

УДК 004.45:621.78

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАГРЕВА ПРОДУКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ТИПА

Гуров Виктор Александрович, студент, направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: vg101522@gmail.com

Научный руководитель: **Коннов Андрей Леонидович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления и информатики в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: andrey_konnov@mail.ru

Аннотация. В статье представлено описание автоматизированной системы нагрева продукта, функционирующей на конкретном предприятии. Выявлены недостатки существующей автоматизированной системы нагрева продукта. Обоснована актуальность усовершенствования существующей автоматизированной системы нагрева продукта.

Разработана функциональная схема автоматизации нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа, исключающая недостатки существующей системы. В SCADA-пакете TRACE MODE 6 реализовано программное обеспечение верхнего уровня автоматизированной системы нагрева продукта, включающее графический интерфейс оператора системы и программы на языках программирования FBD и ST.

В научной работе приводятся рекомендации по дальнейшему усовершенствованию исследуемой автоматизированной системы. Усовершенствованная автоматизированная система нагрева продукта, по сравнению с существующей системой, является более эффективной при меньших финансовых затратах. Реализованное программное обеспечение позволяет диспетчеру оперативно и комфортно осуществлять функции контроля и управления в рамках целевого технологического процесса.

Ключевые слова: автоматизированная система нагрева продукта, подогреватель поверхностного типа, функциональная схема, программное обеспечение, графический интерфейс.

Для цитирования: Гуров В. А. Усовершенствование автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 41–47.

IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED PRODUCT HEATING SYSTEM USING A SURFACE HEATER

Gurov Viktor Aleksandrovich, student, training program 27.03.04 Management in technical systems, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: vg101522@gmail.com

Research advisor: **Konnov Andrey Leonidovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of the Management and Informatics in Technical Systems, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: andrey_konnov@mail.ru

Abstract. The article presents a description of an automated product heating system operating in a specific enterprise. The disadvantages of the existing automated product heating system are revealed. The relevance of improving the existing automated system of product heating has been substantiated.

The functional scheme of automation of product heating with the use of surface heater, which excludes the disadvantages of the existing system, has been developed. The TRACE MODE 6 SCADA package was used to develop upper-layer software for the automation system of product heating, which included a graphic interface for the system operator and the programs in the FBD and ST programming languages.

The research paper contains recommendations for further improvement of the investigated automated system. The upgraded automated system of product heating, in comparison with the existing system, is more efficient at lower

financial costs. The implemented software allows the dispatcher to quickly and comfortably perform monitoring and control functions within the target technological process.

Key words: automated product heating system, surface type preheater, functional diagram, software, graphical interface.

Cite as: Gurov, V. A. (2024) [Improvement of the automated product heating system using a surface heater]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 41–47.

В настоящее время одним из наиболее распространённых негативных факторов, возникающих при разработке месторождений нефтегазовой промышленности, являются процессы парафиноотложения [2]. В результате изменения термических параметров в процессе эксплуатации нефтегазодобывающих скважин происходит уменьшение растворимости парафинов, приводящее к интенсивному росту твёрдых отложений на стенках трубопроводов и другого технологического оборудования месторождений [1]. Образование парафиновых отложений приводит к перекрытию проходных сечений трубопроводов, вследствие чего значительно снижается эффективность транспортировки ископаемых, а также возникают неполадки в работе оборудования и его износ [4].

Одним из способов удаления парафина является тепловая обработка оборудования или нагрев добыва-

емой нефти и природного газа до температуры, превышающей температуру кристаллизации парафина [7]. Усовершенствованная автоматизированная система нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа позволит эффективно устранять парафиноотложения в режиме реального времени. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Целью исследования является повышение эффективности нагрева продукта за счёт усовершенствования автоматизированной системы с применением подогревателя поверхностного типа.

В качестве объекта исследования рассматривается система нагрева газоконденсатной смеси, функционирующая на установке комплексной подготовки газа Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения. Структура установки представлена на рисунке 1.

