотношениям (1), (2) приведенным в [4].

При моделировании процесса конденсации рабочего тела применяются карты течения газожидкостных потоков. Методики Кутателадзе–Сорокина [1], Бегга и Брилла [7], а также Бейкера [6] позволяют достоверно определить режим течения двухфазной среды в зависимости от конкретных параметров хладагента и геометрии трубопровода. Карта течений газожидкостных систем Кутателадзе–Сорокина соответствует экспериментальным и расчетным данным [1–3, 17].

Применение карты течений Бегга и Брилла позволяет определить структуру газожидкостного потока в средней части конденсатора.

Карта течений газожидкостных систем Кутателадзе–Сорокина построена в координатах комплексов  $K - N$  [1], при вычислении которых необходимо знать (или задать) параметры

двухфазного потока (приведенные скорости фаз, их плотности, коэффициент поверхностного натяжения в определенном сечении конденсатора). Рассмотрены два случая возможных комбинаций режимов течения хладагента в конденсаторе. Первый случай –

наличие постоянной области кольцевого режима течения (не более двух третей от общей длины трубопровода конденсатора), и второй случай – когда в конденсаторе существенно увеличена область кольцевого режима течения двухфазной среды (более 70% от общей длины).

$$\rho_{L4} = 4963 + 1.93578 \cdot (369.28 - T_{4K}) + 173.975 \cdot (369.28 - T_{4K})^{\frac{1}{3}} - 0.002 \cdot (369.28 - T_{4K})^2 - 17.867 \cdot (369.28 - T_{4K})^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

$$\mu_{T4} = 10^{-6} \cdot [23.6136 - 9.5414 \cdot \tau_{T4} + 1.67446 \cdot \tau_{T4}^2] \cdot (\tau_{T4})^{0.5}, \quad (2)$$

где  $\tau_{T4} = T_{4K} / T_4$ .

Значения величин плотностей из [2], [3] соответствуют значениям, полученным в (1), (2).

Ниже рассмотрен пример применения комплексов Кутателадзе–Сорокина к определению вида течения газожидкостного потока. Следуя [1], приведенные скорости фаз вычисляются следующим образом (для газовой и жидкой, соответственно):

$$W_{GAS4} = \frac{G_{R22} \cdot X_{GA3}}{\rho_4 \cdot S_4};$$

$$W_{ЖИД4} = \frac{G_{R22} \cdot (1 - X_{GA3})}{\rho_{L4} \cdot S_0}. \quad (3)$$

Комплексы Кутателадзе–Сорокина имеют вид:

$$K = \left( \frac{g \cdot (\rho_{L4} - \rho_4)}{\rho_4^2 \cdot \sigma_{T4}} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot W_{GAS4}, \quad (4)$$

$$N = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{(\rho_{L4} - \rho_4)^4 \cdot \sigma_{T4}^2}{\rho_{L4}^2 \cdot g^5 \cdot D^6} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left( 1 + 31 \cdot g \frac{\sigma_{T4}^{\frac{3}{2}}}{\rho_4} \cdot \left( \frac{\rho_{L4}}{(\rho_{L4} - \rho_4)} \right)^{0.55} \right) \cdot W_{ЖИД4}, \quad (5)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения. На рис. 2 отмечены расчетные точки в координатах комплексов Кутателадзе–Сорокина.

Следуя [2–4, 16] изменение газосодержания по мере прохождения конденсатора от точки 4 до точки 5 носит параболический закон. Полученные значения комплексов позволяют определить координаты точек на карте течений Кутателадзе–Сорокина [1], соответствующие дисперсному режиму течения при газосодержании 0.9 - 0.7, дисперсно-кольцевому – 0.7 - 0.1 и 1.0 - 0.09 - пограничному состоянию ближе к снарядному режиму течения.

