

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

БОЯРСКАЯ Ю.В., ГУСАРОВА И.Г.

Моделируются и исследуются переходные режимы работы магистрального газопровода Шебелинка – Белгород – Курск – Брянск. Рассматривается вопрос о возможности понижения давления газа на выходе Червонодонецкой дожимной компрессорной станции или полного ее отключения. Для расчетов использовался программный модуль, написанный на основании предложенной ранее авторами математической модели нестационарных неизоэнтальпических режимов работы газотранспортных систем и метода ее решения.

1. Введение

Вследствие дефицита собственных природных энергетических ресурсов Украина удовлетворяет потребности в газе за счет собственной добычи всего на 22-24%. Значительная часть ее газовых месторождений находится на заключительной стадии разработки и характеризуется усложненными геологическими и технологическими условиями эксплуатации. Однако Шебелинское газоконденсатное месторождение (ШГКМ), несмотря на то, что оно активно эксплуатируется уже более 60 лет, продолжает быть самым крупным газовым месторождением Украины (остаточные запасы газа около 100 млрд м куб.) и играет очень важную роль в надежном обеспечении газом крупного Харьковского промышленного узла, который включает в себя, кроме прочего, такое крупное предприятие электроэнергетики, как ТЭЦ-5 г. Харькова [1].

Добытый на ШГКМ газ после компримирования на Червонодонецкой дожимной компрессорной станции (ЧДКС) (в случае отключения ЧДКС – некомпримируемый низконапорный газ) подается магистральным газопроводом (МГ) Шебелинка - Белгород - Курск - Брянск (ШБКБ) на газораспределительную станцию-5 (ГРС-5) (на ТЭЦ-5) г. Харькова.

В целях повышения эффективности работы МГ за счет уменьшения расхода топливного газа на нужды технического оборудования ставился вопрос о понижении выходного давления газа на ЧДКС или даже, при возможности, о полном ее отключении. Однако при понижении давления газа (как и при повышении) надо исходить из обеспечения надежного газоснабжения потребителя, соблюдая нормы безопасной и технической эксплуатации МГ. Так, необходимым и главным условием обеспечения подачи газа с ШГКМ на ТЭЦ-5 является соблюдение ограничений по давлению газа на входе ТЭЦ-5. Согласно проведенным ранее натурным экспериментам, уже при давлении газа ниже 1,2 МПа на МГ происходит нарушение проектных параметров эксплуатации МГ и паспортных параметров основного и дополнительного оборудования, а на входе на ГРС-5 (ТЭЦ-5) при давлении в 1 МПа фиксируется сильный шум, вибрация оборудования и скачки давления газа.

Таким образом, повышение эффективности работы МГ не должно быть в ущерб поддержанию стабильной и безаварийной работы МГ ШБКБ, обеспечивающего подачу природного газа с ШГКМ на ТЭЦ-5.

Поэтому цель данного исследования – моделирование переходных режимов работы (РР) МГ ШБКБ для проверки гипотезы о возможности понижения выходного давления газа на ЧДКС или полного ее отключения и подачи низконапорного газа (в случае отключения ЧДКС – некомпримируемого с пластовым давлением) с ШГКМ на ТЭЦ-5 при заданной структуре МГ с учетом технологических ограничений на минимально-допустимое давление на входе ТЭЦ-5, в случае средней нагрузки на ТЭЦ-5.

2. Математическая модель нестационарных неизотермических РР МГ и метод ее решения

При математическом моделировании нестационарных неизотермических РР (ННРР) МГ одним из необходимых условий является построение математической модели (ММ) ННРР МГ, заключающееся в построении модели структуры МГ и ММ РР основных его объектов.

Поэтому модель структуры данного МГ была представлена ориентированным графом $G(V, M)$, где M – множество дуг графа, представляющих собой моделируемые объекты, V – множество узлов графа, представляющих собой места соединения моделируемых объектов между собой [2]. Множество дуг $M = M_1 \cup M_2 \cup M_3 \cup M_4$, где M_1 – множество дуг графа, соответствующих участкам трубопровода (УТ), M_2 – множество дуг графа, соответствующих газоперекачивающим агрегатам (ГПА), M_3 – множество дуг графа, соответствующих аппаратам воздушного охлаждения (АВО), M_4 – множество дуг графа, соответствующих кранам. Множество узлов

$$V = V_1 \cup V_2 \cup V_3 \cup V_4 \cup V_5 \cup V_6 \cup V_7 \cup V_8 \cup V_9,$$

где V_1 – множество внешних узлов графа, соответствующих входам ГТС, V_2 – множество промежуточных узлов графа, соответствующих соединению двух или более УТ, V_3 – множество внешних узлов графа, соответствующих выходам ГТС, V_4, V_5 – множества промежуточных узлов графа, соответствующих входам и выходам всех ГПА из M_2 соответственно, V_6, V_7 – множества промежуточных узлов графа, соответствующих входам и выходам всех АВО из M_3 соответственно, V_8, V_9 – множества промежуточных узлов графа, соответствующих входам и выходам всех кранов из M_4 соответственно.

