

DOI: 10.15593/2224-9400/2019.3.06

УДК 65.011.56

**С.А. Власов, Я.С. Шамшиева**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия**АВТОМАТИЗАЦИЯ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА  
ВАКУУМСОЗДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ АВТ**

*Проанализирован технологический процесс установки атмосферно-вакуумной трубчатки, отвечающий за первичную переработку нефти с целью получения фракций, используемых для последующих процессов, и входящей в ее состав вакуумсоздающей системы. От качества первичной переработки нефти зависят показатели качества конечных продуктов. Объектом исследования является барометрический конденсатор на установке атмосферно-вакуумной трубчатки. Собрана информация, необходимая для расчетов технологического объекта регулирования.*

*Проведен анализ функционирования системы управления, который выявил проблему, связанную с точностью регулирования уровня в баромконденсаторе. Основным показателем технологического процесса является уровень дизельного топлива прямогонного в баромконденсаторе. Коррекция ведется по косвенному показателю – расходу дизельного топлива прямогонного на выходе из баромконденсатора. В настоящее время уровень в баромконденсаторе регулируется одноконтурной системой регулирования. Вследствие этого не обеспечивается достаточная точность поддержания уровня.*

*Произведена идентификация объекта управления, выбран контур регулирования, рассчитаны оптимальные настройки регулятора. Выполнено сравнение показателей качества действующей и рассчитанной систем регулирования. Выполнено конфигурирование системы управления на базе распределенной системы управления DeltaV. Для разработки алгоритма использованы языки функциональных блоков FBD и STL. Реализована система программно-логического управления насосами, включающая в себя систему противоаварийной защиты. Для оперативного управления контуром регулирования разработаны мнемосхемы.*

**Ключевые слова:** атмосферно-вакуумная трубчатка, вакуумсоздающая система, барометрический конденсатор, автоматизированная система управления, программируемый логический контроллер DeltaV, программное обеспечение, моделирование.

**S.A. Vlasov, Ya.S. Shamshieva**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**AUTOMATION OF A BAROMETRIC CAPACITOR OF A VACUUM  
CREATING SYSTEM FOR THE INSTALLATION OF CDU**

*The article analyzes the technological process of installing an atmospheric vacuum tube, which is responsible for the initial processing of oil, in order to obtain fractions used for*

subsequent processes and included in its composition, a vacuum-creating system. The quality of the primary oil refining depends on the quality indicators of the final products. The object of study is a barometric capacitor in an atmospheric vacuum tube installation. The information necessary for calculating the technological object of regulation has been collected.

The article analyzes the functioning of the control system, which revealed a problem related to the accuracy of level control in a bar capacitor. The main indicator of the technological process is the level of straight-run diesel fuel in the pressure condenser. Correction is carried out according to an indirect indicator - straight-run diesel fuel consumption at the outlet of the pressure condenser. Currently, the level in the baromcondensor is regulated by a single-circuit regulation system. As a result, a sufficient accuracy of maintaining the level is not ensured.

The article identifies the control object, selects the control loop, calculates the optimal controller settings. A comparison of the quality indicators of the current regulatory system and calculated. The control system is configured on the basis of the DeltaV distributed control system. To develop the algorithm, the languages of the functional blocks FBD and STL were used. A system of program-logical control of pumps, which includes an emergency protection system, has been implemented. For operational control of the regulation loop, mimics have been developed.

**Keywords:** atmospheric-vacuum tube, vacuum-generating system, barometric capacitor, automated control system, programmable logic controller DeltaV, software, simulation.

В основе всех нефтеперерабатывающих заводов лежит установка атмосферно-вакуумной трубчатки (АВТ), отвечающая за первичную переработку нефти с целью получения фракций, используемых для последующих процессов. От качества первичной переработки нефти зависят показатели качества конечных продуктов. АВТ состоит из двух блоков: атмосферного и вакуумного. В состав установки АВТ входит вакуумсоздающая система (ВСС). Технологические связи установки представлены на рис. 1.