Карта течений Беггза и Брилла [7] также показывает наличие разных режимов течения. Соответствующие этой методике комплексы вычисляются следующим образом:

$$\lambda_{B1} = \frac{\rho_4 (1 - X_{GA3})}{\rho_{L4} \cdot X_{GA3} + \rho_4 (1 - X_{GA3})}, \quad (6)$$

$$L_{B1} = 316 \cdot \lambda_{B1}^{0.302}, \quad L_{B2} = 0.000925 \cdot \lambda_{B1}^{-2.468}, \quad L_{B3} = 0.1 \cdot \lambda_{B1}^{-1.452}. \quad (7)$$

Число Фруда в данном случае принято в виде:

$$Fr = \frac{W_{\Sigma LG}^2}{g \cdot D}, \quad (8)$$

где  $W_{\Sigma LG}$  - сумма приведенных скоростей фаз

$$W_{\Sigma LG} = W_{GAS4} + W_{ЖИД4}. \quad (9)$$

Таблица 1. Значения комплексов Кутателадзе – Сорокина

$X_{GA3}$	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,95
$K$	1,701	5,103	8,505	10,206	11,907	16,160
$N$	11,984	10,486	7,490	5,992	4,494	0,749

Для относительного массового газосодержания  $X_{X4} = 0,7$  число Фруда  $Fr$  больше  $L_{B1}$  и параметр  $\lambda_{B1}$  меньше 0.4, что означает наличие кольцевого режима течения.

На интервале  $0,6 < X_{X4} < 0,2$  число Фруда  $L_{B3} < Fr < L_{B1}$  и параметр  $0,01 < \lambda_{B1} < 0,4$  - пробковый либо снарядный режим течения.