Таким образом, с учетом ММ РР основных объектов МГ, описанных подробно в работах [2–4], общая ММ НН РР МГ представляет собой взаимосвязанные системы дифференциальных уравнений (ДУ) в частных производных гиперболического типа (1) – (3), соответствующие каждому УТ [3], системы нелинейных алгебраических уравнений (4) – (5), соответствующие каждому ГПА (группе ГПА), системы нелинейных алгебраических уравнений (6) – (7), соответствующие каждому АВО [4], а также системы нелинейных алгебраических уравнений (8) – (9), соответствующие каждому крану, заданные на графе МГ, которые связаны между собой системами нелинейных алгебраических уравнений, соответствующих условиям согласования (УС) параметров газового потока (давления, расхода и температуры газа) в промежуточных узлах графа ГТС (10) – (12) [2], и имеет следующий вид:

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} + (1 - \alpha_i S_i T_i \frac{W_i^2}{P_i^2}) \frac{\partial P_i}{\partial x} + 2\alpha_i S_i T_i \frac{W_i}{P_i} \frac{\partial W_i}{\partial x} + \beta_i S_i T_i \frac{W_i |W_i|}{P_i} + \frac{g}{\alpha_i S_i T_i} \frac{P_i}{dx} \frac{dh}{dx} = 0, \quad i \in M_1, \quad (1)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} + \alpha_i S_i T_i \frac{\partial W_i}{\partial x} = 0, \quad i \in M_1, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} + \frac{\alpha_i S_i \gamma_i}{T_i - \gamma_i D_{ji} P_i} \frac{T_i^2 W_i}{P_i} \frac{\partial T_i}{\partial x} + (\frac{T_i \gamma_i}{T_i - \gamma_i D_{ji} P_i} - 1) \times$$

$$\times \frac{\alpha_i S_i T_i^2}{P_i} \frac{\partial W_i}{\partial x} - \frac{\alpha_i S_i \gamma_i D_{ji}}{T_i - \gamma_i D_{ji} P_i} \frac{T_i^2 W_i}{P_i} \frac{\partial P_i}{\partial x} + \frac{4K_i(\gamma_i - 1)}{D_i} \times \frac{T_i^2(T_i - T_{гр})}{P_i(T_i - \gamma_i D_{ji} P_i)} + \frac{g(\gamma_i - 1)}{T_i - \gamma_i D_{ji} P_i} \frac{T_i^2 W_i}{P_i} \frac{dh}{dx} = 0, \quad i \in M_1, \quad (3)$$

$$P_i(x^{++}, t) = \varepsilon_i \cdot P_i(x^+, t), \quad i \in M_2, \quad (4)$$

$$T_i(x^{++}, t) = \varepsilon_i^{\frac{m_i - 1}{m_i}} \cdot T_i(x^+, t), \quad i \in M_2, \quad (5)$$

$$P_i(x^{++}, t) = P_i(x^+, t) - \Delta P_i, \quad i \in M_3, \quad (6)$$

$$T_i(x^{++}, t) = T_i(x^+, t) - \frac{Q_i \cdot 13,9489 \cdot 86400}{\rho_{в.ст} \cdot W_i(x^+, t) \cdot S_i \cdot \Delta \cdot C_{п.г} \cdot 10^6}, \quad i \in M_3, \quad (7)$$

$$P_i(x^{++}, t) = P_i(x^+, t) - \zeta \frac{R \cdot g}{2F_{кр}^2} \cdot \frac{T_i(x^{++}, t) z_{кр}}{P_i(x^{++}, t)} \times G_i^2(x^+, t), \quad i \in M_4, \quad (8)$$

$$T_i(x^{++}, t) = T_i(x^+, t) - D_{ji}(P_i(x^+, t) - P_i(x^{++}, t)), \quad i \in M_4, \quad (9)$$

$$\sum_{j \in V_m^+} G_j(x^{++}, t) = \sum_{i \in V_m^-} G_i(x^+, t), \quad m \in V_2 \cup V_4 \cup V_5 \cup V_6 \cup V_7 \cup V_8 \cup V_9, \quad (10)$$