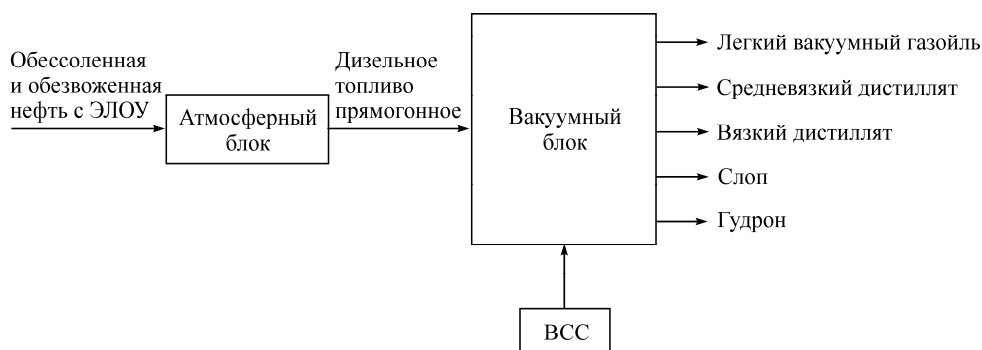


Рис. 1. Технологические связи установки АВТ

В составе вакуумсоздающей системы присутствует барометрический конденсатор (рис. 2).

