

DOI: 10.15593/2224-9400/2021.3.08

УДК 65.011.56

И.В. Адищев, И.А. ВялыхПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТПАРНОЙ КОЛОННЫ УСТАНОВКИ
ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ ГУДРОНА ПРОПАНОМ**

Автоматизация технологических процессов – это совокупность средств и методов, предназначенная для реализации различных систем, которая дает возможность осуществлять управление технологическими процессами без личного участия человека либо с оставлением за человеком возможности принятия решений, являющихся наиболее ответственными.

Автоматизация процессов является одним из решающих факторов повышения производительности и безопасности, исключения влияния «человеческого фактора» и улучшения условий труда. Все существующие и строящиеся объекты в той или иной степени оснащаются средствами автоматизации.

В остатках от перегонки нефти (гудронах, концентратах, полугудронах) наряду с высокомолекулярными углеводородами содержится большое количество смолисто-асфальтовых веществ. Многие из упомянутых углеводородов ценны как компоненты масел, и отделение их от смолисто-асфальтовых веществ – задача технологии очистки нефтяных фракций.

В статье проанализирован технологический процесс установки деасфальтизации гудрона пропаном, отвечающий за выделение масляных фракций из остатков (гудрона) прямой вакуумной перегонки нефтей с целью получения деасфальтизата, используемого для последующих процессов, и входящей в ее состав отпарной колонны, из которой с помощью насосов откачивается асфальт. Объектами исследования являются насосы, стоящие на линии перекачки асфальта из отпарной колонны К-3 на установке деасфальтизации гудрона пропаном. Основным показателем технологического процесса является уровень асфальта в отпарной колонне. Модернизирована мнемосхема процесса поддержания уровня асфальта в отпарной колонне К-3. Разработан алгоритм программно-логического управления насосами.

Разработанный алгоритм приведет к повышению эффективности функционирования системы, минимизирует работу оператора, а также усовершенствует АСУТП в целом.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, асфальт, деасфальтизат, деасфальтизация, регенерации, экстракция.

I.V. Adishchev, I.A. Vialykh

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

STEAMING COLUMN AUTOMATION OF GUDRON DEASPHALTIZATION UNIT PROPANE

Automation of technological processes is a set of tools and methods intended for the implementation of various systems, which makes it possible to control technological processes without the personal participation of a person, or leaving the person with the ability to make decisions that are the most responsible.

Automation is one of the decisive factors in increasing productivity and safety, the influence of "human" factors, and improving working conditions. All potential and construction projects are equipped with automatic systems to one degree or another

Residues from oil distillation (tar, concentrates, semi-tars), along with high-molecular hydrocarbons, contain a large amount of resinous-asphaltene substances. Many of the above hydrocarbons are valuable as components of oils, and their separation from tarry-asphaltene substances is the task of the technology for refining petroleum fractions.

The article analyzes the technological process of a tar deasphalting unit with propane, which is responsible for the separation of oil fractions from the residues (tar) of direct vacuum distillation of oils in order to obtain deasphalted oil used for subsequent processes, and the stripping column included in its composition, from which asphalt is pumped out with the help of pumps. The objects of research are pumps on the asphalt pumping line from the K-3 stripping column at the propane tar deasphalting unit. The main indicator of the technological process is the level of asphalt in the stripping column. The mnemonic diagram of the process of maintaining the asphalt level in the K-3 stripping column was modernized. An algorithm for programmed-logic control of pumps has been developed.

The developed algorithm will lead to an increase in the efficiency of the system, minimize the work of the operator, and also improve the process control system as a whole.

Keywords: *aromatic hydrocarbons, asphalt, deasphalting, deasphalting, regeneration, extraction.*

Сущность и назначение процесса. Процесс деасфальтизации является головным процессом для производства остаточных масел [15].

Назначение процесса – удаление из нефтяных остатков смолисто-асфальтовых веществ и полициклических ароматических углеводородов с повышенной коксуемостью и низким индексом вязкости.

Сырьем процесса деасфальтизации является остаток вакуумной перегонки нефтей – гудрон. Особенностью гудрона является наличие большого количества тяжелых смолисто-асфальтовых веществ, плохо растворимых в полярных растворителях. Поэтому для их удаления используются неполярные растворители — сжиженные легкие углево-

дороды ряда метана (в данном случае – пропан), способные коагулировать смолисто-асфальтеновые вещества (в первую очередь асфальтены). Одновременно происходит избирательная экстракция (извлечение) метановых, а также ароматических и нафтеновых углеводородов с небольшим количеством колец.

