

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

СЕНДЕРОВ О.А.

Предлагается способ оценивания параметров и метрологической аттестации математической модели аппарата воздушного охлаждения газа при использовании её для нахождения оценок температуры и давления на выходе этого аппарата.

Актуальность

В результате сжатия в газоперекачивающем агрегате (ГПА) газ нагревается и расширяется, а значит увеличивается его объем, поэтому экономически целесообразно при транспортировке газ охлаждать. Это делается, как правило, с помощью аппаратов воздушного охлаждения (АВО). В компрессорном цеху (КЦ) устанавливается параллельно несколько АВО. АВО представляет собой большой вентилятор, охлаждающий множество параллельных оребренных труб небольшого диаметра с общим входным и выходным коллекторами.

При эксплуатации АВО основная задача – определить оптимальное количество включаемых АВО в зависимости от нужной температуры охлаждения газа, температуры наружного воздуха и параметров потока газа через АВО. В статье рассматривается математическая модель (ММ) стационарного режима работы АВО, с помощью которой предлагается оценивать температуру и давление на выходе АВО.

Цель – разработать эффективный способ проведения параметрической идентификации и метрологической аттестации ММ АВО газа при использовании её для нахождения оценок температуры и давления на выходе АВО.

Задача. Провести анализ предлагаемой ММ АВО на предмет возможности проведения максимально точной параметрической идентификации, обоснованно выбрать, какие параметры ММ АВО и каким способом будут идентифицированы, оценить точность проведенной идентификации. Разработать способ метрологической аттестации ММ при использовании её для нахождения оценок температуры и давления на выходе АВО и апробировать предложенный способ на реальных данных.

1. Математическая модель АВО

ММ стационарного режима работы АВО имеет вид [3, 4]:

– средняя температура газа в АВО, К

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{вх}} + T_{\text{вых}}}{2}, \quad (1)$$

где $T_{\text{вх}}$, $T_{\text{вых}}$ – температура на входе и выходе АВО, К;

– теплоемкость газа, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$$C_p = 1.5283 + 0.010056 P_{\text{вх}} + 0.3 \cdot 10^{-5} P_{\text{вх}}^2 - 0.28 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\text{вх}} T_{\text{ср}} - 0.7561 \cdot 10^{-2} \cdot T_{\text{ср}} + 0.14 \cdot 10^{-4} \cdot T_{\text{ср}}^2, \quad (2)$$

здесь $P_{\text{вх}}$ – давление на входе АВО, кгс/см²;

– коэффициент сжимаемости газа [2]

$$Z_{\text{ср}}(\chi_a, \chi_y, \rho_0, P_{\text{вх}}, T_{\text{ср}}), \quad (3)$$

где χ_a , χ_y – молярные доли N_2 и CO_2 газа, %; ρ_0

– плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

– средний удельный вес газа, кг/м³

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{341.9 \cdot \Delta \cdot P_{\text{вх}}}{T_{\text{ср}} \cdot Z_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

где Δ – относительный удельный вес газа по воздуху;

– динамическая вязкость газа (метана), кгс·с/м²

$$\mu_{\text{г}} = 10^{-6} \cdot (0.598195 - 0.376 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\text{вх}} \cdot T_{\text{ср}} + 0.25 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\text{вх}}^2 + 0.115024 \cdot 10^{-1} \cdot P_{\text{вх}} + 0.84 \cdot 10^{-5} \cdot T_{\text{ср}} - 0.759 \cdot 10^{-3} \cdot T_{\text{ср}}), \quad (5)$$

– скорость газа, м/с

$$W_{\text{г}} = \frac{T_{\text{ср}} \cdot Z_{\text{ср}} \cdot q \cdot A}{\pi / 4 \cdot d_{\text{в}} \cdot P_{\text{вх}} \cdot n_{\text{АВО}} \cdot n_{\text{тр}} \cdot 24.5304}, \quad (6)$$

здесь q – коммерческий расход газа через АВО,

млн.н.м³/ч; A – число ходов труб в секциях; $d_{\text{в}}$ –

внутренний диаметр труб, м; $n_{\text{АВО}}$ – количество

АВО; $n_{\text{тр}}$ – число труб в аппарате;

– число Рейнольдса

$$Re_0 = \frac{\gamma_{\text{ср}} \cdot d_{\text{в}} \cdot W_{\text{г}}}{g \cdot \mu_{\text{г}}}, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