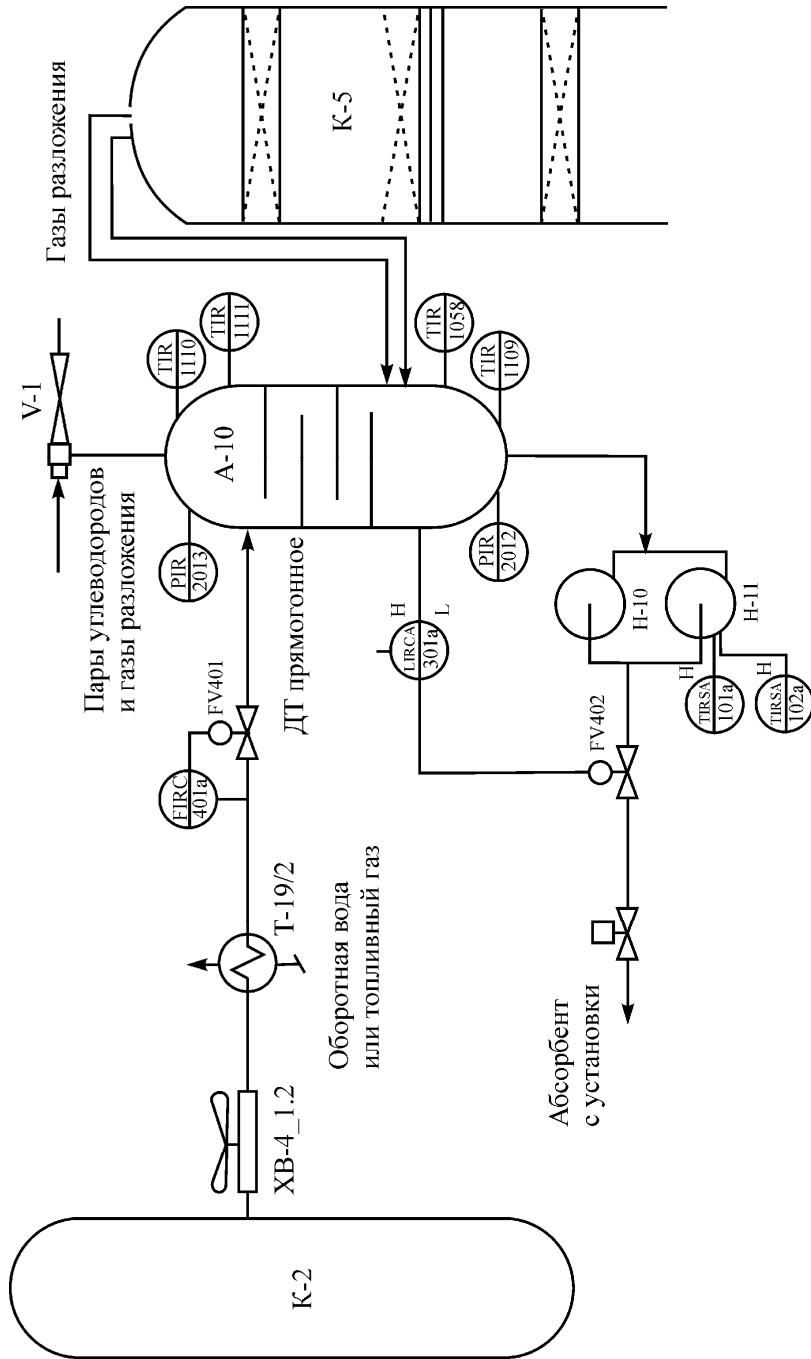


Рис. 2. Фрагмент технологической схемы вакуумсоздающей системы

С помощью ее обеспечивается поддержание вакуума в колонне К-5. ВСС состоит из барометрического конденсатора А-10 и парожетторного насоса V-1. Как правило, управление уровнем дизельного топлива (ДТ) в барометрическом конденсаторе осуществляется с помощью одноконтурной системы регулирования.

Для повышения качества выходного продукта необходимо увеличивать качество регулирования. Для этого вводится каскадная система регулирования (рис. 3). Основным показателем технологического процесса является уровень ДТ в барометрическом конденсаторе. Коррекция ведется по расходу ДТ на выходе из барометрического конденсатора [1–3].

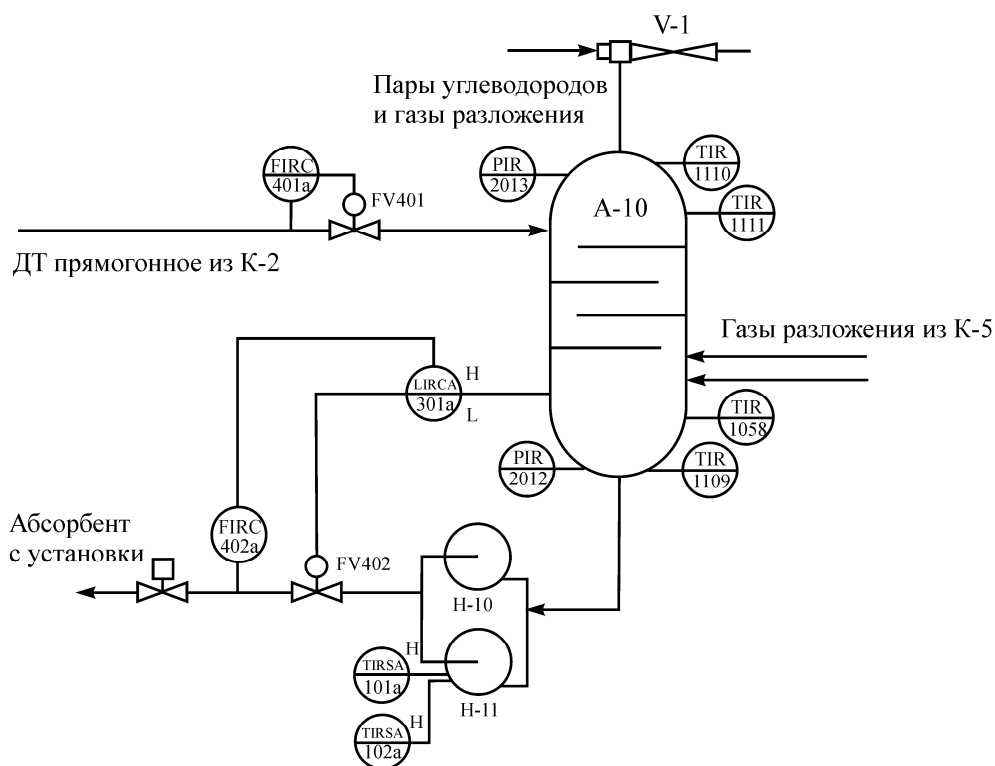


Рис. 3. Технологическая схема процесса регулирования уровня в А-10 с коррекцией по расходу