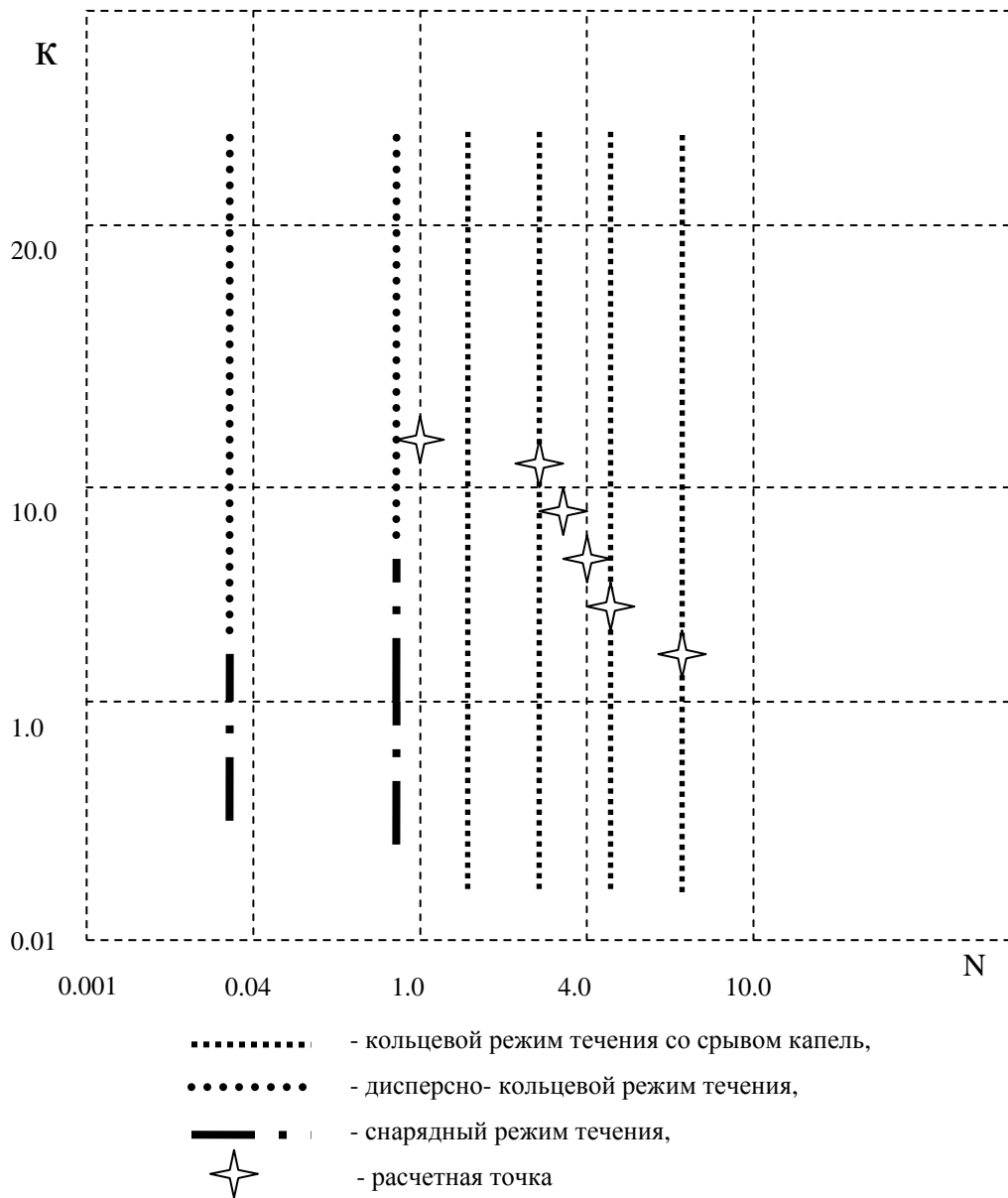


Рис. 2. Диаграмма режимов течения Кутателадзе - Сорокина

Наличие дисперсного режима течения при относительном газосодержании от 0.95 до 0.8, а также отдельного режима течения при уменьшении относительного газосодержания от 0.2 до 0.0 [1, 3] методикой Беггза и Брилла достоверно не определяется.

Рассмотрим методику Бейкера [6] определения параметров газожидкостного потока. На рис. 3 приведена диаграмма Бейкера режимов горизонтального двухфазного двухкомпонентного потока. В качестве комплексов приняты следующие соотношения:

$$\lambda = \left[ \left( \frac{\rho_{L4}}{1000} \right) \cdot \left( \frac{\rho_4}{1.2} \right) \right]^{0.5},$$

$$\psi = \left[ \left( \frac{73}{\sigma_{T4}} \right) \cdot \left( \frac{\mu_{T4}}{1} \right) \cdot \left( \frac{1000}{\rho_{L4}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (10)$$

где  $G_f, G_g \left[ \frac{кг}{м^2 \cdot час} \right]$  - массовые расходы жидкой и газовой фаз, соответственно.

Размерность коэффициента поверхностного натяжения  $\left[ \frac{дин}{см} \right]$ , коэффициента динамической вязкости  $[сПз]$ .

Таким образом, следуя диаграмме Бейкера, в рассматриваемом конденсаторе кольцевой режим течения реализован для значений газосодержания от 0.3 до 0.7, при газосодержании 0.2 и 0.1 – снарядный режим течения. Следует отметить, что возможность реализации снарядного и отдельного режимов течения на выходе из конденсатора установлена аналитически и экспериментально [2, 3, 17].

Таблица 2. Значения комплексов Бейкера

$X_{X4}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,95
$G_g / \lambda$	$1,836 \cdot 10^4$	$3,672 \cdot 10^4$	$5,508 \cdot 10^4$	$7,343 \cdot 10^4$	$9,179 \cdot 10^4$	$11,02 \cdot 10^4$	$12,85 \cdot 10^4$	$17,44 \cdot 10^4$
$G_f \cdot \lambda \cdot \psi / G_g$	31,349	13,933	8,128	5,225	3,483	2,322	1,493	0,189