$$P_{y3}^m = P_j(x^{++}, t) = P_i(x^+, t), \quad j \in V_m^+, \quad i \in V_m^-,$$

$$m \in V_2 \cup V_4 \cup V_5 \cup V_6 \cup V_7 \cup V_8 \cup V_9, \quad (11)$$

$$\sum_{j \in V_m^+} ((G_j(x^{++}, t))^+ \cdot T_j(x^{++}, t)) + \sum_{i \in V_m^-} ((G_i(x^+, t))^- \cdot T_i(x^+, t)) = T_{cp}^m \cdot (\sum_{j \in V_m^+} (G_j(x^{++}, t))^+ + \sum_{i \in V_m^-} (G_i(x^+, t))^-), \quad (12)$$

$$T_j^m(x^{++}, t) = T_{cp}^m(t), \quad \text{если } G_j(x^{++}, t) < 0, \quad j \in V_m^+;$$

$$T_i^m(x^+, t) = T_{cp}^m(t), \quad \text{если } G_i(x^+, t) > 0, \quad i \in V_m^-.$$

Здесь $\alpha = \frac{z_i g R}{S_i}$, $\beta = \frac{\lambda_i \alpha}{2 D_i}$, $\gamma = \frac{C_p}{C_p - z_i g R}$, $W_i(x, t)$, $P_i(x, t)$, $T_i(x, t)$ – удельный массовый расход, давление, температура газа; x , t – пространственная временная координата; z_i – коэффициент сжимаемости газа; g – ускорение свободного падения; R – газовая постоянная; S_i – площадь поперечного сечения трубы; λ_i – коэффициент гидравлического сопротивления; D_i – диаметр трубы; C_p – удельная теплоемкость газа; K – коэффициент теплопередачи от трубы к грунту; $T_{гр}$ – температура грунта; h – глубина залегания трубы; D_{ji} – коэффициент Джоуля

ля-Томсона; x^+ , x^{++} – начало и конец соответствующей дуги; V_m^+ , V_m^- – множество индексов дуг, входящих и выходящих из m -го узла графа; ε_i – степень сжатия газа на ГПА; m_i – показатель политропы; ΔP_i – значение падения давления газа при прохождении АВО; Q_i – число переданного тепла; Δ – относительный удельный вес газа по воздуху; $\rho_{в.ст}$ – плотность воздуха при стандартных условиях; $C_{p,г}$ – коэффициент теплоемкости газа; $F_{кр}$ – площадь сечения трубы за краном; $Z_{кр}$ – коэффициент сжимаемости на выходе крана; ζ – суммарный коэффициент сопротивления, отнесенный к потоку в сечении $F_{кр}$; $G(x,t)$ – массовый расход газа; $T_{ср}^m(t)$ – средняя температура газа, вытекающего из m -го узла графа МГ; $P_{уз}^m$ – давление в m -м узле графа МГ.

Для того чтобы система уравнений общей ММ ННРР МГ (1) – (12) была разрешимой, в дополнение к основным уравнениям ММ РР МГ были заданы начальные и граничные условия (ГУ).

Пусть m – номер внешнего узла, в котором будем задавать ГУ, тогда будем считать, что для m -го узла задано

$$\text{ГУ 1-го типа, если: } P_{уз}^m(t) = P^m(t), \quad (13)$$

$$\text{ГУ 2-го типа, если: } G_v^m(t) = G^m(t), \quad (14)$$

$$\text{ГУ 3-го типа, если: } T_{уз}^m(t) = T^m(t), \quad (15)$$

где $P_{уз}^m(t)$, $G_v^m(t)$, $T_{уз}^m(t)$ – давление, расход и температура газа в m -м узле; $P^m(t)$, $G^m(t)$, $T^m(t)$ – заданные функции.

Начальное условие для расчета ННРР МГ определяется заданием распределения расходов, давлений и температур газа в начальный момент времени для всех УТ и имеет следующий вид:

$$W_i(x,0) = W_i^0(x), P_i(x,0) = P_i^0(x), T_i(x,0) = T_i^0(x),$$

где $x \in [x_i^+, x_i^{++}]$, $\forall i \in M_1$, x_i^+ , x_i^{++} – начальная и конечная координаты соответствующего УТ; $W_i^0(x)$, $P_i^0(x)$, $T_i^0(x)$ – известные функции.