В барометрический конденсатор по двум трубам входят газы разложения из колонны К-5 и конденсируются за счет контакта с охлаждающей жидкостью дизельным топливом прямогонным. Абсорбент поступает на прием насосов и выводится с установки. Неконденсир-

рующиеся газы и пары отсасываются трехступенчатым парожеткаторным насосом.

Для получения переходных характеристик по каналу процент открытия клапана – расход ДТ и по каналу процент открытия клапана – уровень ДТ на вход системы подали ступенчатое воздействие в виде закрытия клапана с 58 до 55 %. В процессе проведения идентификации процессов получены передаточные функции объекта, представленные ниже [4–8].

Передаточная функция объекта по каналу процент открытия клапана FV-402 – расход дизельного топлива:

$$W(s) = \frac{0,00083}{1+16,796s} e^{-6,06s} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Передаточная функция объекта по каналу процент открытия клапана FV-402 – уровень ДТ в барометрическом конденсаторе:

$$W(s) = \frac{6,0528}{1+1075,1s} e^{-19,8s} \text{ м}.$$

Расчет оптимальных параметров регулятора для канала уровня произведен при ограничении на корневой показатель колебательности для ПИ- и ПИД-регулятора.

Рассчитана каскадная система автоматического регулирования и определены настройки стабилизирующего (расход) и корректирующего (температура) регуляторов (табл. 1) [9–13].

Таблица 1

Параметры настройки каскадной САР для ПИД- и ПИ-регулятора

Параметры настройки регулятора	ПИД-регулятор для внешнего контура	ПИ-регулятор для внутреннего контура
Кр	0,004	123,0257
Ти	7,67	0,0013
Тд	5,75	–

Выход каскадной САР по заданию и возмущению представлен на рис. 4 и 5.