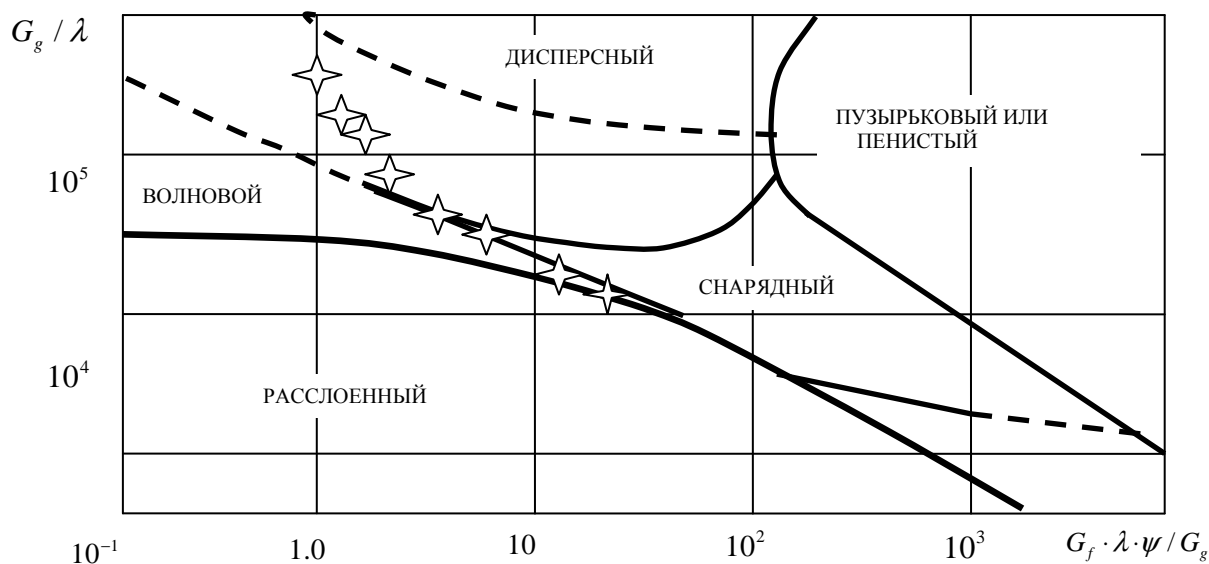


Рис. 3. Диаграмма Бейкера режимов горизонтального двухфазного двухкомпонентного потока.

В целом методики Бейкера и Кутателадзе – Сорокина могут быть использованы для регулирования режимов течения газожидкостного потока хладагента.

### III. ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА

Вычисления значений чисел Нуссельта для разных режимов течения хладагента в конденсаторе проведены по методикам [1, 5, 15]. Получены величины удельной на единицу площади теплоты, отбираемой у хладагента, находящегося в разных режимах течения (первый: дисперсный – преобладание газовой фазы, второй: кольцевой, третий: расслоенный – преобладание жидкой фазы). Анализ процесса теплоотдачи показывает существенные различия чисел Нуссельта для разных режимов течения хладагента в конденсаторе [1, 5, 15]. Эти числа относятся как 1,0:3,2:5,0 для газожидкостных потоков при газосодержании 0,7 – 0,9; 0,1 – 0,3; 0,3 – 0,7, соответственно. Проведено сравнение процессов теплообмена в конденсаторе холодильной установки с увеличением области кольцевого режима течения и без ее увеличения (как практически реализуется во всех теплообменных устройствах). Расширение области кольцевого режима течения хладагента в конденсаторе может привести к изменению теплоотдачи до 20%. Показана возможность понижения температуры хладагента при его конденсации.

### IV. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В КОНДЕНСАТОРЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Предлагается для увеличения эффективности работы конденсатора (или испарителя) пароконденсационных теплообменных установок применить систему регулирования режимов течения газожидкостного потока, состоящую из следующих блоков:

- датчики измерения параметров газожидкостного потока,
- цифровой или аналоговый блок обработки и преобразования поступающей информации, а также формирования команд управления, поступающих от компьютера,
- устройства для изменения концентрации фаз,
- компьютер.

Принципиальная схема системы регулирования режимов течения приведена на рис. 4. Следуя методикам [17, 19, 20], получим математическую модель системы, схема которой приведена на рис. 4.

Рассмотрим случай без запаздывания (апериодичности). Пусть за время  $\Delta t$  через устройство подачи жидкой фазы в трубу конденсатора поступило  $Cx\Delta t$  м<sup>3</sup> хладагента, где коэффициент  $C$  - отображает конструктивные свойства исполнительного блока,  $x = x(t)$  - расход жидкой фазы, поступающей конденсатор для регулирования режима течения.

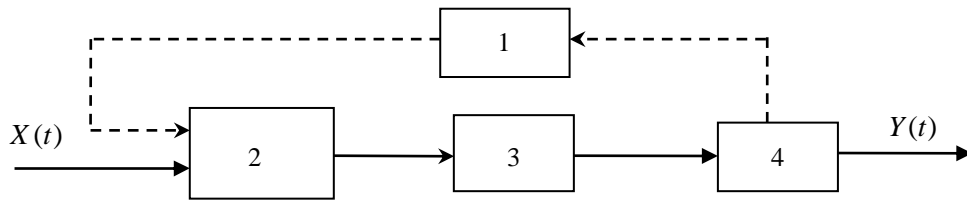


Рис. 4. Схема системы регулирования режимов течения. Обозначения: 1 – датчики, 2 – компьютер, 3 – преобразователь сигнала, 4 – исполнительный блок (устройства изменения газосодержания потока),  $X(t)$ ,  $Y(t)$  – сигналы входа и выхода

Вышеопределенное количество жидкости пошло на увеличение толщины жидкой пленки на внутренней стороне трубы конденсатора  $\Delta y$ , следовательно:

$$Cx\Delta t = B\Delta y, \quad (15)$$

где  $B$  – характеризует геометрические параметры геометрии трубопровода конденсатора.

