

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.4.08

УДК 62-533.65

Т.В. Шерстобитова, М.С. ОреховПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПОДОГРЕВОМ ПРИРОДНОГО ГАЗА
НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ**

Газораспределительная станция (ГРС) – это комплекс установок для распределения газа и изменения его давления. Она предназначена для обработки газа, а также для обеспечения природным газом населенных и промышленных пунктов.

ГРС обеспечивает:

- 1) очистку природного газа от жидких и твердых примесей;*
- 2) подогрев природного газа;*
- 3) редуцирование природного газа;*
- 4) измерение расхода природного газа;*
- 5) одоризацию природного газа;*
- 6) транспортировку природного газа потребителям.*

Для повышения надежности ГРС и снижения экономических расходов на нужды производства требуется ее полная автоматизация. В связи с этим в качестве объекта управления по результатам обследования технологических процессов ГРС рассматривается узел подогрева и существующие системы автоматизации.

В данной работе проведен анализ функционирования системы управления, который выявил проблему, связанную с точностью стабилизации температуры природного газа после узла подогрева на заданном значении. Уменьшение дисперсии значения температуры приведет к снижению расхода газа на горелки и исключит обмерзание узла редуцирования.

В настоящее время на газораспределительной станции температура природного газа после подогревателей регулируется вручную по показаниям датчика температуры. Вследствие этого не обеспечивается достаточная точность поддержания температуры, что приводит к большим экономическим потерям из-за перерасхода природного газа на собственные нужды.

В результате разработана система автоматического регулирования поддержания температуры после узла подогрева и программно-логическое управление по включению и отключению дополнительного и резервных подогревателей по показаниям датчика температуры.

Ключевые слова: *природный газ, узел подогрева, подогреватель, температура, программно-логическое управление.*

T.V. Sherstobitova, M.S. Orekhov

Perm national research polytechnic university, Perm, Russia

DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM FOR HEATED NATURAL GAS ON THE GAS STATION

Gas distribution station (GDS) is a complex of installations for the distribution of gas and adjust its pressure. It is designed to handle gas and to supply natural gas to towns and industrial settlements.

GDS provides:

- 1) the purification of natural gas from liquid and solid impurities;*
- 2) heating of natural gas;*
- 3) reducing natural gas;*
- 4) flow measurement of natural gas;*
- 5) the odorization of natural gas;*
- 6) the transportation of natural gas to consumers.*

To improve the reliability of the GDS and reduce the economic expenditure on production is required for full automation.

In this regard, as a control objects the results of the survey of technological processes GRS is considered the heating unit and the existing automation system.

In this work the analysis of the operation of the control system, which poses a problem associated with the accuracy of stabilization of temperature of natural gas after the heating unit at a predetermined value. The decrease of the dispersion temperature will reduce the gas flow to the burner and will eliminate the freezing of the reduction unit.

Currently, gas-distributing station of natural gas temperature after the heaters is adjusted manually by readings of temperature sensor. As a consequence, does not provide sufficient accuracy of temperature, which leads to great economic losses due to overspending of natural gas for own needs.

The developed automatic control system maintain the temperature after heating unit and programmable logic control for enabling and disabling the additional and redundant heaters on the temperature sensor.

Keywords: *heater, to apply a bypass valve, program logical control, natural gas, heating unit, temperature.*

До поступления потребителям природный газ проходит несколько стадий подготовки [1]: очистки; подогрева; снижения давления (редуцирования); одоризации.

По трубопроводу природный газ поступает в зал очистки, где происходит отделение его от твердых и жидких примесей.

Далее очищенный природный газ с помощью байпасной линии распределяется на 2 потока. Один поток направляется на подогрев, второй, минуя подогреватели, отправляется в узел редуцирования, тем самым поддерживая температуру на выходе узла подогрева. После подогрева давление газа снижается на узле редуцирования.

Далее производится одоризация природного газа одорантом (этилмеркаптаном) и измерение расхода. После этого природный газ направляется потребителям. Технологическая структура подготовки природного газа и его транспортировки представлена на рис. 1.