– плотность наружного воздуха, кг/м³

$$\rho_{\text{н.в.}} = 0.463636 \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{T_{\text{н.в.}}}, \quad (8)$$

здесь $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, ммрт.ст.; $T_{\text{н.в.}}$

– температура наружного воздуха, К;

– температура на выходе АВО, К

$$T_{B.B.} = T_{H.B.} + \frac{Q \cdot 10^6}{n_{ABO} \cdot \rho_{H.B.} \cdot V_B}; \quad (9)$$

– средняя температура воздуха в АВО, К

$$T_{cp,B} = \frac{T_{B.B.} + T_{H.B.}}{2}; \quad (10)$$

– средняя плотность наружного воздуха, кг/м³

$$\rho_{cp,B} = 0.463636 \cdot \frac{P_{atm}}{T_{cp,B}}; \quad (11)$$

– скорость воздуха, м/с

$$W_B = \frac{V_B \cdot \rho_{H.B.} \cdot 10^3}{3600 \cdot \rho_{cp,B} \cdot S_2 \cdot \eta}, \quad (12)$$

где V_B – объемный расход воздуха вентилятора, м³/ч; S_2 – площадь свободного сечения перед секциями оребренных труб, м²; η – коэффициент сужения сечений;

– число Рейнольдса воздуха

$$Re_B = \frac{W_B \cdot d_H}{\mu_B}, \quad (13)$$

где d_i – диаметр наружный, м; μ_B – динамическая вязкость воздуха;

– критерий Нуссельта

$$Nu_B = 0.223 \cdot Re_B^{0.65} \cdot \left(\frac{d_H}{s}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{s}\right)^{-0.14}, \quad (14)$$

здесь h – высота ребра, мм; s – шаг ребер, мм;

– коэффициент теплоотдачи наружной поверхности

$$\alpha_H = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d_H}, \quad (15)$$

где λ_B – теплопроводность воздуха, ккал/(м·°С);

– теплопроводность газа, ккал/(м·°С)

$$\begin{aligned} \lambda_\Gamma = & -4.753786 - 0.390385 \cdot P_{BX} + \\ & + 0.114806 T_{cp} + 0.260593 \cdot 10^{-2} P_{BX} T_{cp} + \\ & + 0.020163 P_{BX}^2 - 0.119217 \cdot 10^{-3} T_{cp} P_{BX}^2 + \\ & + 0.177808 \cdot 10^{-6} \cdot (T_{cp} \cdot P_{BX})^2 - \\ & - 0.372839 \cdot 10^{-5} \cdot T_{cp}^2 \cdot P_{BX}; \end{aligned} \quad (16)$$

– критерий Прандтля

$$Pr = \frac{3600 \cdot C_p \cdot g \cdot \mu_\Gamma}{\lambda_\Gamma}; \quad (17)$$

– коэффициент теплоотдачи от газа к стенке поверхности

$$\alpha_B = 0.023 \cdot \frac{\lambda_\Gamma}{d_B} \cdot Re_0^{0.8} \cdot Pr^{0.4}; \quad (18)$$

– коэффициент теплопередачи

$$k_t = \left(\frac{1}{\alpha_B} \cdot \psi + \frac{1}{\alpha_H} + r_B \cdot \psi + r_H \right)^{-1}, \quad (19)$$

где r_B , r_i – тепловое сопротивление внутреннего и

внешнего загрязнения, м²·ч·°С/ккал; $\psi = \frac{d_H}{d_B} \cdot \varphi$ –

коэффициент увеличения поверхности; φ – коэффициент оребрения труб;

– поправочный коэффициент при однократном перекрестном ходе (для одноходовых АВО $A = 1$):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\Delta t_1} = & 0.99593 - 0.33588 \cdot P_0 \cdot R_0 - \\ & - 0.0259 \cdot P_0 \cdot R_0^2 + 0.62349 \cdot R_0 \cdot P_0^2 + \\ & + 3.0054 \cdot (P_0 \cdot R_0)^2 - 0.43371 \cdot P_0^2 \cdot R_0^3 - \\ & - 9.6514 \cdot P_0^3 \cdot R_0^2 + 0.56238 \cdot (P_0 \cdot R_0)^3 + \\ & + 7.07433 \cdot R_0^2 \cdot P_0^4 + 0.86303 \cdot R_0 \cdot P_0^5 - \\ & - 2.79688 \cdot R_0 \cdot P_0^6, \end{aligned} \quad (20)$$

$$\text{где } R_0 = \frac{T_{BX} - T_{ВЫХ}}{T_{B.B.} - T_{H.B.}}, \quad P_0 = \frac{T_{B.B.} - T_{H.B.}}{T_{BX} - T_{H.B.}};$$