Смолисто-асфальтеновые вещества не только ухудшают эксплуатационные свойства масел, такие как вязкостно-температурные, стабильность против окисления, нагарообразование, лакообразование, но и снижают эффективность последующих процессов производства масел. При селективной очистке фенолом плохо растворяются смолы и не растворяются асфальтены, в результате чего невозможно получать рафинаты нужного качества. При депарафинизации масел, смолистые вещества затрудняют кристаллизацию твердых углеводородов, ухудшают фильтрацию масла и отрицательно влияют на эффективность процесса.

Процесс деасфальтизации пропаном является физическим процессом. В результате обработки гудрона сжиженным пропаном входящие в его состав углеводороды в процессе их разделения на желательные и нежелательные не претерпевают изменений, не теряют первоначальных свойств.

Деасфальтизация гудрона, представляющего собой процесс получения коллоидного раствора смолисто-асфальтеновых веществ в углеводородах, основан на свойстве сжиженных легких углеводородов растворять при определенных условиях обработки (температура, давление, соотношение количества сырья и пропана) масляные углеводороды и парафины, не затрагивая при этом смолисто-асфальтеновые вещества гудрона. Смолисто-асфальтеновые вещества, имеющие высокий удельный вес, выделяются из раствора и осаждаются в асфальт.

При деасфальтизации протекает два независимых друг от друга процесса: коагуляция и осаждение асфальтенов и избирательное растворение метановых, а также ароматических и нафтеновых углеводородов с небольшим количеством колец. В результате деасфальтизации деасфальтизат очищается от смол, сернистых и азотистых соединений, углеводородов с высокой коксуемостью, а асфальт соответственно обогащается этими соединениями.

Установка деасфальтизации гудрона пропаном предназначена для выделения масляных фракций из остатков (гудрона) прямой вакуумной перегонки нефтей.

Целевой продукцией установки является деасфальтизат, из которого путем дальнейшей очистки вырабатывается остаточный компонент масел [2].

Установка однопоточная состоит из отделений экстракции, регенерации растворителя (пропана) из раствора деасфальтизата и асфальта, сбора и конденсации паров растворителя [8].

Назначение установки:

– минимизация ручного труда операторов, исключение влияния «человеческого фактора»;

– усовершенствование АСУТП;

– повышение эффективности [5] функционирования системы управления отпарной колонны установки деасфальтизации гудрона пропаном блока регенерации пропана из раствора асфальта.

Решено разработать:

– алгоритм автоматического переключения между насосами ПН-5, Н-5А и Н-5В по требованию оператора для равномерной наработки насосов;

– автоматический пуск резервного насоса при аварийном останове основного;

– автоматический самозапуск при просадке напряжения.

Насосы предназначены для поддержания уровня асфальта в отпарной колонне К-3 путем откачки. Приводы насосов управляются с применением частотных преобразователей [1], что усложняет процедуру правильного пуска насоса. На текущий момент переход между насосами производится вручную. Управление уровнем асфальта в отпарной колонне осуществляется с помощью одноконтурной системы регулирования [7].

Описание процесса работы блока регенерации пропана из раствора асфальта. Фрагмент технологической схемы блока регенерации пропана из раствора асфальта [4], в частности отпарной колонны К-3 и откачивающих насосов, представлен на рис. 1.

В отпарную колонну К-3 выводится асфальт с испарителя Э-1в и колонны К-7.

В К-3 остатки пропана окончательно отпариваются в присутствии водяного пара.

Асфальт с низа колонны К-3 забирается насосом Н-5А (Н-5В, ПН-5) и подается дальше в теплообменник Т-1.