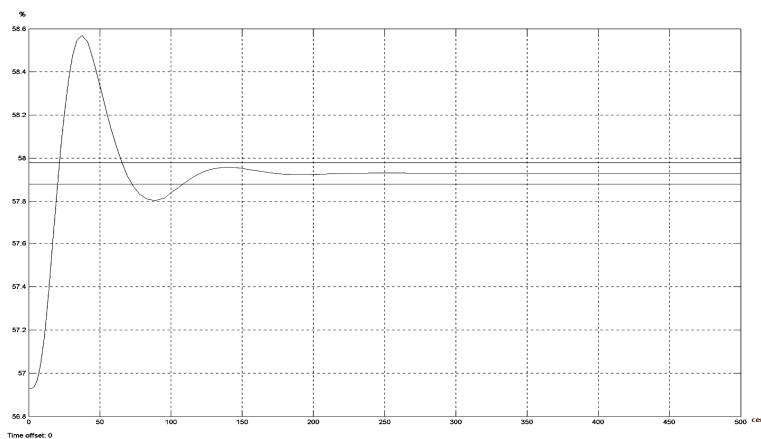


Рис. 4. Графики переходных процессов при отработке задания

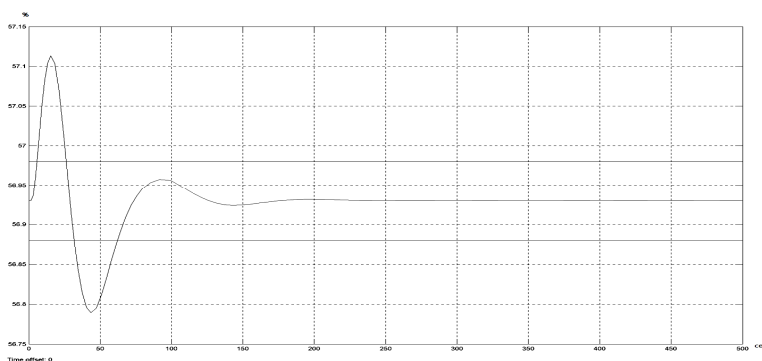


Рис. 5. Графики переходных процессов при отработке возмущения

Выполнено сравнение работы одноконтурной и каскадной схем регулирования (табл. 2).

Таблица 2

Показатель качества одноконтурной и каскадной САР

Показатель качества	По заданию		По возмущению	
	Одноконтурная	Каскадная	Одноконтурная	Каскадная
Перерегулирование, %	54	63,91	–	–
Время регулирования, с	131	108,4	82	62,1
Степень затухания $\psi$	0,99	0,96	0,99	0,96

Каскадные системы менее чувствительны к внутренним возмущениям [3].

Выполнено конфигурирование системы управления на базе PCY DeltaV (рис. 6). Для разработки алгоритма использованы языки функциональных блоков FBD и STL [14–15].

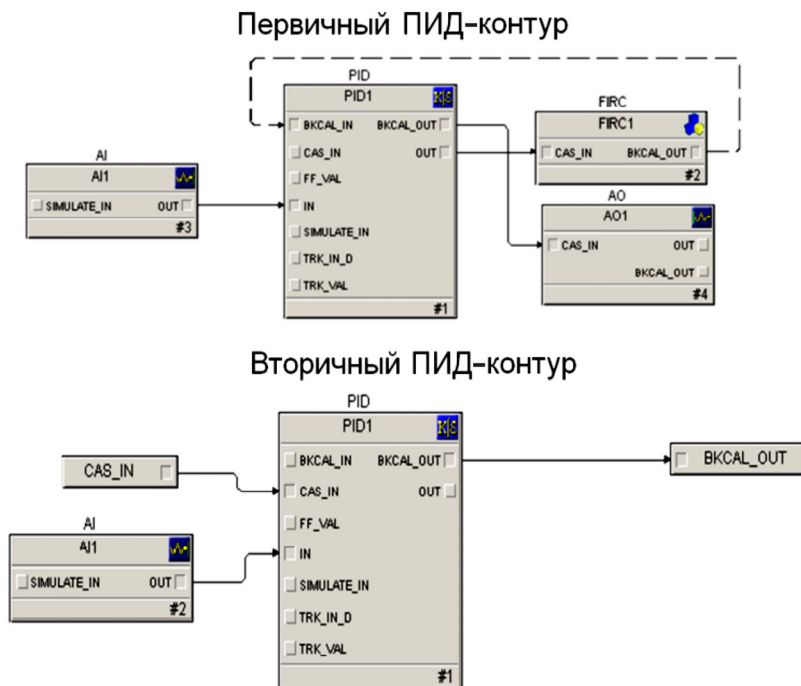


Рис. 6. Программная реализация каскадной системы регулирования

Для реализации каскадной системы управления уровня дизельного топлива с коррекцией по расходу в А-10 использованы следующие функциональные блоки:

1. Функциональный блок PID. Функциональный блок ПИД (PID) сочетает в себе всю необходимую логику для выполнения обработки аналогового входного канала, пропорционально-интегрирующе-дифференцирующее (ПИД) управление, и обработку аналогового выходного сигнала. Данный блок использован в качестве ПИД-регулятора для основного канала и ПИ-регулятора для вспомогательного канала.

2. Блок аналогового выхода (АО). На этот блок на плату АО подается сигнал о каком-либо параметре, в нашем случае сигнал на степень открытия клапана регулирования уровня в А-10 (FV-402).