Для упрощения дальнейших преобразований обозначим:  $C_0 = C / B$ . Рассмотрим возможность регулирования с запаздыванием. Полагаем: расход жидкой фазы, поступающей в конденсатор изменился, и равен  $x + \Delta x$ , где из (15) следует:

$$\Delta x = \frac{1}{C_0^2} \frac{\Delta^2 y}{\Delta t^2}. \quad (16)$$

Следовательно, дифференциальное уравнение, моделирующее динамические процессы имеет следующий вид:

$$\frac{1}{C_0^2} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{1}{C_0} \frac{dy}{dt} + x = 0, \quad (17)$$

Начальные условия:  $y(0) = 0$ ,  $y(T) = \delta_{LIQ}$ , где  $\delta_{LIQ}$  – толщина пленки жидкой фазы, для данной геометрии трубы конденсатора и режимов течения хладагента. Величина  $\delta_{LIQ}$  изменяется от 0.5 до 1.0 мм [6, 19] за время  $T$  – срабатывания исполнительного блока. Рассмотрим линейную зависимость  $x(t)$  от времени:

$$x(t) = At. \quad (18)$$

Решение уравнения (17) имеет следующий вид:

$$y(t) = \left( \frac{1}{2A} \cdot X(t)^2 + \frac{1}{C_0} X(t) + (\delta_{LIQ} - \frac{1}{2A} \cdot X(T)^2 - \frac{1}{C_0} X(T)) \cdot \left( \frac{e^{C_0 t} - 1}{e^{C_0 T} - 1} \right) \right) \quad (19)$$

Передаточная функция имеет следующий вид [20]:

$$G_p(s) = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{s} + \frac{G_0 \cdot s}{s - C_0}, \quad (20)$$

где

$$G_0 = \frac{C_0}{A} \cdot \left( \frac{\delta_{LIQ} - \frac{1}{2A} \cdot X(T)^2 - \frac{1}{C_0} X(T)}{e^{C_0 T} - 1} \right), \quad (21)$$

Полученная передаточная функция соответствует пропорционально – интегральному звену с запаздыванием (со свойством апериодичности). Для рассмотренной модели холодильной установки и, следуя методикам регулирования режимов течения [2,3,6,19,20], целесообразно принять следующие исходные параметры: число отверстий в инжекторе исполнительного устройства  $N = 26$ , диаметр отверстий  $d = 1.5 \text{ мм}$ , скорость жидкой фазы

$V = 0.33 \left( \frac{M}{c} \right)$ . Тогда время срабатывания исполнительного блока  $T = 2.6 \text{ (сек)}$ .

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ режимов течения хладагента в конденсаторе холодильной установки показал возможность увеличения ее эффективности. Методики Кутателадзе – Сорокина, Бейкера позволяют достоверно определить режим течения двухфазной среды и могут быть использованы в системе регулирования процесса теплоотдачи в конденсаторе парокompрессионной теплообменной установки.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. -5-е изд., доп. М. Атомиздат, 1979.- 416 с.