Так как на ЧДКС стоит система автоматического управления (САУ), в узле, соответствующем выходу ЧДКС, задаются ГУ 1-го и 3-го типов, моделирующие ситуацию работы на ЧДКС средств локальной автоматики, позволяющих поддерживать давление и температуру газа на выходе с КС в заданном режиме.

Метод решения полученной взаимосвязанной системы уравнений ММ ННРР МГ подробно изложен в [2, 4, 5]. Основан предложенный метод на применении метода конечных разностей. Аппроксимация уравнений системы, соответствующих УТ, проводится с использованием неявной конечно-разностной схемы, определенной на четырехточечном шаблоне. После замены частных производных в системе ДУ получаем систему нелинейных алгебраических уравнений, которая является дискретным аналогом системы урав-

нений общей ММ ННРР МГ. Далее системы уравнений дискретного аналога решаются методом Ньютона путем линеаризации.

Полученная линейная система, которая состоит из линейных уравнений, описывающих режимы течения газа по УТ, линеаризованных уравнений ММ ГПА, АВО и кранов и линеаризованных условий согласования, является переопределенной. Далее переопределенная система уравнений сводится к определенной, что позволяет существенно сократить размерность линейной системы и обеспечивает ее разрешимость в алгебраическом смысле. Сведение к определенной системе состоит в том, что часть переменных с помощью условий согласования исключается из системы линейных уравнений (СЛУ) и число переменных становится равным числу уравнений.

Полученная линейная система уравнений решается относительно векторов поправок к неизвестным методом Гаусса с выбором главного элемента. Для всех промежуточных узлов на каждом шаге вычислений находятся исключенные ранее переменные, а для промежуточных узлов, соответствующих соединению нескольких УТ, также рассчитывается средняя температура газа.

Подробно все преобразования, связанные с переходом от переопределенной СЛУ к определенной, а также преобразования, касающиеся совместного расчета РР КС и САУ КС с режимами течения газа по УТ, описаны в [2, 5].

3. Практическая реализация и исследование полученных результатов

Для начала исходная схема МГ ШБКБ была упрощена за счет эквивалентирования (параллельных и последовательных) линейных участков трубопровода разного диаметра [6]. Это помогло уменьшить размерность полученной в итоге системы уравнений, описывающей ННРР МГ, за счет сокращения числа дуг расчетной схемы МГ. Так как все краны на данном МГ были открыты, на получившейся расчетной схеме они не изображены.

Полученный в итоге расчетный граф принял вид, представленный на рис. 1.

Данный расчетный граф содержит 3 входа (узлы 0, 12, 46) и 21 выход (узлы 2, 5, 8, 13, 15, 17, 18, 21, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 41, 44, 45).

На графе 0-й узел соответствует выходу из ЧДКС, 12-й – газоконденсатному месторождению (ГКМ) Денисовское, 44-й – ГРС ТЭЦ-5, 46-й – ГРС Юлиевское.

В качестве начального распределения был взят имеющийся РР газопровода в зимний период времени (что соответствует увеличенной нагрузке газопровода по сравнению с летним периодом) с суммарным коммерческим расходом природного газа, равным 9,890259 млн м³/сут. и температурой газа и грунта $T = 3^\circ\text{C}$. Потребляемый объем газа на ТЭЦ-5 составляет 2,424 млн м³/сут., что соответствует работе на

Граничные условия

Номер узла	Граничное условие
0	$P^0(t) = 28,1 \text{ атм.}$ $T^0(t) = 3^\circ \text{C}$
12	$P^{12}(t) = 27,9611 \text{ атм.}$ $T^{12}(t) = -9^\circ \text{C}$
46	$P^{46}(t) = 33,21328 \text{ атм.}$ $T^{46}(t) = 3^\circ \text{C}$
5	$q^5(t) = 1,872 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
8	$q^8(t) = 0,06 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
13	$q^{13}(t) = 0,048 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
15	$q^{15}(t) = 0,084 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
17	$q^{17}(t) = 0,768 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
18	$q^{18}(t) = 0,096 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
21	$q^{21}(t) = 0,0816 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
22	$q^{22}(t) = 0,06 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
24	$q^{24}(t) = 0,0648 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
26	$q^{26}(t) = 0,06 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
28	$q^{28}(t) = 0,0624 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
30	$q^{30}(t) = 0,06 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
32	$q^{32}(t) = 0,0648 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
34	$q^{34}(t) = 0,06 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
36	$q^{36}(t) = 3,672 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
38	$q^{38}(t) = 0,0672 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
40	$q^{40}(t) = 0,072 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
41	$q^{41}(t) = 0,0912 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
44	$q^{44}(t) = 2,424 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$
45	$q^{45}(t) = 0,0624 \text{ млн м}^3 / \text{сут.}$

ТЭЦ-5 двух электрогенераторов из трех, т.е. средней нагрузке.