3. Блок аналогового входа (АИ). На этот блок с платы АИ подается сигнал о каком-либо параметре, в нашем случае с датчиков расхода (FIRC 402a) и уровня (LIRCA 301a).

Модуль, реализующий функцию регулирования уровня, выглядит следующим образом.

Реализована система программно-логического управления насосами, включающая в себя систему противоаварийной защиты (ПАЗ). Для системы ПАЗ предложено следующее: в случае, если температура TIRSA101a переднего или заднего подшипников насоса Н-11 превысит 70 °С, то сработает предупредительная сигнализация. А при достижении 110 °С происходит останов насоса Н-11. При отказе насоса Н-11 пускается резервный насос Н-10.

Система управления насосами реализована следующим образом (рис. 7).

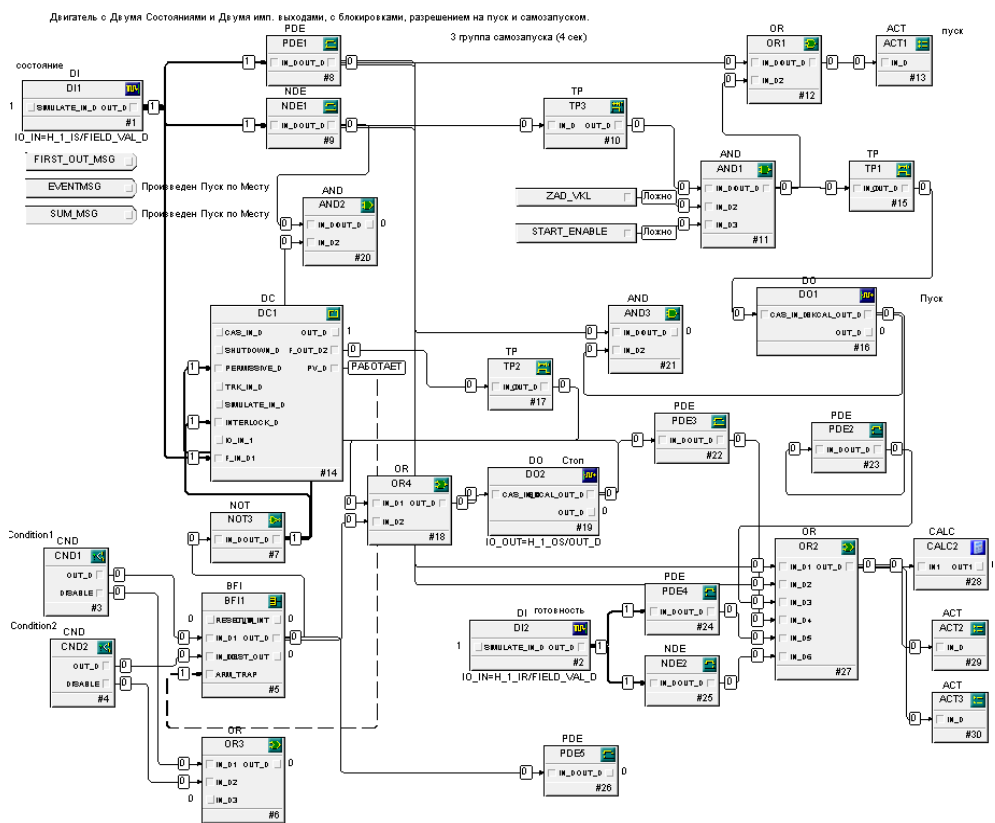


Рис. 7. Программная реализация системы управления насосами

В блоках CND1, CND2 и CND3 указываются блокировочные сигналы, останавливающие работу насоса. Блок CND1 отвечает за сигнализацию по клапану, если он находится в закрытом состоянии. Блок CND2 отвечает за сигнализацию по уровню в А-10, если уровень



в баромконденсаторе достигает нижней уставки (уставка LO\_LO\_ACT=20%). Блок CND3 отвечает за сигнализацию по температуре подшипника насоса (уставка HI\_ACT=70°C, уставка HI\_HI\_ACT=110°C). Если какой-то из блоков CDN сгенерирует единственный сигнал, произойдет принудительный останов насоса и оператору будет необходимо переключить остановившийся насос на резервный. В блоке DC реализуется непосредственное управление насосом.