– для многоходовых АВО ($A > 1$)

$$\varepsilon_{\Delta t} = \varepsilon_{\Delta t_1} + \frac{1 - \varepsilon_{\Delta t_1}}{4} (A - 1); \quad (21)$$

– среднелогарифмический температурный напор, °С

$$\theta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2.303 \cdot \lg(\theta_1 / \theta_2)}, \quad (22)$$

здесь $\theta_1 = T_{BX} - T_{B.B.}$; $\theta_2 = T_{ВЫХ} - T_{H.B.}$;

– средний температурный напор, °С

$$\theta_{cp} = \theta \cdot \varepsilon_{\Delta t}; \quad (23)$$

– теплонапряженность

$$q_t = k_t \cdot \theta_{cp}; \quad (24)$$

– количество переданного тепла в АВО, ккал/ч

$$Q = q_t \cdot n_{ABO} \cdot F \cdot 10^{-6}; \quad (25)$$

– температура на выходе АВО

$$T_{ВЫХ} = T_{BX} - \frac{24 \cdot Q}{1.205 \cdot q \cdot \Delta \cdot C_p}, \quad (26)$$

где q – пропускная способность, млн.н.м³/сут;

– коэффициент теплопроводности труб

$$\lambda_{\text{тр}} = 0.1 \left(\frac{100}{\text{Re}_0} + \frac{1.46 \cdot k_{\text{экв}}}{d_B} \right)^{0.25}, \quad (27)$$

здесь $k_{\text{экв}}$ – абсолютная шероховатость труб;

– суммарный коэффициент местных сопротивлений

$$\xi = 2 \cdot \xi_B + 2 \cdot \xi_{\text{тр}} \cdot \chi + (\chi - 1) \cdot 2 \cdot \xi_{\text{пов}}, \quad (28)$$

где ξ_B – входная или выходная камера; $\xi_{\text{тр}}$ – вход и выход из трубного пространства; $\xi_{\text{пов}}$ – поворот (180°) из одной секции в другую, χ – количество ходов в АВО;

– перепад давления на АВО, кгс/см²

$$\Delta P = \frac{\gamma_{\text{ср}} \cdot W_{\Gamma}}{2 \cdot g \cdot 10^4} \cdot \left(\xi + \frac{\lambda_{\text{тр}} \cdot l \cdot \chi}{d_B} \right), \quad (29)$$

где l – длина труб, м;

– давление на выходе АВО, кгс/см²

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} - \Delta P. \quad (30)$$

1.1. Оценивание математической модели АВО

Чтобы ММАВО (1)–(30) была адекватной, необходимо оценить тепловое сопротивление внутреннего и внешнего загрязнения r_B, r_H в формуле коэффициента теплопередачи (19). Для этого составим по *методу максимального правдоподобия* следующую целевую функцию:

$$F(\tilde{c}) = \sum_{i=1}^{N_{\text{реж}}} \sum_{j=1}^{N_x} \left(\frac{f_j(\tilde{X}) - \tilde{X}_{ij}}{\sigma_j} \right)^2 \longrightarrow \min_{\tilde{c}}, \quad (31)$$

где

$$\tilde{f}(\tilde{c}, \tilde{X}_i) = \{P_{\text{вх}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i), P_{\text{вых}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i), n_{\text{ЦБН}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i),$$

$$T_{\text{вх}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i), T_{\text{вых}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i), T_{\text{передКНД}}(\tilde{c}, \tilde{X}_i)\}$$

– функциональные зависимости, полученные из модели; N_x – количество измеренных данных $\tilde{X} = \{\tilde{P}_{\text{вх}}, \tilde{P}_{\text{вых}}, \tilde{T}_{\text{вх}}, \tilde{T}_{\text{вых}}, \tilde{q}, \tilde{T}_{\text{н.в.}}\}$; N_c – количество оцениваемых параметров модели $\hat{c} = \{\hat{r}_B, \hat{r}_H\}$.

Оценивание параметров ММАВО проделаем на примере АВО, уставленного на КС „Долина”, имеющего следующие характеристики:

1. Тип АВГ–75.