- [2] В. Маке, Г. – Ю. Эккерт, Ж. – Л. Кошпен. Учебник по холодильной технике. (пер. с франц.). М. Изд. МГУ, 1998. – 1529 с.
- [3] Б.К. Лэнгли. Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – М. Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 479 с.
- [4] Теплофизические свойства фреонов. Том 1. Фреоны метанового ряда. Справочные данные/ Алтуниев В.В., Геллер В.З., Петров Е.К. и др.: Под ред. С.А. Ривкина; Госстандарт; ГСССД. – М.: Изд-во стандартов, 1980 – 232с., ил. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М. Энергия, 1975. – 486с.
- [5] Хьюитт Дж. и Холл – Тейлор Н. Кольцевые двухфазные течения. М. Энергия, 1974. – 408с.
- [6] Борис А.А., Лягов А.В. Определение режима течения потоков газожидкостной смеси в трубопроводах на установках путевого сброса воды Арланской группы месторождений ОАО «АНК Башнефть». Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, №2, <http://www.ogbus.ru>.
- [7] Бердников В.С., Митин К.А. Сопряженный конвективный теплообмен в вертикальном слое жидкости // Вестник НГТУ. Серия: Физика, 2012, Том: 7, № 1 С. 70-79.
- [8] Кутателадзе С.С., Волчков Э.П., Терехов В.И. Аэродинамика и тепломассообмен в ограниченных вихревых потоках // Новосибирск, 1987. – 272 с.
- [9] Терехов В.И., Калинина С.В., Леманов В.В. Механизм теплопереноса в наножидкостях: современное состояние проблемы (обзор). Часть 1. Теплопроводность наножидкостей // Теплофизика и аэромеханика. 2010. – Т. 17, N 1. – С. 1–18.
- [10] Choi S.U.S. Nanofluids: From Vision to Reality Through Research // J. of Heat Transfer. – 2009. – V. 131. – P. 033106-1 – 033106-9.
- [11] Terekhov V.I., Ekaid, A.L. Natural convection between vertical parallel plates with asymmetric heating and cooling // Proc. 6th Baltic Heat Transfer Conference. – №185, Tampere, 2011. –11 p.
- [12] Yu W., France D.M., Routbort J.L., Choi S.U.S. Review and Comparison of Nanofluid Thermal Conductivity and Heat Transfer Enhancements // Heat Transfer Engineering. –2008. – Vol. 29, №. 5. – P. 432-460.
- [13] Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М.: Энергия, 1976. – 296с.
- [14] V.G. Rifert, SS Ozimay. The analysis of the regimes of phases flow and of methods of calculation of heat transfer during the condensation inside the horizontal tubes // Heat Transfer in Condensation. Proc. Of the Eurotherm Seminar. October 4-5 – Paris (France), 1995.- P. 78 – 85.
- [15] Терехов В.И., Пахомов М.А. Тепломассообмен и гидродинамика в газокпельных потоках. – Новосибирск: Изд – во НГТУ, 2008 – 284с.
- [16] Усачев А.П., Рулев А.В. Определение интенсивности теплообмена в проточных испарителях пропан – бутановых смесей с кипением жидкой фазы. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», №6, 2012. – С.376 – 385. <http://www.obus.ru>
- [17] Болтенко Э.А., Корниенко Ю.Н., Смирнов Ю.А., Болтенко Д.Э. Методы и средства для измерения характеристик термически неравновесного двухфазного потока. // Теплоэнергетика. 2001, №3, С. 34-39.
- [18] Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. М.: Мир, 1972. – 440с.
- [19] Шабаров А.Б., Вакулин А.А., Захаров А.А., Семихина Л.П., Саранчин Н.В., Вакулин А.А., Саранчин С.Н. Измерительно – вычислительная система диагностики параметров течения и теплообмена многофазной смеси в скважинах и трубопроводах. // Вестник Тюменского государственного университета. 2012, №4. С.74 – 79.
- [20] Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832с.

- [21] Воевода А.А. Полиномиальный метод расчета многоканальных регуляторов заданной структуры / А.А. Воевода, В.В. Вороной. // Науч. вестник НГТУ. – 2013. – №2(51) С.214-218.
- [22] Воевода А.А. Модальный синтез многоканального регулятора пониженного порядка с использованием «обратной» производной на примере трёх массовой системы / А.А. Воевода, В.В. Вороной, Е.Б. Шоба // Науч. вестник НГТУ. – 2012. – № 1 (46). – С. 15–22.



**Гужов Владимир Иванович** – профессор кафедры «Системы сбора и обработки данных» НГТУ, доктор технических наук. Является автором 140 научных работ, в том числе 4 патентов. Область научных интересов: информационно-измерительные системы, высокоточные измерения. [e-vig@nstu.edu.ru](mailto:e-vig@nstu.edu.ru)



**Сажин Игорь Александрович** – доцент кафедры «Технической теплофизики» в НГТУ, доцент, кандидат технических наук. [sajinia@ngs.ru](mailto:sajinia@ngs.ru)



**Сажин Андрей Игоревич** – студент направления «Управление в технических системах» 4-го курса НГТУ.



**Шумейко Владимир Адександрович**, старший преподаватель каф. АИУС НГТУ. [eraserus@cfsf.ru](mailto:eraserus@cfsf.ru)

## Method of Control of Process of Heat Irradiation in Condenser in Cooling Plant

Vladimir GUZHOV, Igor SAZHIN, Andrey SAZHIN, Vladimir SHUMEYKO

*Abstract:* In the paper parameters of control of two-phase state of refrigerating medium in the condenser of cooling plant are determined. System of automatic control of process of heat irradiation has been developed for the increasing of the effectiveness of cooling plant as a whole.

*Key words:* Condenser, Refrigerating Medium, System of Automatic Control.