Для оперативного управления контуром регулирования разработаны мнемосхемы, представленные на рис. 8–10.

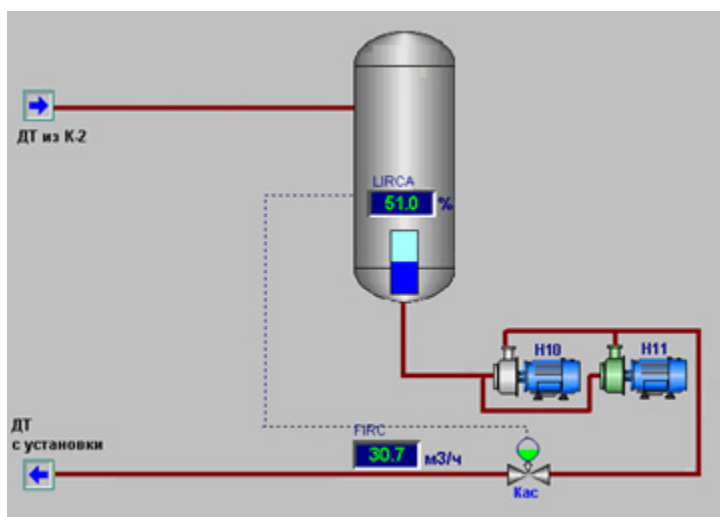


Рис. 8. Мнемосхема барометрического конденсатора в среде оператора

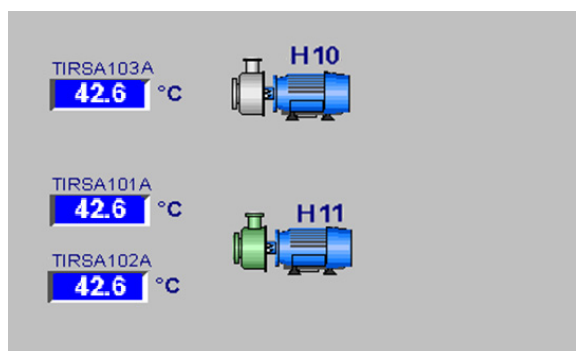


Рис. 9. Мнемосхема сырьевых насосов

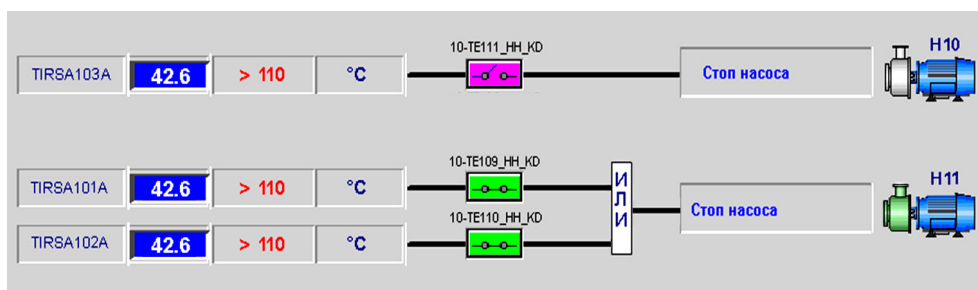


Рис. 10. Мнемосхема с блокировочными ключами по температурам подшипников насосов

В процессе выполнения данной работы разработаны:

- 1) система управления барометрического конденсатора вакуум-создающей системы;
- 2) алгоритм программно-логического управления насосами.

Вследствие этого достигнута стабилизация уровня барометрического конденсатора.