2. Поверхность теплообмена, м²:

– наружная 9930;

– внутренняя 427.

3. Объем, м³:

– трубчатого пространства 4.18;

– одной камеры 0.9.

4. Давление избыточное, МПа(кг/см²):

– рабочее 7.5 (75);

– расчетное 7.5 (75);

– пробное 10(100).

5. Температура, °С:

– расчетная 150;

– рабочая -30...+150.

6. Коэффициент оребрения труб 20.

7. Количество рядов труб в секции 6.

8. Количество труб:

– в аппарате 540;

– в секции 180.

9. Число ходов по трубам 1.

10. Длина оребренных труб 12, м.

11. Количество секций в аппарате 3.

12. Привод:

– тип электродвигателя ВАСО 2-37-34 (ВАСО 2-37-24);

– номинальная мощность электродвигателя 37, кВт;

– синхронная частота вращения электродвигателя 250, об/мин;

– количество двигателей 2.

13. Вентилятор:

– количество вентиляторов 2;

– диаметр колеса вентилятора 5000, мм;

– количество лопастей 4;

– частота вращения вентилятора 250, об/мин;

– максимальный угол установки лопастей 15°.

Для оценивания параметров ММАВО r_B, r_H были использованы следующие стационарные режимы:

1) объем перекачиваемого газа

$$\tilde{q} = 24.0, \text{ млн.н.м}^3 / \text{сут};$$

температура и давление на входе АВО

$$\tilde{t}_{\text{вх}} = 57.44, \text{ } ^\circ\text{C}, \tilde{P}_{\text{вх}} = 65.9, \text{ кгс/см}^2;$$

температура наружного воздуха $\tilde{t}_{\text{н.в.}} = 25.38, \text{ } ^\circ\text{C}$;

атмосферное давление $\tilde{P}_{\text{атм}} = 760, \text{ мм.рт.ст.}$;

плотность газа при нормальных условиях

$$\tilde{\rho}_0 = 0.684, \text{ кг/м}^3;$$

молярные доли N_2 и CO_2

$$\tilde{\chi}_a = 0.0012, \tilde{\chi}_y = 0.0101;$$

$$2) \tilde{q} = 25.6, \text{ млн.н.м}^3 / \text{сут};$$

$$\tilde{t}_{\text{вх}} = 58.35, ^\circ\text{C}, \tilde{P}_{\text{вх}} = 67.23, \text{ кгс/см}^2;$$

$$\tilde{t}_{\text{н.в.}} = 20.8, ^\circ\text{C}; \tilde{P}_{\text{атм}} = 760, \text{ мм.рт.ст.};$$

$$\tilde{\rho}_0 = 0.684, \text{ кг/м}^3; \tilde{\chi}_a = 0.0012, \tilde{\chi}_y = 0.0101.$$

В результате минимизации целевой функции (31) были получены следующие оценки: $\hat{t}_B = 0.000034856$, $\hat{t}_H = 0.000896297$.

1.2. Метрологическая аттестация ММ АВО при стационарном режиме

Проведем метрологическую аттестацию математической модели АВО (1)-(30) при стационарном режиме. В данном случае зависимыми являются переменные $T_{\text{вых}}$ и $P_{\text{вых}}$, независимыми – прямые измерения $\tilde{q}, \tilde{P}_{\text{вх}}, \tilde{T}_{\text{вх}}, \tilde{T}_{\text{н.в.}}$, а параметрами ММ – $\hat{t}_B$ и $\hat{t}_H$.

Класс точности датчиков следующий: по давлению $\delta_P = 0.1\%$, по температуре $\delta_T = 0.1\%$, по пропускной способности $\delta_q = 1\%$. Предположим, что прямые измерения – это случайные величины с нормальным законом распределения, тогда из класса точности датчиков получаем следующие СКО для измеренных значений давления, температуры и расхода:

$$\sigma_P = 0.00333, \text{ МПа}, \sigma_T = 0.0333, ^\circ\text{C}, \\ \sigma_q = 0.08, \text{ млн.н.м}^3 / \text{сут}.$$

Применим метод имитационного моделирования. Генерируем выборку из $N = 5000$ векторов значений прямых измерений

$\tilde{X} = \{P_{\text{вх},i}(\tilde{\omega}), T_{\text{вх},i}(\tilde{\omega}), T_{\text{н.в.},i}(\tilde{\omega}), q_i(\tilde{\omega})\}$ и рассчитываем выборки $\{P_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$ и $\{T_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$.