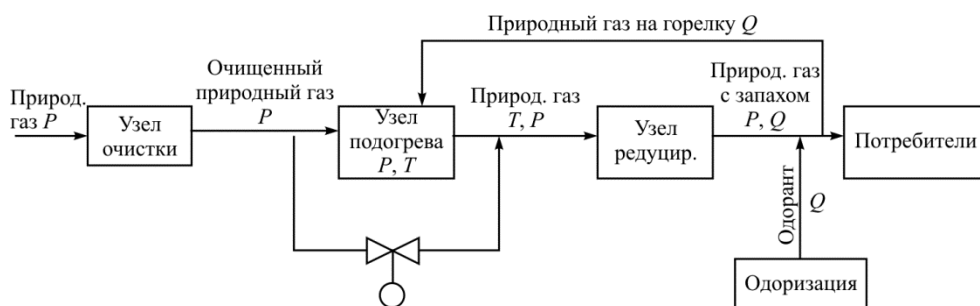


Рис. 1. Технологическая структура подготовки природного газа и транспортировки его потребителям

Экспериментальная часть

В качестве объекта управления по результатам обследования технологических процессов ГРС рассматривается узел подогрева и существующие системы автоматизации [2, 3].

На объекте автоматизации проведен эксперимент по определению динамических характеристик канала управления «степень открытия задвижки на байпасной линии – температура газа». Переходная характеристика канала при изменении степени открытия задвижки с 5 до 35 % представлена на рис. 2. Данные регистрируются с периодом 90 с (табл. 1) [4, 7].

Проведена обработка экспериментальных данных. Экспериментальная переходная характеристика аппроксимирована передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{-0.22}{1+326p} \cdot e^{-90p}.$$

Далее в табл. 2 рассмотрены результаты расчета процента ошибки между экспериментальными и расчетными данными.

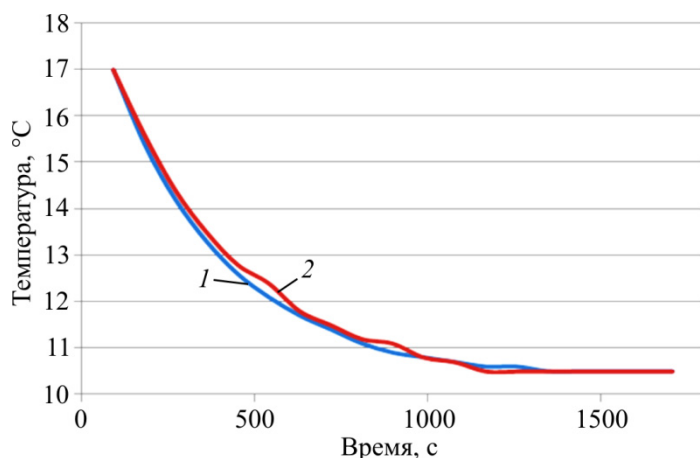


Рис. 2. Экспериментальная (1) и расчетная (2) переходные характеристики «температура газа – степень открытия задвижки»

Таблица 1

Экспериментальные данные

Время, с	Температура газа, °С	Время, с	Температура газа, °С
0	17,1	900	11,1
90	17,0	990	10,8
180	15,6	1080	10,7
270	14,4	1170	10,5
360	13,5	1260	10,5
450	12,8	1350	10,5
540	12,4	1440	10,5
630	11,8	1530	10,5
720	11,5	1620	10,5
810	11,2	1710	10,5

Таблица 2

Таблица ошибок

Время, с	Экспериментальные данные	Расчетные данные	Ошибка, %
90	17,0	17	0
180	15,6	15,4	3
270	14,4	14,2	3
360	13,5	13,3	3
450	12,8	12,6	3
540	12,4	12,1	4
630	11,8	11,7	1
720	11,5	11,4	1
810	11,2	11,1	1
900	11,1	10,9	3
990	10,8	10,8	0

Окончание табл. 2

Время, с	Экспериментальные данные	Расчетные данные	Ошибка, %
1080	10,7	10,7	0
1170	10,5	10,6	1
1260	10,5	10,6	1
1350	10,5	10,5	0
1440	10,5	10,5	0
1530	10,5	10,5	0

Произведем расчет настроечных параметров ПИД-регулятора по минимальному линейному интегральному критерию с ограничением на частотный показатель колебательности (степень затухания $\psi = 0,9$) [8, 9].