На входах МГ задавались граничные условия 1-го и 3-го типов ((13), (15)), на выходах – 2-го типа (14) (таблица).

Расчеты проводились при помощи информационно-аналитической системы оперативно-диспетчерского управления газотранспортными системами (ГТС) «СИГМА» с подключенным к ней программным модулем для моделирования ННРР ГТС. Данный модуль написан на основании разработанных и предложенных ранее авторами математической модели и метода расчета ННРР ГТС произвольной структуры с многониточными линейными участками и многоцеховыми КС [2 – 5].

Для данного РР МГ был проведен ряд экспериментов по моделированию переходных режимов, связанных с понижением давления газа на выходе ЧДКС и полным ее отключением.

Рассмотрим для начала случай линейного понижения давления на выходе ЧДКС с 28,1 атм. до 20,1 атм. Расчеты проводились на период времени [0, 1600] минут с шагом по времени $\Delta t = 2 \text{ мин.}$

В данном случае граничное условие в 0-м узле (на выходе ЧДКС) примет вид:

$$P^0(t) = \begin{cases} 28,1 \text{ атм, } 0 \leq t \leq 100, \\ (-0,04 \cdot t + 30,1) \text{ атм, } 100 < t < 500, \\ 20,1 \text{ атм, } 500 \leq t \leq 1600, \end{cases}$$

$$T^0(t) = 3^\circ \text{C, } 0 \leq t \leq 1600.$$

Тогда при заданной структуре МГ и имеющихся давлениях и объемах подаваемого газа на входах и выходах МГ получим результаты, приведенные на рис. 2-5.