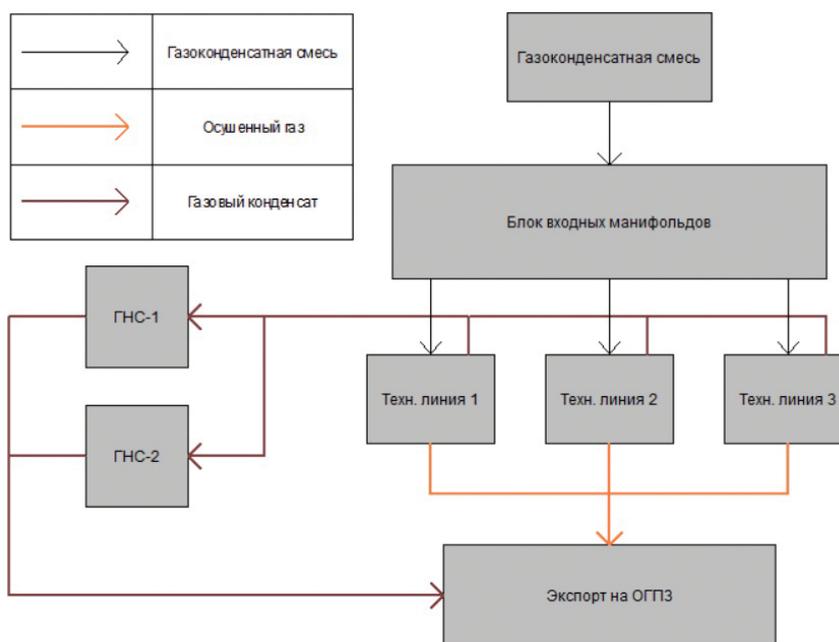


Рисунок 1. Структурная схема установки комплексной подготовки газа

Источник: разработано автором

Газоконденсатная смесь из добывающих скважин по шлейфам поступает на блок входных манифольдов (далее – БВМ) установки. Затем на БВМ происходит

распределение потоков к трём идентичным технологическим линиям. Каждая технологическая линия включает в себя блок разделения газожидкостной

смеси на газовую и жидкую фазы, подготовку газа методом низкотемпературной сепарации и первичную подготовку нестабильного конденсата.

Осушенный газ по экспортным магистральным газопроводам транспортируется для дальнейшей переработки на Оренбургский газоперерабатывающий завод (далее – ОГПЗ). Нестабильный газовый конденсат от технологических линий направляется в дегазаторы головных насосных станций, где происходит его частичная стабилизация и дальнейшая транспортировка насосами по экспортным магистральным конденсаторопроводам на ОГПЗ [6].

На входе каждой технологической линии установ-

лен кожухотрубный подогреватель поверхностного типа. В подогревателе нагревающий теплоноситель движется в межтрубном пространстве, а нагреваемый продукт движется внутри трубного пучка, расположенного в корпусе. В исследуемой системе продуктом является газоконденсатная смесь, поступающая в подогреватель с блока входных манифольдов. В качестве нагревающего теплоносителя используется раствор диэтиленгликоля. Температура теплоносителя на входе в подогреватель составляет 90–95 °С. Теплоноситель подогревается в газовых трубных печах и при помощи циркуляционных насосов транспортируется по всей установке.