Проведем статистическую обработку выборки $\{\hat{T}_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$. Критерий Шапиро-Уилка [1] показал, что с вероятностью $p = 0.69$ данная выборка распределена по нормальному закону, и с вероятностью $p = 0.65$ – по логарифмически нормальному закону. Поскольку оценки квадрата нормированного показателя асимметрии и нормированного показателя островершинности равны: $\beta_1 = 0.0000288$, $\beta_2 = 3.15$, то для данной выборки выбираем распределение S_U -Джонсона. Воспользовавшись аналитическим методом, приведенным в [1], определим параметры выбранного распределения: $\hat{\eta} = 5.25197$, $\hat{\gamma} = 0.0475691$, $\hat{\lambda} = 0.591168$, $\hat{\varepsilon} = 305.183$.

На рис. 1 приведена гистограмма выборки $\{\hat{T}_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$, выбранное распределение S_U -Джонсона (сплошная линия), нормальное распределение (пунктирная линия).

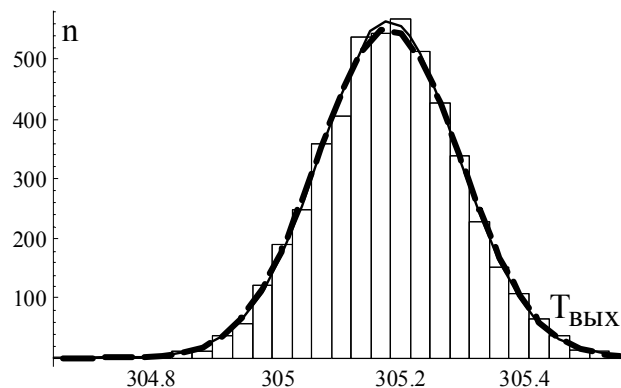


Рис. 1

Зная закон распределения выборки $\{\hat{T}_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$ и его параметры, находим доверительный интервал найденной ранее оценки $\hat{T}_{\text{вых}}$, задавшись доверительной вероятностью $\alpha = 0.95$:

$$29.972 < \hat{T}_{\text{вых}} = 30.179 < 30.365 ^\circ\text{C},$$

$$\hat{T}_{\text{вых}} = 30.179 ^\circ\text{C} \begin{matrix} +0.061\% \\ -0.068\% \end{matrix}.$$

Проведем статистическую обработку выборки $\{P_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$. Критерий Шапиро-Уилка показал, что с вероятностью $p = 0.63$ данная выборка распределена по нормальному закону, и с вероятностью $p = 0.47$ – по логарифмически нормальному закону. Поскольку оценки $\beta_1 = 0.0006642$, $\beta_2 = 3.058$, то для данной выборки выбираем распределение S_U -Джонсона. Воспользовавшись аналитическим методом [1], определим параметры выбранного распределения:

$$\hat{\eta} = 8.48068, \hat{\gamma} = 0.610389, \hat{\lambda} = 0.329396, \\ \hat{\varepsilon} = 64.4534.$$

На рис. 2 приведена гистограмма выборки $\{\hat{P}_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$, выбранное распределение (сплошная линия), нормальное распределение (пунктирная линия).

Зная закон распределения выборки $\{\hat{P}_{\text{вых},i}\}_{i=1,\dots,N}$ и его параметры, находим доверительный интервал найденной ранее оценки $\hat{P}_{\text{вых}}$, задавшись доверительной вероятностью $\alpha = 0.95$:

$$64.35 < \hat{P}_{\text{вых}} = 64.43 < 64.51 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\hat{P}_{\text{вых}} = 64.43 \text{ кгс/см}^2 \begin{matrix} +0.116\% \\ -0.120\% \end{matrix}$$