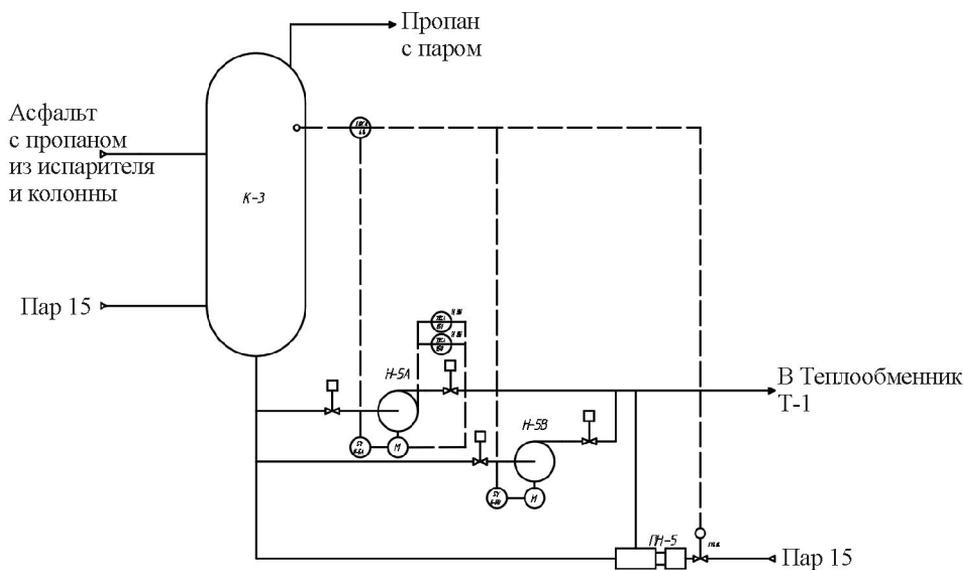


Рис. 1. Фрагмент технологической схемы блока регенерации пропана из раствора асфальта

Разработка алгоритмов. Разработана мнемосхема [12] процесса для наглядной работы алгоритмов перехода между насосами ПН-5, Н-5А и Н-5В (рис. 2).

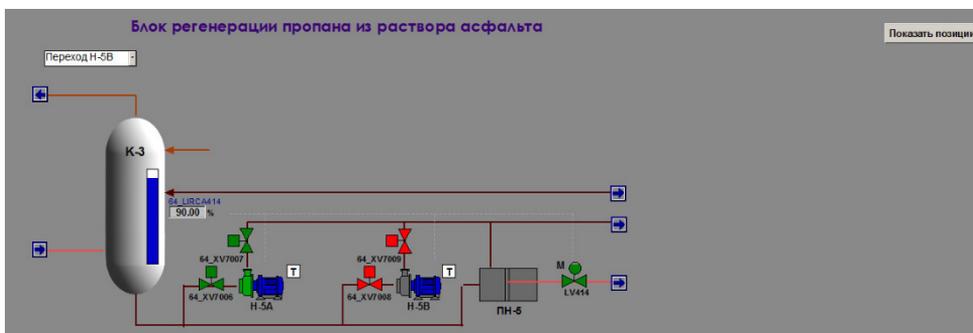


Рис. 2. Мнемосхема процесса поддержания уровня асфальта в отпарной колонне К-3

При пуске установки, когда температура веществ низка, используется паровой насос, при нормальном режиме эксплуатации [11] применяется один из двух электрических шестеренчатых насосов, второй находится в резерве. Также паровой насос включается в работу при отсутствии напряжения на приводах электрических шестеренчатых насосов [9].