Полученные настройки: $K_p = 16$; $T_n = 120$; $T_d = 54$.

На рис. 3 представлена модель системы регулирования поддержания температуры, реализованная в Matlab+Simulink [10, 11].

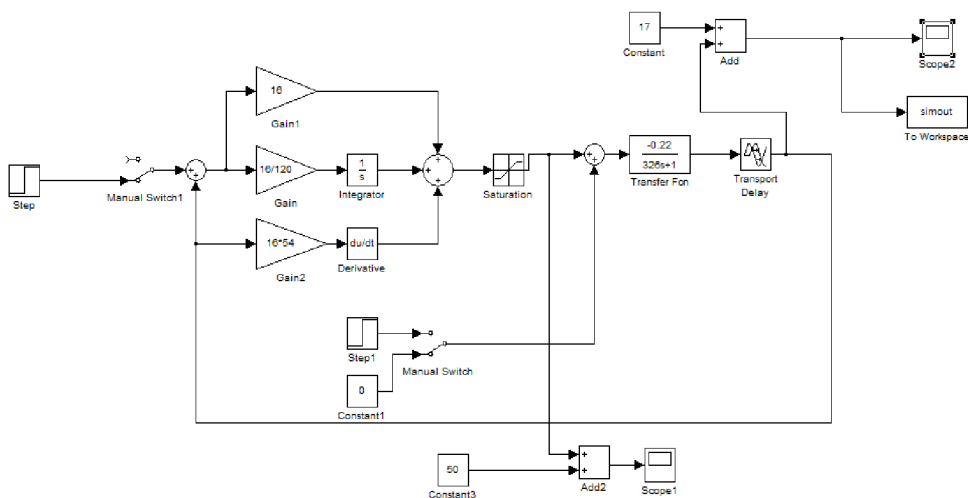


Рис. 3. Модель системы регулирования поддержания температуры

На рис. 4 изображен отклик системы регулирования на ступенчатое воздействие по каналу задания.

Показатели качества регулирования [12]:

1. Установившееся значение выходной величины:

$$Y_{уст} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = 15,0.$$

2. Степень затухания

$$\psi = 1 - \frac{A_3}{A_1} = 0,92.$$

3. Перерегулирование

$$\sigma = \frac{A_1}{A_3} \cdot 100\% = 46\%.$$

4. Время регулирования $t_p = 388$ с.

5. Период колебания $T = 912$ с.

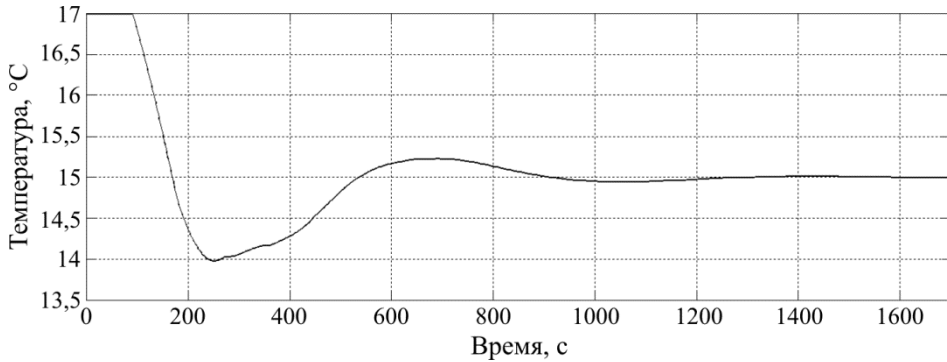


Рис. 4. Отклик системы регулирования на ступенчатое воздействие по каналу задания

Для стабилизации температуры был разработан алгоритм включения/отключения дополнительного подогревателя (рис. 5) [13–15].