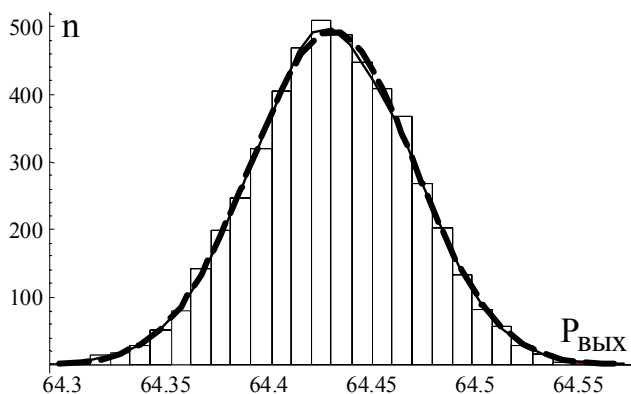


Рис. 2

Выводы

Проведено исследование ММ АВО на предмет возможности параметрической идентификации и метрологической аттестации предлагаемой ММАВО. Предложен способ и проведена параметрическая идентификация ММАВО. Проведена метрологическая аттестация ММАВО с учетом оценок параметров модели, полученных при проведении параметрической идентификации, при использовании её в задаче оценивания температуры и давления на выходе АВО.

Научная новизна. В качестве законов распределения вероятностей оцениваемых параметров (температуры и давления на выходе АВО) были использованы аппроксимирующие кривые Джонсона, что позволило более точно определить интервальные оценки параметров.

УДК 519.85

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ БЕЗУМОВНОЇ ЗАДАЧІ З ДРОБОВО-ЛІНІЙНОЮ ФУНКЦІЄЮ ЦІЛІ НА ЗАГАЛЬНІЙ МНОЖИНІ РОЗМІЩЕНЬ

СМЕЦЬ О.О., ЧЕРНЕНКО О.О.

Доводиться критерій оптимальності для евклідової комбінаторної задачі на розміщеннях з дробово-лінійною цільовою функцією без додаткових обмежень.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Важливим класом оптимізаційних задач є задачі комбінаторної оптимізації (див., наприклад [1-17]). Зокрема, останнім часом у рамках евклідової комбінаторної оптимізації [2] розглядаються властивості та методи розв'язування задач з дробово-лінійною функцією цілі на окремих евклідових комбінаторних множинах: переставленнях, поліпереставленнях, розміщеннях. Задачі на розміщеннях мають ряд властивостей, які приводять до розробки спеціальних методів і алгоритмів розв'язування таких задач. При цьому суттєвим є тип цільової функції, наявність чи відсутність додаткових обмежень.

Практическая ценность предложенного способа заключается в том, что он может быть использован при эксплуатации АВО на КЦ для определения оптимального количества включаемых АВО в зависимости от нужной температуры охлаждения газа, температуры наружного воздуха и параметров потока газа через АВО.

Автор выражает благодарность д-ру техн. наук, проф. Тевяшеву Андрею Дмитриевичу за высказанные замечания и объективную критику при написании данной работы.

Литература: 1. Сендеров О.О. Загальний підхід до проведення метрологічної атестації математичних моделей об'єктів газотранспортної системи // АСУ та прилади автоматики. 2005. Вип. 132. С. 44-50. 2. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости. ГОСТ 30319.2-96. Минск: ИПК Изд-во стандартов, 1997. С. 21. 3. Степанов О.А. Иванов В.А. Охлаждение газа и масла на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Л.: 1982. 140 с. 4. Методические рекомендации для расчета систем воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов. – ВНИИгаз, 1976. 5. Розгонюк В.В., Руднік А.А., Коломєєв В.М., Григіль М.А., Молокан О.О., Хачікян Л.А., Герасименко Ю.М. Довідник працівника газотранспортного підприємства. К.: Рostок, 2001. С. 1090.

Поступила в редколлегию 01.11.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Тевяшев А.Д.

Сендеров Олег Александрович, аспирант кафедры прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: системный анализ. Адрес: Украина, 61171, Харьков, Салтовское шоссе, 240, тел. 711-27-17.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Один із аспектів дослідження названих задач полягає у вивченні властивостей їх областей визначення [2, 3, 5-13]. До іншого належить розробка методів розв'язування залежно від комбінаторної множини: переставлення, поліпереставлення, розміщення, сполучення тощо [1, 2, 14-17]. Серед таких задач важливим класом є безумовні задачі на комбінаторних множинах [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Існування оптимізаційних задач з дробово-лінійними цільовими функціями на розміщеннях вимагає розробки ефективних методів та алгоритмів оптимізації, які дозволяють розв'язувати як окремі задачі, так і цілі їх класи. До сих пір немає розв'язку безумовної задачі з дробово-лінійною цільовою функцією на розміщеннях.

Постановка завдання. У даній роботі ставиться задача побудови методу розв'язування безумовної евклідової комбінаторної задачі на розміщеннях з дробово-лінійною цільовою функцією.