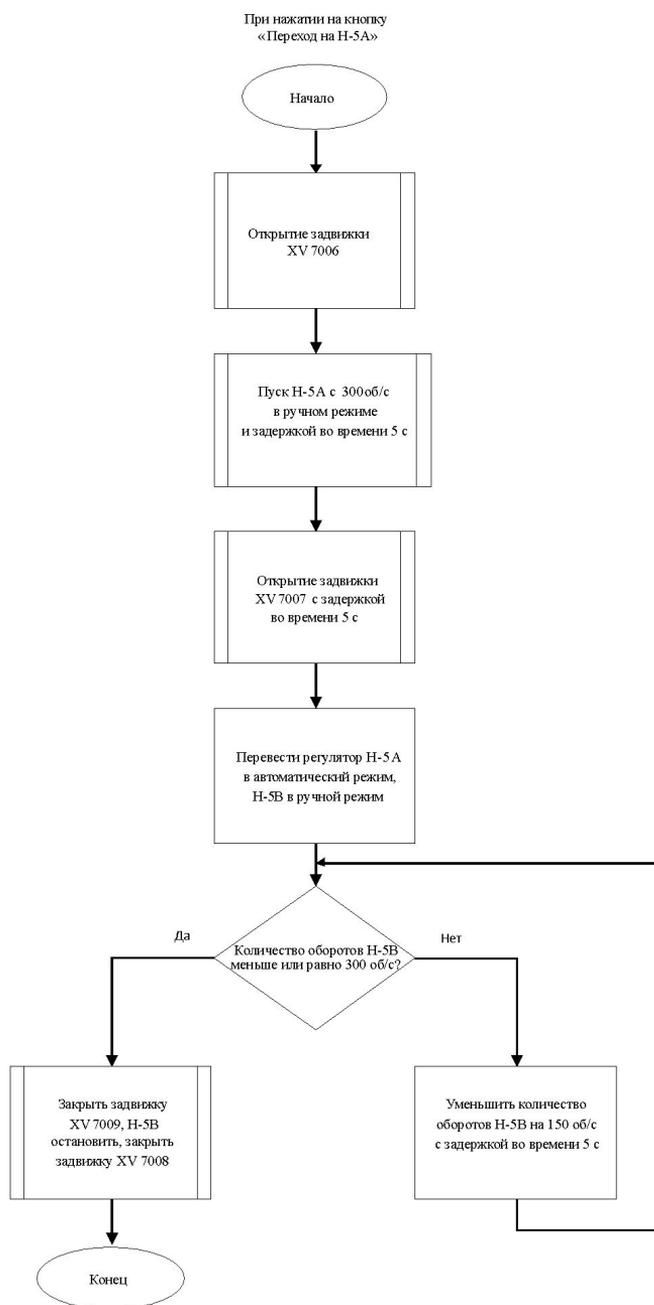


Рис. 3. Алгоритм переключения насосов с Н-5В на Н-5А

На текущий момент включение/выключение насосов осуществляется оператором вручную, дистанционно с мнемосхемы РСУ. Оператор сам выбирает, какой насос включать, при этом не учитывается наработка насосов, в связи с этим актуально:

1) рассчитывать и обрабатывать наработку каждого насоса в часах [10];

2) автоматизировать процедуру плавного переключения с основного насоса на резервный;

3) автоматизировать пуск резервного насоса, при неисправности основного.

Для управления насосами используются отсечные задвижки, предназначенные для изоляции насосного оборудования от продуктов, перекачиваемых по линии [14].

Для осуществления плавного (штатного) перехода между электрическими насосами с Н-5В на Н-5А используется алгоритм [13], представленный на рис. 3.

Для осуществления переходов между электрическим насосом Н-5А (либо Н-5В) и паровым насосом ПН-5 возможно использовать только плавный переход, потому что такая характеристика, как количество оборотов, не используется в паровых насосах. Алгоритм перехода представлен на рис. 4.

Случаи необходимости включения парового насоса ПН-5:

- отключение электропитания на заводе;
- поломка обоих электрических насосов;
- ремонтные работы;
- пуск установки.

Случаи необходимости переключения электрических насосов между собой:

- поломка одного из насосов;
- ремонтные работы;
- усреднение наработки насосов.

Реализация алгоритмов управления в РСУ. Выполнено конфигурирование системы управления на базе Experion PKS [3]. Для разработки алгоритма использован язык функциональных блоков FBD в среде Control Studio [6].

Программа, приведенная на рис. 5, осуществляет регулирование уровня насосом по ПИ-алгоритму регулирования. AI – сигнал поступающий с уровнемера, DАСА – блок масштабирования сигнала, PID – блок ПИ-регулирования уровня, АО – управляющее воздействие на частотный преобразователь.