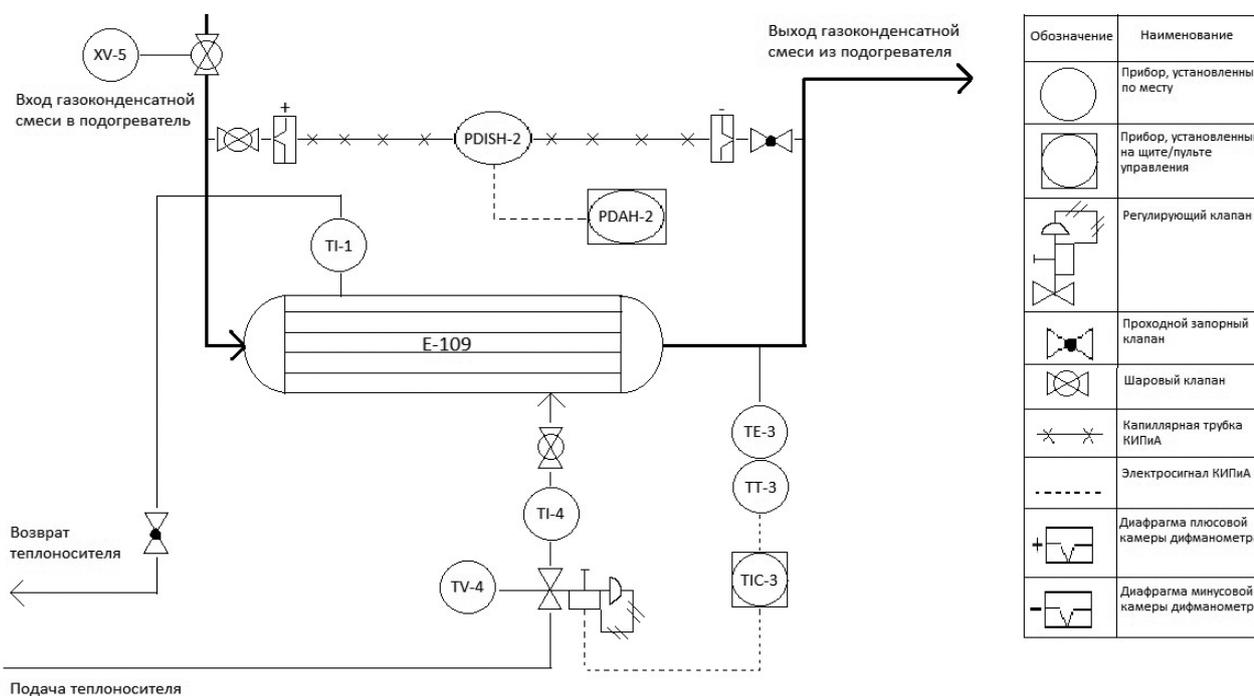


Рисунок 2. Функциональная схема существующей системы нагрева продукта

Источник: разработано автором

На рисунке 2 представлена функциональная схема существующей системы нагрева продукта, в соответствии с которой газоконденсатная смесь от БВМ подаётся до закрытого входного клапана-отсекателя XV-5. После уравнивания перепада давления на участках трубопровода до и после XV-5 открывается входной клапан-отсекатель, и, соответственно, происходит подача газоконденсатной смеси в трубный пучок подогревателя E-109. Далее в работу включается клапан TV-4 на линии подачи теплоносителя в межтрубное пространство теплообменника E-109 для регулирования температуры нагреваемой газоконденсатной смеси. Из подогревателя газоконденсатная смесь на-

правляется во входной сепаратор, где происходит отделение основного количества жидкости от газа.

Теплообменник E-109 представляет собой кожухотрубный подогреватель поверхностного типа, предназначенный для подогрева входного потока газоконденсатной смеси, поступающего с БВМ, до 35 °С для исключения возникновения парафиноотложений в подогревателе, а также во входном и вторичном сепараторах.

Температура теплоносителя на входе в подогреватель контролируется локальным индикатором TI-4. Температура теплоносителя на выходе из подогревателя контролируется локальным индикатором TI-1.

Заданная температура газоконденсатной смеси на выходе из подогревателя контролируется первичным измерительным преобразователем ТЕ-3 и датчиком температуры ТТ-3. Регулирование температуры газоконденсатной смеси на выходе из подогревателя осуществляется регулятором ТИС-3. Контроль за перепадом давления подогревателя осуществляется дифференциальным манометром PDISH-2 с выдачей предупреждающего сигнала на экран автоматизированного рабочего места (далее – АРМ) оператора в случае превышения предельно допустимого значения. На трубопроводах, сопряжённых с подогревателем, установлены шаровые клапаны или проходные запорные клапаны для прекращения подачи теплоносителя или продукта в случае необходимости.

Структура АСУ нагревом продукта строится по трёхуровневому принципу [5]. Нижний уровень включает в себя датчики и исполнительные устройства, которые непосредственно взаимодействуют с целевым технологическим процессом.

Основой среднего уровня является программируемый логический контроллер (далее – ПЛК). ПЛК представляет собой управляющую вычислительную машину, которая получает с датчиков информацию о состоянии технологического процесса, а затем, в соответствии с заданным алгоритмом управления, выдаёт команды управления на исполнительные устройства [3].

Верхний уровень – это уровень человеко-машинного интерфейса и SCADA. На этом уровне задействован оператор или диспетчер, который посредством АРМ осуществляет контроль за состоянием целевого технологического процесса и технологического оборудования.

В процессе исследования выявлены два существенных недостатка существующей автоматизированной системы нагрева продукта. Первый недостаток был обнаружен в ходе эксплуатации капиллярного дифференциального манометра, посредством которого осуществляется контроль за перепадом давления в подогревателе. При возникновении перепада давления в подогревателе и отклонении стрелки дифференциального манометра от установленного значения, сигнал от прибора поступает на ПЛК распределённой системы управления, а затем на автоматизированное рабочее место оператора в виде световой и звуковой сигнализации. При этом текущие показания манометра на экран оператора не выводятся, их можно узнать только по месту расположения манометра, что является существенным недостатком исследуемой системы.

Второй недостаток заключается в ненадёжной конструкции капиллярных трубок дифференциального

манометра. В процессе монтажа или демонтажа прибора на сертификацию, а также при проведении планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования зачастую происходят повреждения капиллярных трубок прибора вследствие человеческого фактора. В результате повреждения капиллярных трубок дифференциального манометра возникает необходимость полной замены прибора ввиду неразборной конструкции, что приводит к значительным финансовым затратам.

Для исключения недостатков существующей системы нагрева продукта была разработана функциональная схема (рисунок 3), в рамках которой капиллярный дифференциальный манометр был заменён на два преобразователя давления, один из которых (РТ-1) установлен на входе продукта в подогреватель, а другой (РТ-2) – на выходе продукта из подогревателя. Преимущество такого усовершенствования существующей системы нагрева продукта заключается в том, что показания преобразователей будут отображаться на экране АРМ и оператор сможет дистанционно контролировать давление на входе и выходе подогревателя. При этом функция сигнализации о возникновении перепада давления остаётся доступной.

Для реализации функций сбора, обработки, отображения и архивирования информации о целевом технологическом процессе в SCADA-пакете TRACE MODE 6 был разработан динамический графический интерфейс оператора автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа. Интерфейс представлен на рисунке 4.

Графический интерфейс позволяет оператору в режиме реального времени контролировать текущее положение клапана, регулирующего температуру продукта на выходе из подогревателя посредством изменения расхода теплоносителя. Также оператор может контролировать текущее значение температуры продукта на выходе из подогревателя.

В рамках графического интерфейса оператор может в режиме реального времени осуществлять настройку коэффициентов ПИД-регулятора, тем самым оказывая влияние на качество регулирования целевого технологического процесса. Помимо коэффициентов регулятора, оператор может в реальном времени задавать установленное значение температуры продукта на выходе из подогревателя.

После запуска проекта в режиме профайлера, изменения значений положения клапана и температуры продукта на выходе из подогревателя отслеживаются в реальном времени на тренде в виде кривых линий. Положение штока клапана на мнемосхеме меняется динамически.

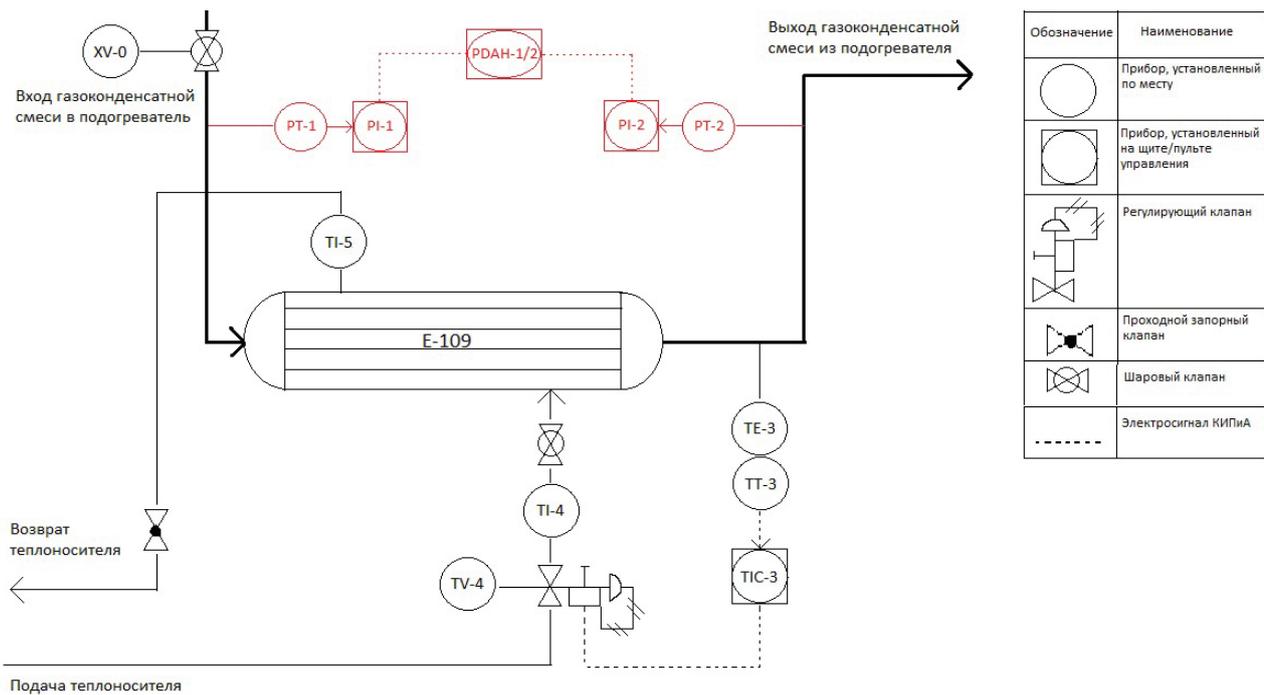


Рисунок 3. Функциональная схема АСУ нагревом продукта, исключая выявленные недостатки существующей системы

Источник: разработано автором

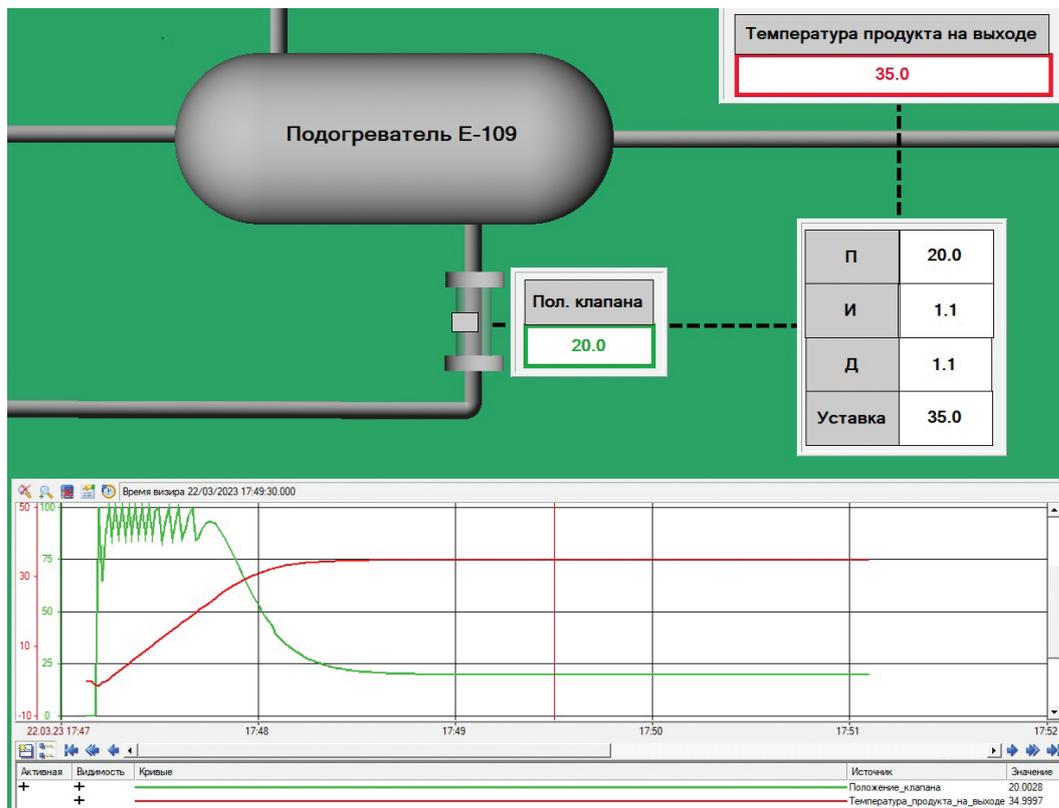


Рисунок 4. Графический интерфейс оператора АСУ нагревом продукта

Источник: разработано автором

Для реализации всех вышеперечисленных функций графического интерфейса в SCADA-пакете TRACE MODE 6 было разработано программное обеспечение верхнего уровня АСУ нагревом продукта.

На рисунке 5 представлена FBD-программа, реализующая работу регулятора и клапана. В рамках

этой программы задаются коэффициенты регулятора и положение клапана (от 0 до 100%). Результатом этой программы является положение клапана в зависимости от заданных параметров регулятора и текущего значения температуры продукта на выходе из подогревателя.

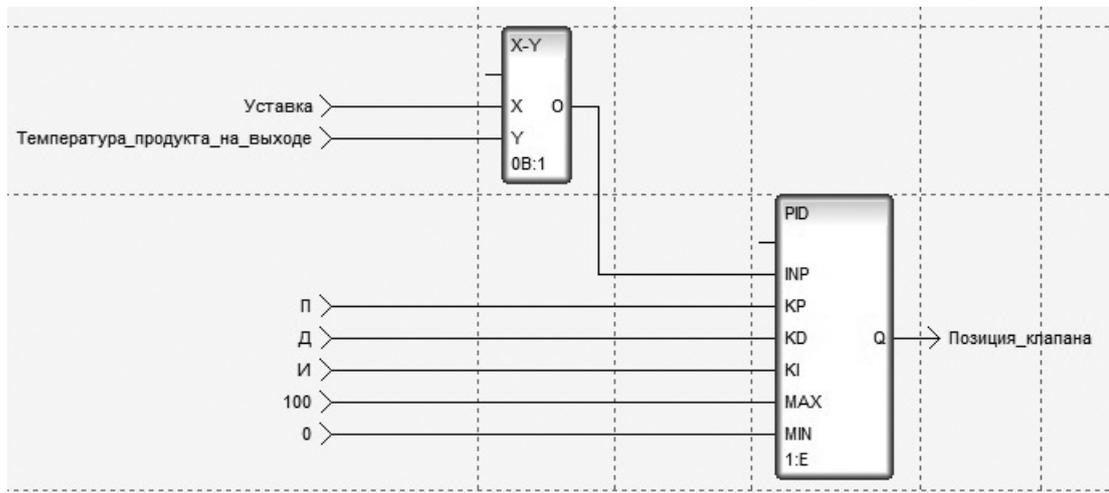


Рисунок 5. Программа на языке программирования Techno FBD

Источник: разработано автором

На рисунке 6 представлена ST-программа, задающая прямую зависимость температуры продукта на

выходе из подогревателя от расхода нагревающего теплоносителя.

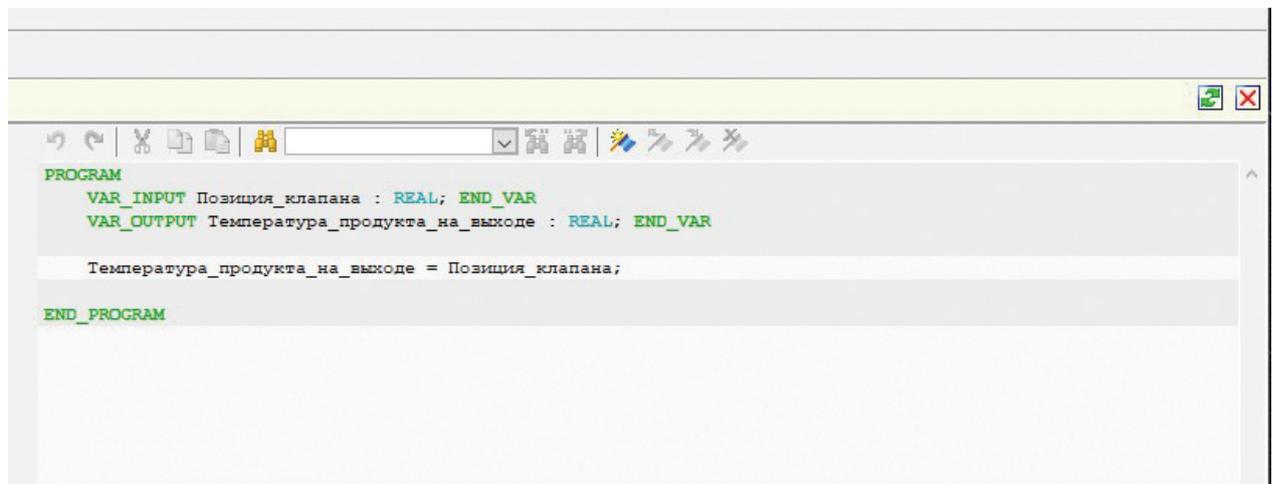


Рисунок 6. Программа на языке программирования Techno ST

Источник: разработано автором

В ходе дальнейших исследований на основе данной работы рекомендуется усовершенствовать графический интерфейс посредством внедрения допол-

нительных экранных форм с информацией о текущих значениях расхода теплоносителя и давления в подогревателе. Разработанный графический интерфейс

позволяет оператору или диспетчеру эффективно осуществлять функции контроля и управления в рамках верхнего уровня автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа. Усовершенствованная автоматизиро-

ванная система нагрева продукта позволяет повысить эффективность целевого технологического процесса при отсутствии финансовых затрат, связанных с эксплуатацией капиллярного дифференциального манометра.

Литература

1. Батманов К. Б. Исследование нефти и конденсата Карачаганакского месторождения // Нефтегазовое дело. – 2008. – № 1. – URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Batmanov/Batmanov_1.pdf (дата обращения: 08.05.2023).
2. Гайдамакина В. Н., Гайдамакин В. Н. Методы борьбы с парафиноотложениями // Наука, образование и культура. – 2018. – № 7(31). – С. 8–9.
3. Галина Л. В. Автоматизация системы управления процессом очистки природного газа // Теоретические и практические основы научного прогресса в современном обществе: сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 1 августа 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2022. – С. 19–21.
4. Зарипова Л. М., Матвеев Ю. Г. Разработка и промышленные испытания пульсатора для удаления парафиноотложений из нефтепромысловых труб // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2008. – № 3(73). – С. 13–16.
5. Луков Д. К. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) // European Science. – 2019. – № 2(44). – С. 19–21.
6. Тюрин А. Н. Оренбургское газоконденсатное месторождение // Оренбургская область: география, экономика, экология. – 2014. – С. 114–121.
7. Шевкунов С. Н. Особенности борьбы с парафиноотложениями при разработке ачимовских продуктивных пластов газоконденсатных месторождений // Вести газовой науки. – 2016. – № 2(26). – С. 123–130.

Статья поступила в редакцию: 10.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.