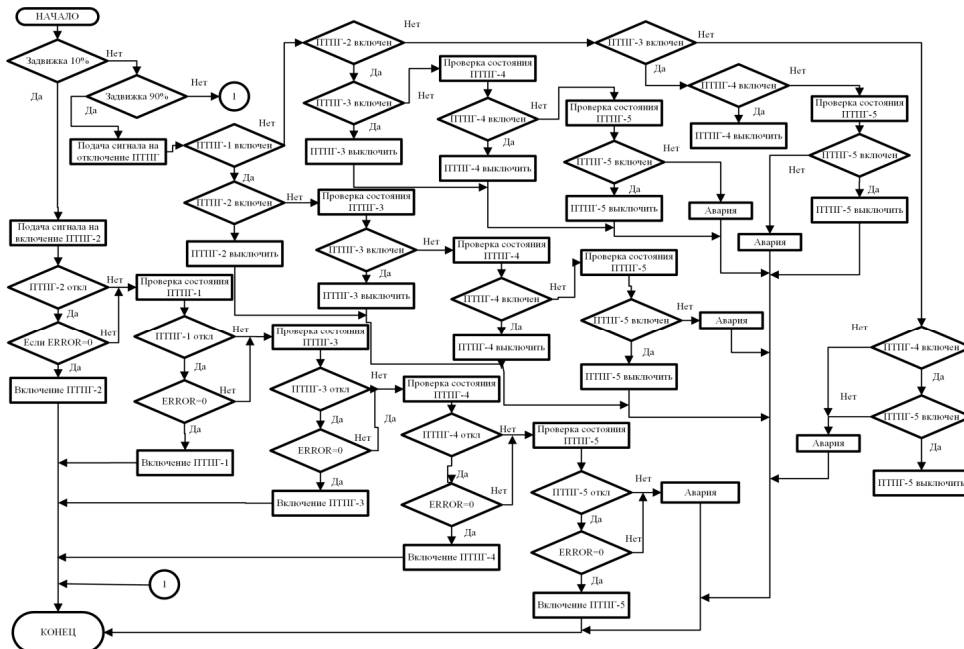


Рис. 5. Схема алгоритма программно-логического управления включения/выключения дополнительного подогревателя

В процессе выполнения данной работы разработаны:

- 1) система управления подогревом природного газа;
- 2) алгоритм регулирования температуры природного газа;
- 3) алгоритм ПЛУ включения/отключения дополнительного и резервных подогревателей.

Вследствие этого достигнута стабилизация температуры природного газа в диапазоне 12–16 °С. Следовательно, уменьшится расход природного газа на горелку и его затраты (себестоимость процесса подогрева).

Список литературы

1. Лыков А.Г. Производственные автоматизированные системы: АСУТП установки предварительной подготовки газа УППГ-2В Ямбургского газоконденсатного месторождения // Автоматизация в промышленности. – 2003. – № 10. – С. 8–10.

2. Ицкович Э.Л. Проведение работ по автоматизации производства: метод объективного выбора системы автоматизации для конкретного технологического агрегата // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 9. – С. 5–10.

3. Ицкович Э.Л. Производственные автоматизированные системы: эволюция средств и систем автоматизации технологических процессов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 8. – С. 3–10.

4. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 352 с.

5. Дробкина Е.В. Автоматизация тепловых процессов. – М.: Изд-во МИИТ, 2011. – 39 с.

6. Ключев А.С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 355 с.

7. Барласов Б.З., Ильин В.И. Настройка приборов и систем автоматизации. – М.: Высшая школа, 2012. – 351 с.

8. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 400 с.

9. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.

10. Советов Б.Я. Моделирование системы. – М.: Высшая школа, 2003. – 343 с.

11. Федоткин И.М. Математическое моделирование технологических процессов. – М.: Либроком, 2011. – 416 с.