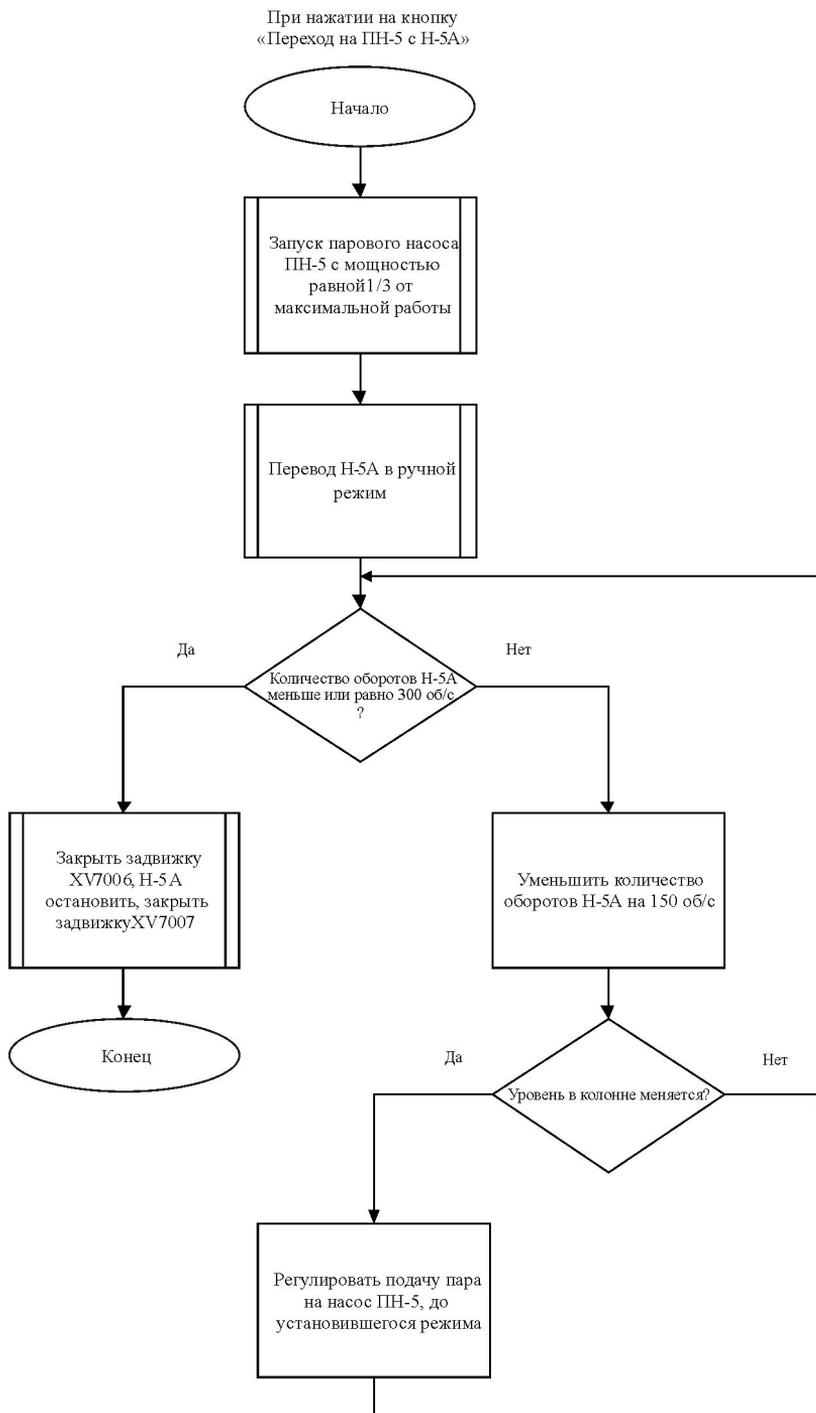


Рис. 4. Алгоритм переключения на насос ПН-5

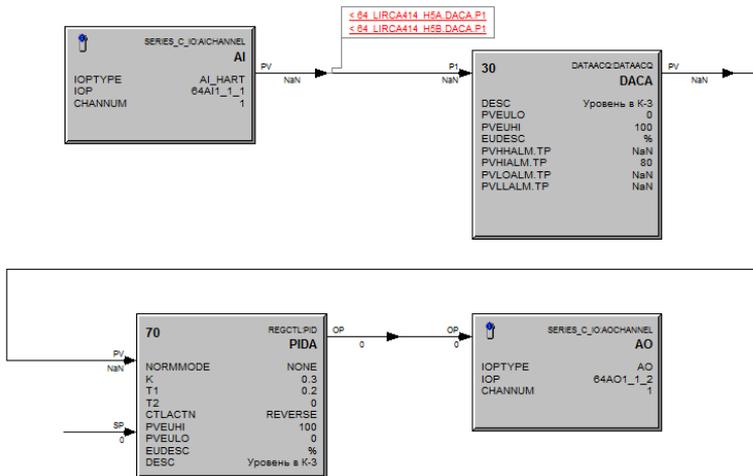


Рис. 5. Программная реализация регулирования уровня насосом

Программа, приведенная на рис. 6, реализует управление задвижкой, сигнализирует о ее состоянии и проверяет ошибки в управлении. ZLO/ZLC – сигналы на открытие/закрытие задвижки (мониторинг состояний); ALM_ZLO/ZLC – блок для сигнализации об открытии/закрытии задвижки; DEVCTL – логический блок, реализует логическое включение и отключение выходов в зависимости от поданного сигнала на ZLO/ZLC; SOV – управляющее воздействие на открытие/закрытие задвижки (мониторинг состояния); FIRSTOUTA – блок первопричины, срабатывает при появлении блокировки (можно посмотреть какая блокировка пришла первой).