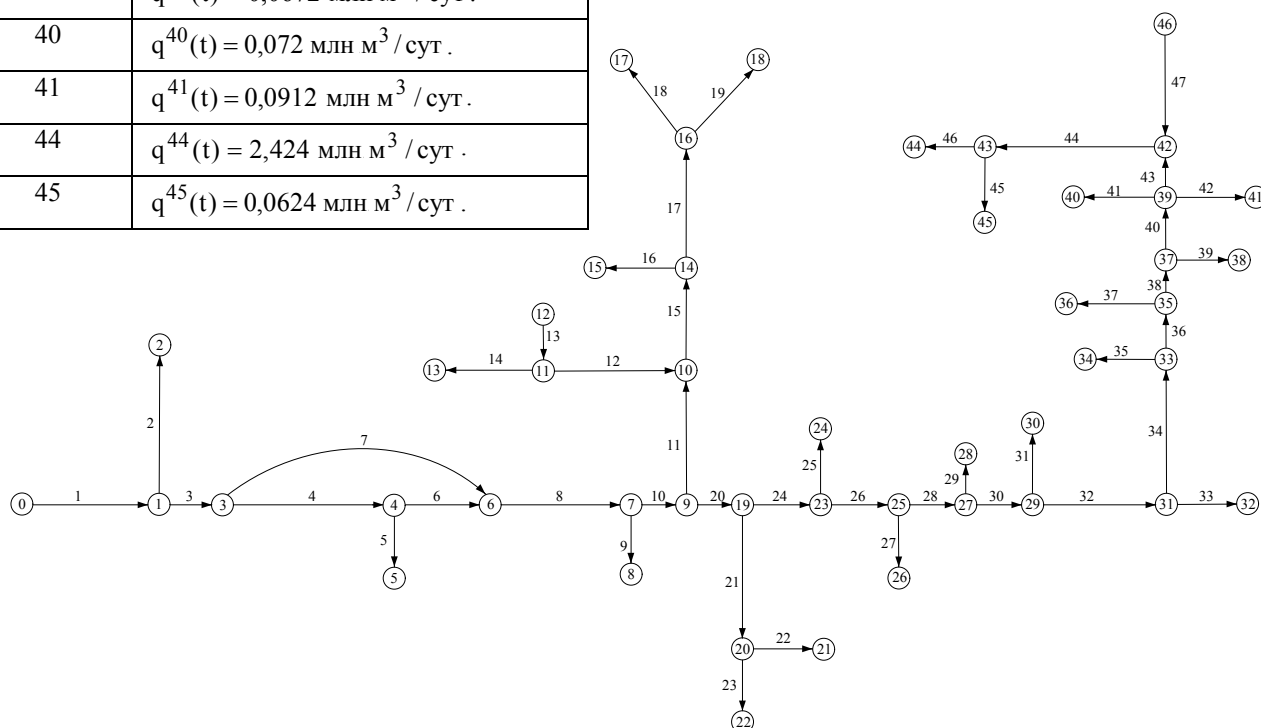


Рис. 1. Расчетный граф МГ ШБКБ

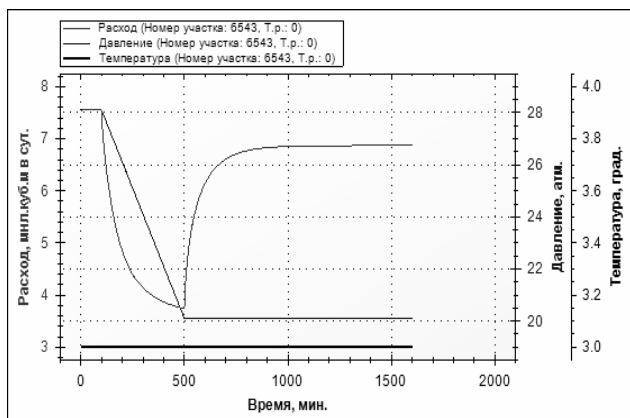


Рис 2. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 0-м узле на выходе ЧДКС

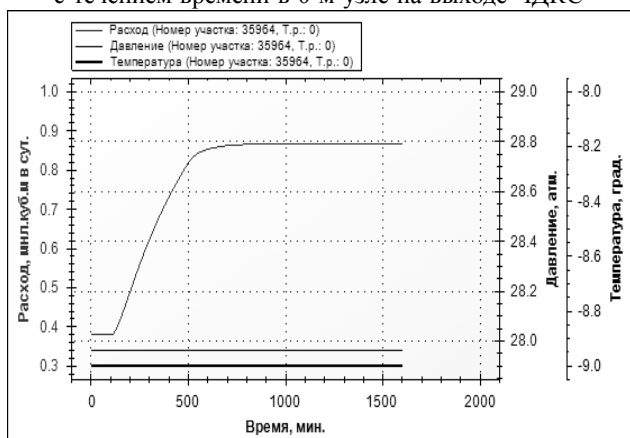


Рис 3. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 46-м узле, ГРС Юлиевская

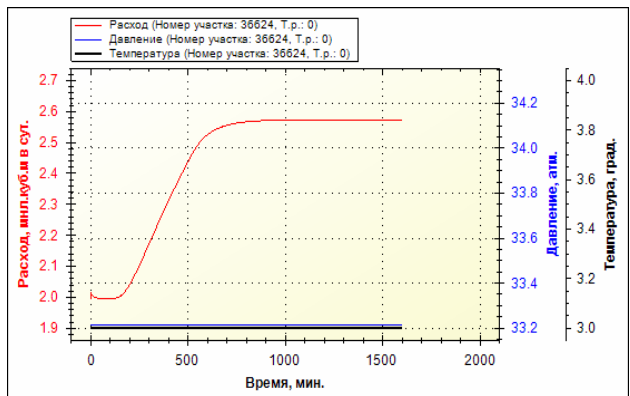


Рис 4. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 12-м узле, ГКМ Денисовское

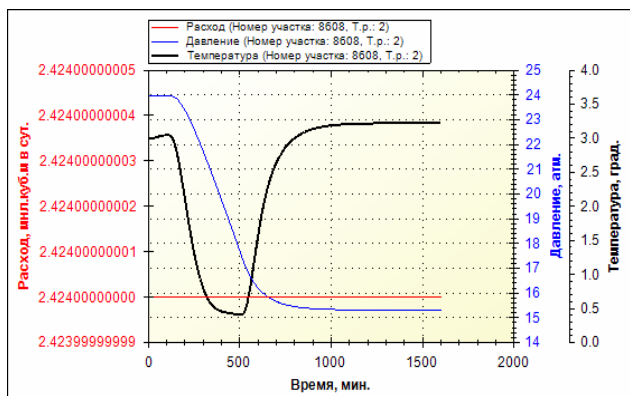


Рис 5. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 44-м узле на входе ТЭЦ-5

Новый стационарный режим на всем МГ установился через 900 мин. после начала переходного процесса. При данном режиме давление газа на входе ТЭЦ-5 падает до 15,32 атм., что не является критическим для ее работы. При этом происходит небольшое перераспределение потоков газа и газ на 43-м УТ меняет направление и начинает поступать с Юлиевской ГРС, вместо основной нити ШБКБ.

При понижении давления газа на выходе ЧДКС до 18,1 атм. расчеты проводились на период времени [0, 2800] мин. с шагом по времени $\Delta t = 5$ мин.:

$$P^0(t) = \begin{cases} 28,1 \text{ атм}, & 0 \leq t \leq 600, \\ (-0,02 \cdot t + 40,1) \text{ атм}, & 600 < t < 1100, \\ 18,1 \text{ атм}, & 1100 \leq t \leq 2800, \end{cases}$$

$T^0(t) = 3^\circ \text{C}$, $0 \leq t \leq 2800$; получаем результаты, приведенные на рис. 6-9.

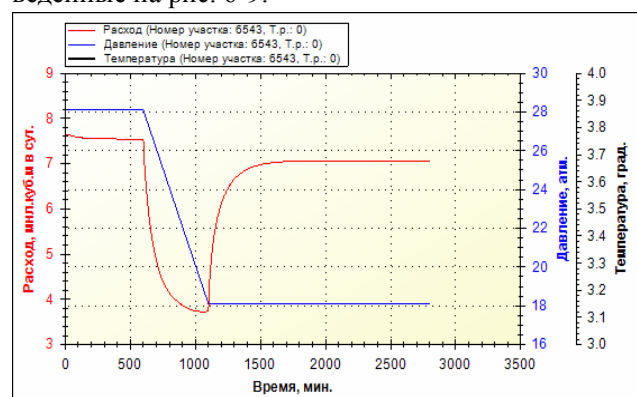


Рис 6. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 0-м узле на выходе ЧДКС

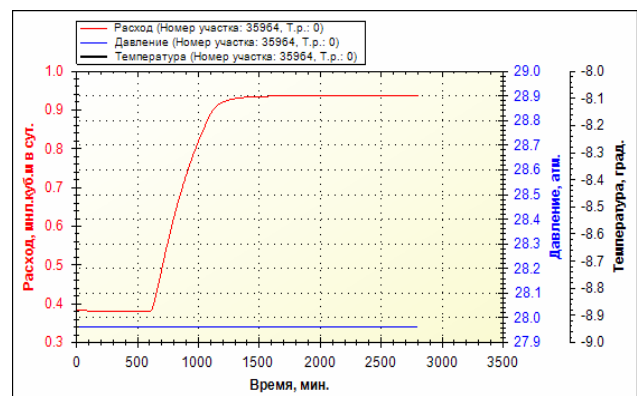


Рис 7. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 46-м узле, ГРС Юлиевская

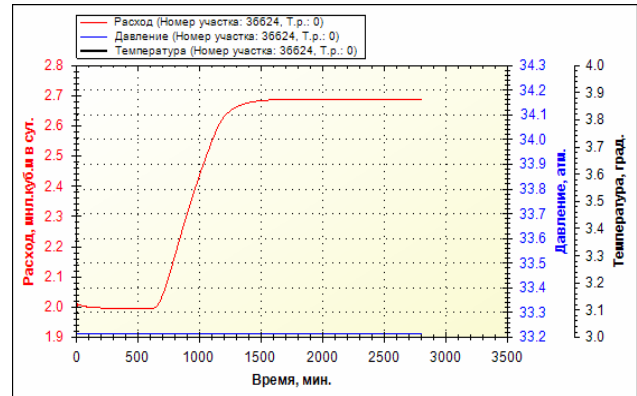


Рис 8. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 12-м узле, ГРС Денисовское

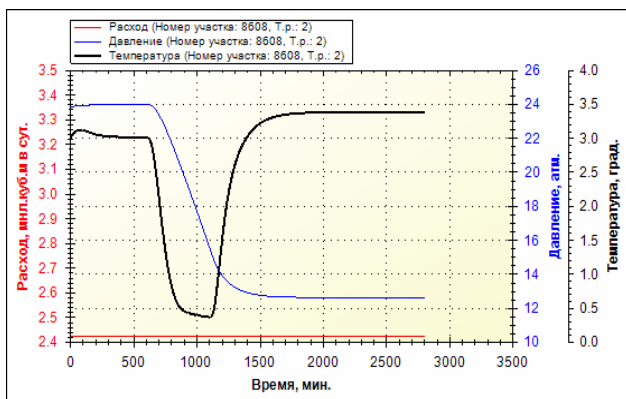


Рис 9. Изменение расхода, давления и температуры газа с течением времени в 44-м узле на входе ТЭЦ-5

В данном случае изменение параметров газа во времени имеет аналогичный характер, однако давление на входе ТЭЦ-5 падает уже до 12,5 атм. При этом потоки газа меняют направление уже на нескольких УТ (40, 43). Переходные процессы длились 1200 мин. и уже с 1800 мин. моделируемый РР МГ вышел на новый стационарный режим.

Дальнейшее понижение давления газа на выходе ЧДКС ведет к понижению давления на входе ТЭЦ-5 до критического уровня и ниже.

Также при моделировании полного отключения ЧДКС и подачи некомпримированного природного газа с ШГКМ газопроводом ШБКБ давление газа на входе ТЭЦ-5 падает до 5 атм., что может привести к аварии и является недопустимым.

Таким образом, полученные результаты показали, что сильное понижение давления на выходе ЧДКС и, как следствие, полное отключение ЧДКС при заданной структуре МГ, периоде времени и РР газопровода при имеющихся давлении и объеме подаваемого газа невозможно. Так, при сильном понижении давления газа на выходе ЧДКС давление на входе ТЭЦ-5 становится близким к критическому, даже при средней нагрузке ТЭЦ-5. Данный вывод подтверждается проведенным натурным экспериментом.

4. Выводы и практическая значимость результатов исследования

Научная новизна: впервые, на основании предложенных ранее ММ и метода расчета ННРР ГТС произвольной структуры с многониточными линейными участками и многоцеховыми компрессорными станциями проведены моделирование и численный анализ ННРР МГ ШБКБ, позволяющие проверить гипотезу о возможности понижения давления газа на выходе ЧДКС или полного ее отключения при имеющемся РР МГ ШБКБ.

Проведенный анализ переходных процессов позволяет сделать вывод о невозможности отключения ЧДКС и сильного понижения выходного давления газа, так как при имеющихся режиме и схеме подачи газа давление на ТЭЦ-5 становится аварийным и критично низким для стабильной и безаварийной работы, а

полученный РР МГ ставит под угрозу надежную эксплуатацию МГ и ГРС и, как следствие, бесперебойное газоснабжение потребителей газа.

Также, исходя из полученных результатов исследования, можно сказать, что не только нельзя отключать ЧДКС, но и есть необходимость наращивать ее производительность. Это позволит не только поддерживать объемы добычи природного газа с ШГКМ на достигнутом уровне, но и нарастить добычу газа с месторождения. Строительство второй ступени сжатия на ЧДКС обеспечит компенсацию природного падения добычи газа с ШГКМ из-за его выработки, но и позволит решить проблемы сезонной неравномерности потребления газа Харьковским промузлом, а также появится возможность одновременной раздельной подачи газа на несколько МГ.

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности прогнозировать, отслеживать и контролировать безопасные РР газопровода и ТЭЦ-5 при изменении нагрузки на ЧДКС.

Литература: 1. Холодов В. І. Перерозподіл газових потоків у Харківському промвузлі та зміни в системі газопостачання м. Харкова // Коммунальное хозяйство городов. К.: Техніка, 2005. Вып. 63. С. 200–206. 2. Боярская Ю. В. Учет моделей технологического оборудования при расчете неустановившихся режимов транспорта газа в многониточном магистральном газопроводе / Ю. В. Боярская, И. Г. Гусарова, А. В. Каминская, А. Д. Тевяшев // Вісник Харківського національного університету. Серія “Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. 2009. Вип. 11. № 847. С. 25–39. 3. Тевяшев А. Д. Учет эффекта Джоуля-Гомсона в тепловых расчетах для участка магистрального газопровода / А. Д. Тевяшев, И. Г. Гусарова, Ю. В. Буданцева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2006. 2/3 (20). С. 57–61. 4. Боярская Ю. В. Учет работы аппарата воздушного охлаждения при математическом моделировании нестационарных режимов транспорта природного газа по многониточному магистральному газопроводу // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. 3/3 (39). С. 44–51. 5. Гусарова И. Г. Классы задач математического моделирования и численного анализа нестационарных режимов работы газотранспортной системы // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. 3/6 (45). С. 26–33. 6. Сарданашвили С. А. Расчетные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа). М.: ФГУП. Изд-во «Нефть и газ». РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2005. 577 с.

Поступила в редколлегия 03.08.2011

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

Боярская Юлия Владимировна, инженер кафедры прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование сложных процессов. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (057) 702-14-36.

Гусарова Ирина Григорьевна, канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование и численный анализ нестационарных режимов транспорта и распределения целевых продуктов. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (057) 702-14-36.