### Список литературы

1. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: учеб. пособие / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов; под ред. С.А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.
2. Пичугин А.П. Переработка нефти: прямая перегонка, термический крекинг, коксование. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 344 с.
3. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
5. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 400 с.
6. 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.
7. Шидловский С.В. Автоматизация технологических процессов и производств. – Томск: НТЛ, 2005. – 100 с.
8. 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.

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

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

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

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

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

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

15. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

### References

1. Akhmetov S.A., Serikov T.P., Kuzeev I.R., Baiazitov M.I. Tekhnologiya i oborudovanie protsessov pererabotki nefi i gaza [Technology and equipment for oil and gas refining processes]. Saint Petersburg, Nedra, 2006, 868 p.

2. Pichugin A.P. Pererabotka nefi: priamaia peregonka, termicheskii kreking, koksovaniye [Oil refining: direct distillation, thermal cracking, coking]. Moscow, Gostoptekhizdat, 1960, 344 p.

3. Gal'perin N.I. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology]. Moscow, Khimiya, 1981, 812 p.

4. Kliuev A.S., Glazov B.V., Dubrovskii A.Kh., Kliuev A.A. Proektirovaniye sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov: spravochnoe posobie [Design of process automation systems: a reference guide]. Moscow, Energoatomizdat, 1990, 464 p.

5. Rotach V.Ia. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya [Theory of automatic control]. Moscow, Energoatomizdat, 2008, 400 p.

6. Stashkov S.I., Orekhov M.S. Analiz i sintez odnokonturnykh sistem avtomaticheskogo regulirovaniya tekhnologicheskikh parametrov [Analysis and synthesis of single-circuit systems for automatic control of technological parameters]. Perm', Izd-vo Perm. nats. issled. politekh. un-ta, 2014, 99 p.

7. Shidlovskii S.V. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv [Automation of technological processes and production]. Tomsk, NTL, 2005, 100 p.

8. Itskovich E.L. Provedeniye rabot po avtomatizatsii proizvodstva: metod ob"ektivnogo vybora sistemy avtomatizatsii dlia konkretnogo tekhnologicheskogo agregata [Carrying out work on the automation of production: the method of objective selection of an automation system for a specific technological unit]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2017, no. 9, pp. 5–10.

9. Fillips Ch., Kharbor R. Sistemy upravleniya s obratnoi svyaz'iu [Feedback control systems]. Moscow, Laboratoriya bazovykh znaniy, 2001, 616 p.

10. Itskovich E.L. Proizvodstvennye avtomatizirovannye sistemy: evoliutsiia sredstv i sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov [Production automated systems: the evolution of means and systems of automation of technological processes]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2009, no. 8, pp. 3–10.

11. Sovetov B.Ia. Modelirovanie sistemy [System modeling]. Moscow, Vysshiaia shkola, 2003, 343 p.

12. Kliuev A.S. Naladka sredstv avtomatizatsii i avtomaticheskikh sistem regulirovaniia [Adjustment of automation equipment and automatic regulation systems]. Moscow, Energoatomizdat, 1989, 355 p.

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

14. Barlasov B.Z., Il'in V.I. Naladka priborov i sistem avtomatizatsii [Adjustment of devices and automation systems]. Moscow, Vysshiaia shkola, 2012, 351 p.

15. Fedorov Iu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP: proektirovanie i razrabotka [Automated process control engineer reference book: design and development]. Moscow, Infra – Inzheneriia, 2008, 928 p.

Получено 05.09.2019

### **Об авторах**

**Власов Сергей Алексеевич** (Пермь, Россия) – ассистент кафедры оборудования и автоматизации химических производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: savlasov@pstu.ru).

**Шамшиева Яна Сергеевна** (Пермь, Россия) – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: yana.shamsh@gmail.com).

### **About the authors**

**Sergey A. Vlasov** (Perm, Russian Federation) – Assistant Lecturer of the Department of Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990; e-mail: savlasov@pstu.ru).

**Yana S. Shamshieva** (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990; e-mail: yana.shamsh@gmail.com).