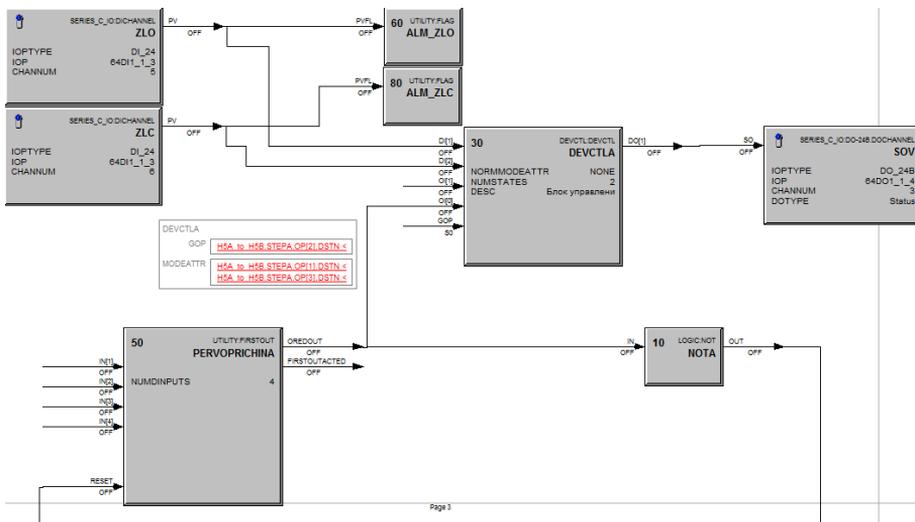


Рис. 6. Программная реализация управления задвижкой

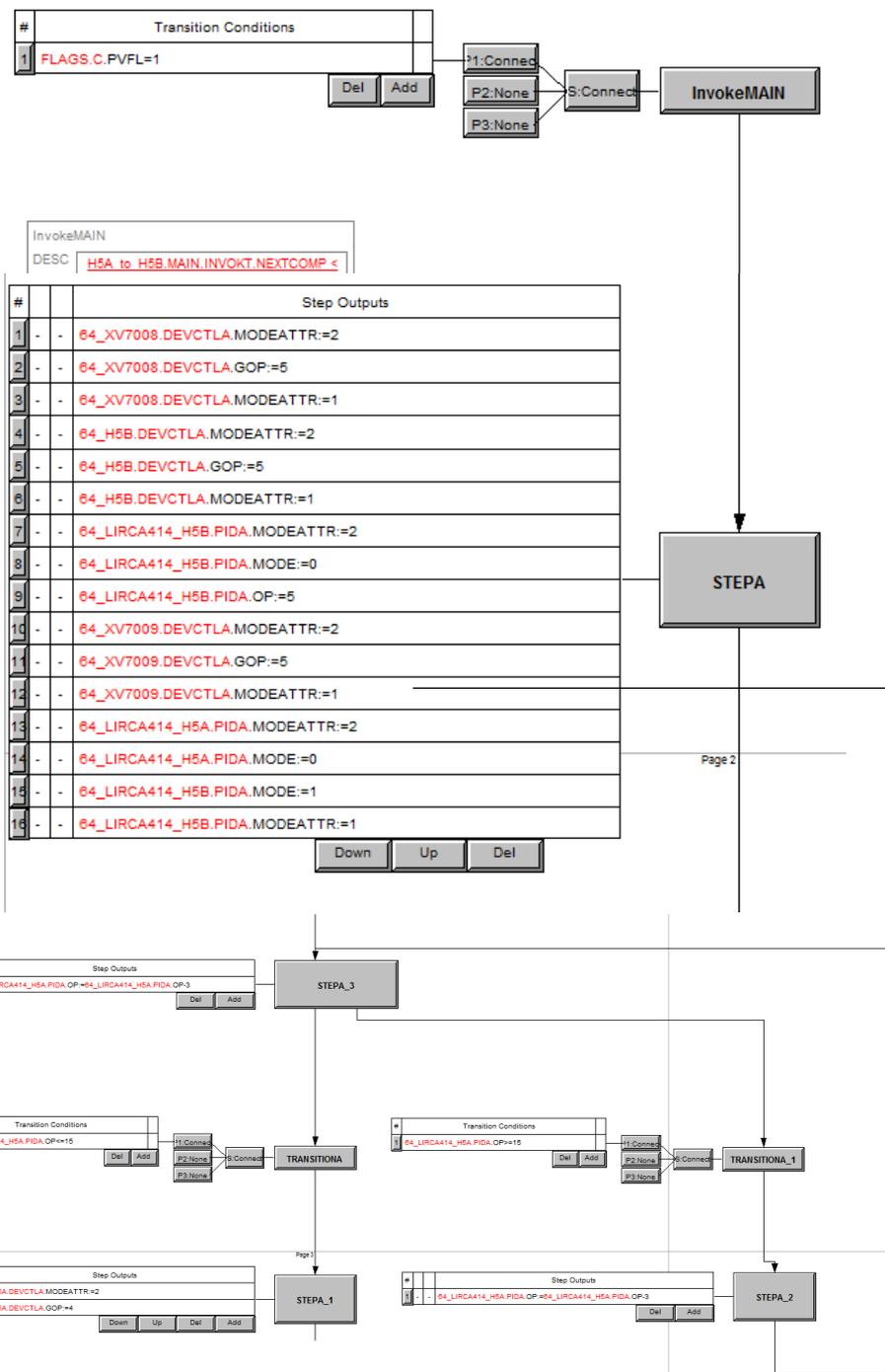


Рис. 7. Программная реализация автоматического переключения насосов

Программа, приведенная на рис. 7, реализует плавное переключение основного насоса на резервный. Используется пошаговая логика. InvokeMAIN – переход на начало программы, включается, когда на FLAG подается значение из мнемосхемы для смены состояния (нажатие на кнопку «Переключение с Н5А на Н5В»); STEP – блок шагов, реализует большую часть логики перехода (логику смотреть в блок-схеме алгоритма); TRANSITION – переход (блок, реализующий условие выключения и переходов).

Программа, приведенная на рис. 8, реализует управление насосом и его мониторинг. Обозначения:

STATE – сигнал на включение/выключение насоса (мониторинг состояний);

KEY – переключение режимов управления с РСУ/по месту;

DEVCTLA – логический блок, реализует логическое включение и отключение выходов в зависимости от поданного сигнала на STATE;

PULSE – импульсный блок;

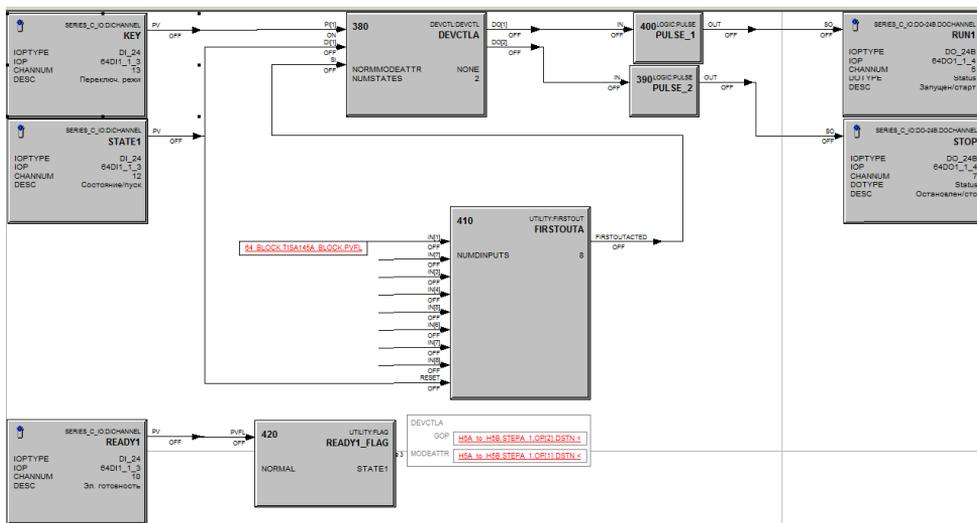


Рис. 8. Программная реализация управления насосом

RUN1 – управляющее воздействие на включение насоса (мониторинг состояния);

STOP – управляющее воздействие на выключение насоса (мониторинг состояния);

FIRSTOUTA – блок первопричины, срабатывает при появлении блокировки (можно посмотреть, какая блокировка пришла первой);

READY – Электрическая готовность насоса;

READY_FLAG – блок для сигнализации об электрической готовности насоса.

Выводы. Результаты выполнения данной работы следующие:

1) модернизирована мнемосхема процесса поддержания уровня асфальта в отпарной колонне К-3;

2) разработаны алгоритмы программно-логического управления насосами;

3) достигнуто снижение времени пуска, контроль промежуточного состояния насосов при пуске, контроль и усреднение наработки насосного оборудования.

Список литературы

1. Энциклопедия АСУ ТП. – URL: <https://www.bookasutp.ru> (дата обращения: 09.03.2021).

2. Чарная Е.Б. Принципы и условия организации автоматизированного производства на химическом предприятии: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 113 с.

3. Honeywell International: сайт. – URL: <http://www.honeywell.ru> (дата обращения: 02.04.2021).

4. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка: в 2 т. – Т. 1. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 447 с.

5. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП: метод. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. 566 с.

6. Целищев Е.С., Котлова А.В., Кудряшов И.С. Автоматизация проектирования технического обеспечения АСУТП: учеб. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 193 с.

7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учеб. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 394 с.

8 Шидловский С. В. Автоматизация технологических процессов и производств. – М.: ТУСУР, 2005. – 100 с.

9. Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами: учеб. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 399 с.

10. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. – М.: Наука, 1977. – 560 с.

11. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1989. – 751 с.

12. Остром К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. – М.: Мир, 1987. – 480 с.

13. Ревич Ю. Занимательная электроника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 576 с.

14. РУСТ 95: сайт. – URL: <https://roost.ru> (дата обращения: 09.03.2021).
15. Грандберг И.И., Нам Н.Л. Органическая химия: учеб. – 9-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2019. – 608 с.

References

1. Entsiklopediya ASU TP [Encyclopedia of ACS TP], available at: <https://www.bookasutp.ru> (accessed 9 March 2021).
2. Charnaia E.B. Printsipy i usloviia organizatsii avtomatizirovannogo proizvodstva na khimicheskom predpriatii [Principles and conditions for organizing automated production at a chemical enterprise]. Perm', Permskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2010, 113 p.
3. Honeywell International [Honeywell International], available at: <http://www.honeywell.ru> (accessed 2 April 2021).
4. Spravochnik inzhenera po ASUTP: Proektirovanie i razrabotka [Handbook of the engineer for the process control system: Design and development]. Yu.N. Fedorov Tom 1. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2018, 447 p.
5. Fedorov Yu.N. Poriadok sozdaniia, modernizatsii i soprovozhdeniia ASUTP [The order of creation, modernization and maintenance of the process control system]. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2011, 566 p.
6. Tselishchev E.S., Kotlova A.V., Kudriashov I.S. Avtomatizatsiia proektirovaniia tekhnicheskogo obespecheniia ASUTP [Automation of the design of technical support for process control systems]. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2019, 193 p.
7. Rotach V.Ia. Teoriia avtomaticheskogo upravleniia [Theory of automatic control]. 5nd ed. Moscow, Dom Moskovskiy energeticheskii institut, 2008, 394 p.
8. Shidlovsky S.V. Avtomatizatsiia tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv [Automation of technological processes and production]. Tomsk, Tomskii gosudarstvennyy universitet sistem upravleniia i radioelektroniki, 2005, 100 p.
9. Tsirlin A.M. Optimal'noe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami [Optimal process control]. Moscow, Energoatomizdat, 1992, 105 p.
10. Tsyppin Ia.Z. Osnovy teorii avtomaticheskikh sistem [Fundamentals of the theory of automatic systems]. Moscow, Nauka, 1977, 560 p.
11. Topcheev Iu.I. Atlas dlia proektirovaniia sistem avtomaticheskogo regulirovaniia: Ucheb. posobie dlia vuzov [Atlas for the design of automatic control systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1989, 751 p.
12. Ostrem K., Vittenmark B. Sistemy upravleniia s EVM [Computer control systems]. Moscow, Mir, 1987, 480 p.
13. Revich Iu. Zanimatel'naia elektronika [Entertaining electronics]. BHV-Peterburg, 2015, 576 p.
14. RUST 95 [RUST 95], available at: <https://roost.ru/>. (accessed 9 March 2021).
15. Grandberg I. I., Nam N. L. Organicheskaia khimiia [Organic chemistry]. 9nd ed. Saint Petersburg, Lan', 2019, 608 p.

Получено 11.05.2021

Об авторах

Адищев Илья Владимирович (Пермь, Россия) – бакалавр 4-го курса кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: 123-ilya-123@bk.ru).

Вялых Илья Анатольевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: ilya.vyalyh@pstu.ru).

About the authors

Ilya V. Adishchev (Perm, Russian Federation) – bachelor of the Department of Automation of Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: 123-ilya-123@bk.ru).

Ilya A. Vialykh (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Department of Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: ilya.vyalyh@pstu.ru).