12. Сташков С.И., Орехов М.С. Анализ и синтез одноконтурных систем автоматического регулирования технологических параметров. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 99 с.

13. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. – М.: Инфра – Инженерия, 2008 – 928 с.
14. Шидловский С.В. Автоматизация технологических процессов и производств. – Томск: НТЛ, 2005 – 100 с.
15. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов. – М.: Академия, 2005 – 352 с.

References

1. Lykov A.G. Proizvodstvennye avtomatizirovannye sistemy: ASUTP ustanovi predvaritel'noi podgotovki gaza [Automated Manufacturing systems: PCs set of preliminary preparation of gas]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2003, no. 10, pp. 8-10.
2. Itskovich E.L. Provedenie rabot po avtomatizatsii proizvodstva: metod ob'ektivnogo vybora sistemy avtomatizatsii dlia konkretnogo tekhnologicheskogo agregata [The works on automation of production: the method of objective selection of the automation system for the specific process unit]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2010, no. 9. pp. 5-10.
3. Itskovich E.L. Proizvodstvennye avtomatizirovannye sistemy: evoliutsiia sredstv i sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov [Industrial automated systems: evolution of means and systems of automation of technological processes]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2009, no. 8, pp. 3-10.
4. Pletnev G.P. Avtomatizatsiia tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv v teploenergetike [Automation of technological processes and productions in power system]. Moscow: MEI, 2007, 352 p.
5. Drabkina E.V. Avtomatizatsiia teplovykh protsessov [Automation of thermal processes]. Moscow: MIIT, 2011, 39 p.
6. Kliuev A.S. Naladka sredstv avtomatizatsii i avtomaticheskikh sistem regulirovaniia [Commissioning of automation and control systems]. Moscow: Energoatomizdat, 1989. 355 p.
7. Barlasov B.Z. Naladka priborov i sistem avtomatizatsii [Commissioning of devices and systems of automation]. Moscow, Vysshaia shkola, 2012, 351 p.
8. Rotach V.Ia. Teoriia avtomaticheskogo upravleniia [Theory of automatic control]. Moscow: Energoatomizdat, 2008, 400 p.
9. Fillips Ch. Sistemy upravleniia s obratnoi sviaz'iu [Feedback control system]. Moscow: Laboratoriia Bazovykh Znani, 2001, 616 p.
10. Sovetov B.Ia. Modelirovanie sistemy [Modeling the system]. Moscow: Vysshaia shkola, 2003, 343 p.

11. Fedotkin I.M. Matematicheskoe modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov [Mathematical modelling of technological processes]. Moscow: Librokom, 2011, 416 p.

12. Stashkov S.I., Orekhov M.S. Analiz i sintez odnokonturnykh sistem avtomaticheskogo regulirovaniia tekhnologicheskikh parametrov [Analysis and synthesis of single-circuit automatic control systems of technological parameters]. Perm: Izd-vo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2014, 99 p.

13. Fedorov Iu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP: proektirovanie i razrabotka [The engineer's Handbook on process control system: design and development]. Moscow: Infra – Inzheneriia, 2008, 928 p.

14. Shidlovskii S.V. Avtomatizatsiia tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv [Automation of technological processes and productions]. Tomsk, NTL, 2005, 100 p.

15. Shishmarev V.Iu. Avtomatizatsiia tekhnologicheskikh protsessov [Automation of technological processes]. Moscow, Akademiia, 2005, 352 p.

Получено 24.10.2017

Об авторах

Шерстобитова Татьяна Вячеславовна (Пермь, Россия) – студентка, кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tanyusha0795@mail.ru).

Орехов Михаил Сергеевич (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов и производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29).

About the authors

Tatiana V. Sherstobitova (Perm, Russian Federation) – Student, Department of technological process automation Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: tanyusha0795@mail.ru).

Mikhail S. Orekhov (Perm, Russian Federation) – Senior lecturer of the Department of automation of technological processes and production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm).