

УДК 681.5

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-8-38-45

В.П. Матлахов, В.А. Хандожко

СТЕНД СИСТЕМ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Разработан стенд, имитирующий работу систем и средств автоматизации оборудования резервуарных парков нефтепродуктов с применением современных аппаратных и программных средств, для проведения исследований работы алгоритмов защит и блокировок, сигнализаций и автоматического управления согласно действующей нормативной документации на базе современных микропроцессорных систем. Используются метод системного анализа, теория автоматического управления, структурные решения человеко-машинных систем, предназначенных для автоматизации про-

изводства и интеллектуальной поддержки процессов управления и необходимой для этого обработки данных в организационно-технологических и распределенных системах управления. Разработана концепция стенда, структурная схема системы управления и гидравлическая схема стенда. Новизна работы состоит в создании компактной модели резервуарного парка со сложной распределенной системой управления для исследования ее работы.

Ключевые слова: автоматизация, резервуарный парк, система, управление.

V.P. Matlahov, V.A. Khandozhko

STAND OF SYSTEMS AND MEANS OF AUTOMATION OF EQUIPMENT REFUELING OF PETROLEUM RESERVOIRS

The aim of the work is to develop a general structure of the stand that simulates the operation of systems and means of automation of equipment for tank farms of oil products using modern hardware and software, for researching the operation of algorithms for protection and interlocks, alarms and automatic control in accordance with the current regulatory documentation based on modern micro-processor systems. The method of system analysis, the theory of automatic control, structural solutions of human-machine systems intended for the automation of production and intelli-

gent support of control processes and the necessary data processing in organizational, technological and distributed control systems were used. The concept of the stand, the block diagram of the control system and the hydraulic diagram of the stand have been developed. The novelty of the work lies in the creation of a compact model of a tank farm with a complex distributed control system for researching its operation.

Key words: automation, tank farm, control system.

Введение

В настоящее время имеется широкий спектр задач и вопросов, связанных с процессами, происходящими в резервуарных парках. Оборудование резервуарных парков предназначено для товарно-технологических операций и выполняет следующие функции: хранение нефти; обеспечение надежной работы технологического участка нефтепровода; оперативный учет массы нефтепродуктов; удаление парогазовых пробок из трубопровода; выполнение технологических операций компаундирования нефтепродуктов; сброс и подкачка нефтепродуктов с различными свойствами и др. Контроль параметров

может быть, как частью технологических процессов перегонки товарной нефти в конечный продукт на нефтеперерабатывающих комплексах, так и неотъемлемой частью процессов коммерческого учета на нефтехранилищах, АЗС и им подобных. Многолетняя практика эксплуатации резервуарных парков с учетом безопасности работы оборудования привела к необходимости внедрения широкого спектра систем и средств автоматизации для контроля следующих технологических параметров: уровень продукта в резервуаре, уровень подтоварной воды, температура продукта, расход продукта и др. [8].

Постановка задачи

Основой процесса контроля параметров является измерение уровня. Измерение уровня светлых нефтепродуктов имеет особенности по причинам необходимой высокой точности измерения и низкой диэлектрической проницаемости светлых нефтепродуктов (порядка 1,7 – 2,5), исключающей использование некоторых типов датчиков (например, емкостных). Процесс контроля уровня также неразрывно связан с процессами контроля давления, температуры, расхода контрольных жидкостей как для косвенного подтверждения достоверности измерений, так и для поддержания безопасного протекания технологического процесса перекачки нефтепродуктов.

Структурная схема средств и систем автоматизации резервуара нефтепродуктов представлена на рис.1, где: 1 – датчик температуры окружающего воздуха; 2 – датчики температуры на разных уровнях продукта; 3 – датчик уровня аналоговый; 4 – сигнализатор уровня дискретный; 5 – датчик уровня подтоварной воды аналоговый; 6 – датчик гидростатического давления; 7 – расходомер заполнения/опорожнения; 8 – датчик загазованности; 9 – система контроля уровня, температуры и загазованности; 10 – система управления задвижками и насосами; 31, 32 – задвижки; Н1, Н2 – насосы.

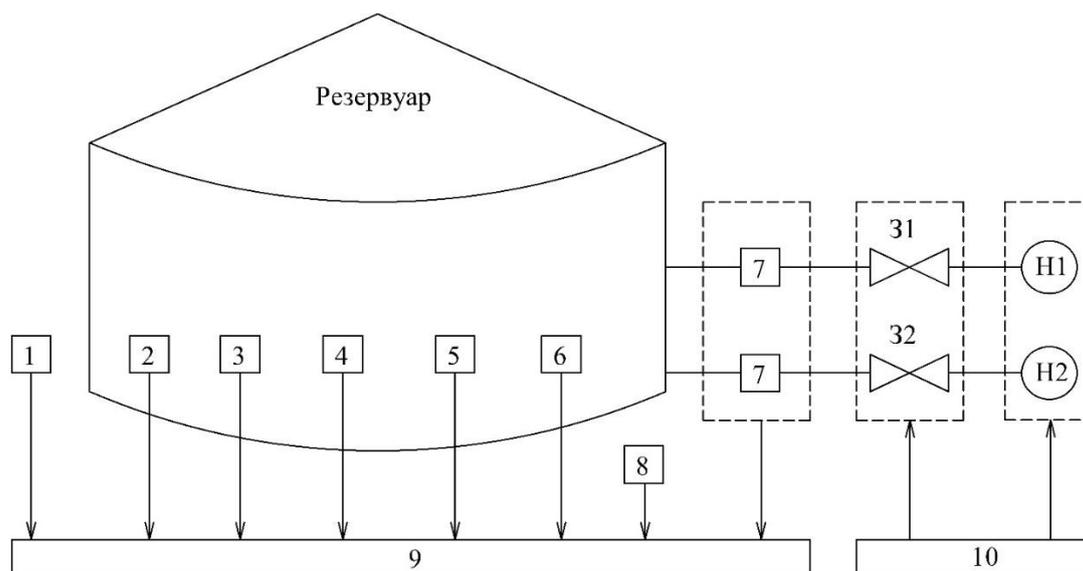


Рис. 1. Структурная схема средств и систем автоматизации резервуара нефтепродуктов

Показания датчика 2 используют для расчета средней температуры нефтепродукта. По сигналам от сигнализатора уровня 4 происходит срабатывание защит «Верхний допустимый уровень в резервуаре» (закрытие текущей задвижки и отключение насосов, обеспечивающих подкачку нефти) и «Нижний допустимый уровень в резервуаре» (отключение насосов внутрипарковой перекачки и закрытие коренных задвижек резервуара).

Скорости наполнения и опорожнения резервуара рассчитываются через показани

ния уровнемера 3. Максимально допустимая скорость заполнения резервуара определяется по формуле [1]:

$$V_{\text{max.зап.}} = 1273.2 \times \frac{Q_{\text{max.зап.}}}{D_{\text{внут.}}^2},$$

где $V_{\text{max.зап.}}$ – максимальная допустимая скорость заполнения резервуара, мм/ч; $Q_{\text{max.зап.}}$ – максимальная допустимая производительность заполнения резервуара, м³/ч; $D_{\text{внут.}}$ – внутренний диаметр резервуара, м.

Аналогично определяется скорость опорожнения резервуара.

Данный технологический параметр используется для реализации защит: «Предельная максимальная скорость заполнения резервуара» (визуальная и звуковая сигнализация), «Аварийная максимальная скорость заполнения резервуара» (открытие задвижки на линии приема резервуара аварийного сброса), «Предельная максимальная скорость опорожнения резервуара» (визуальная и звуковая сигнализация), и «Аварийная максимальная скорость опорожнения резервуара» (отключение первого откачивающего насоса).

Аварийная максимальная скорость заполнения резервуара устанавливается равной максимально допустимой скорости заполнения резервуара. Предельная максимальная скорость заполнения резервуара устанавливается равной 0,95 указанной величины. Аварийная максимальная скорость опорожнения резервуара устанавливается равной максимально допустимой скорости опорожнения резервуара. Предельная максимальная скорость опорожнения резервуара устанавливается равной 0,85 максимально допустимой скорости опорожнения резервуара [1].

Согласно действующей нормативной документации для предприятий нефтепро-

водного транспорта существуют метрологические требования к характеристикам средств измерений и измерительных каналов. К ним относят предельные значения основной и дополнительной погрешности. Пределы погрешности средств измерений, применяемых в системах автоматизации технологического процесса, не должны превышать следующих значений:

- преобразователь избыточного давления нефти/нефтепродукта $\pm 0,1\%$;
- преобразователь уровня нефти/нефтепродукта в резервуаре РП $\pm 3,0$ мм;
- преобразователь температуры нефти/нефтепродукта в трубопроводах $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$;
- многоточечный преобразователь температуры нефти/нефтепродукта в резервуаре $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$.

Для реализации компактной версии сложной распределенной системы контроля и управления резервуарного парка для исследовательских задач были учтены действующие нормы проектирования. При выборе систем и средств измерения были учтены метрологические характеристики действующей нормативной документации [1, 3, 4].

Устройство стенда

Стенд состоит из двух частей. Гидравлическая часть включает в себя две контрольные емкости с несколькими датчиками, установленными в каждой из контрольных емкостей; общий резервуарный бак с запасом контрольной жидкости в количестве, достаточном для полного наполнения обеих контрольных емкостей. Также гидравлическая часть стенда оснащена гидрوليнией и циркуляционными насосами, позволяющими наполнять контрольные емкости жидкостью. Электрическая силовая часть стенда включает промежуточные реле и защитные автоматические выключатели и располагается в шкафу электроавтоматики. Электрическая управляющая часть стенда состоит из программируемого логического контроллера и панели оператора. Структурная схема стенда

представлена на рис.2, где: 1, 3 – датчик уровня продукта; 2 – многоточечный температурный датчик; 4 – сигнализатор уровня; 5 – электромагнитный клапан; 6 – циркуляционный насос; 7 – расходомер; 8 – датчик давления; ПЛК – программируемый логический контроллер.

Емкости 1 и 2 имитируют резервуары парка. Емкости оснащены датчиками уровня продукта 1, 3, многоточечным датчиком температуры 2 и сигнализатором уровня 4. Сигналы этих датчиков, а также расходомера 7 и датчика гидростатического давления 8 поступают на входы специализированного контроллера резервуарного парка, расположенного в шкафу электроавтоматики. Визуализация сигналов с датчиков и управление клапанами 5 и насосами 6 реализована на базе стенда с ПЛК,

включающим панель оператора и контроллер оператора.

Для реализации функций контроля и управления применяемый контроллер резервуарного парка должен удовлетворять следующим требованиям [7]:

- взрывозащищенное электропитание подключенных датчиков;
- обработку поступающих от датчиков сигналов и расчет измеряемых параметров;
- индикацию измеренных параметров;
- управление внешними устройствами (до восьми изолированных ключей с

выходом типа «сухой контакт» и программируемыми привязками и режимами работы);

- формирование стандартных токовых сигналов, пропорциональных привязанным измеряемым или рассчитываемым параметрам;
- обмен информацией по последовательному интерфейсу *RS-485* или *Ethernet* с ЭВМ верхнего уровня;
- обмен информацией с внешним *USB FLASH* накопителем;
- ведение архива измеряемых и рассчитываемых параметров.

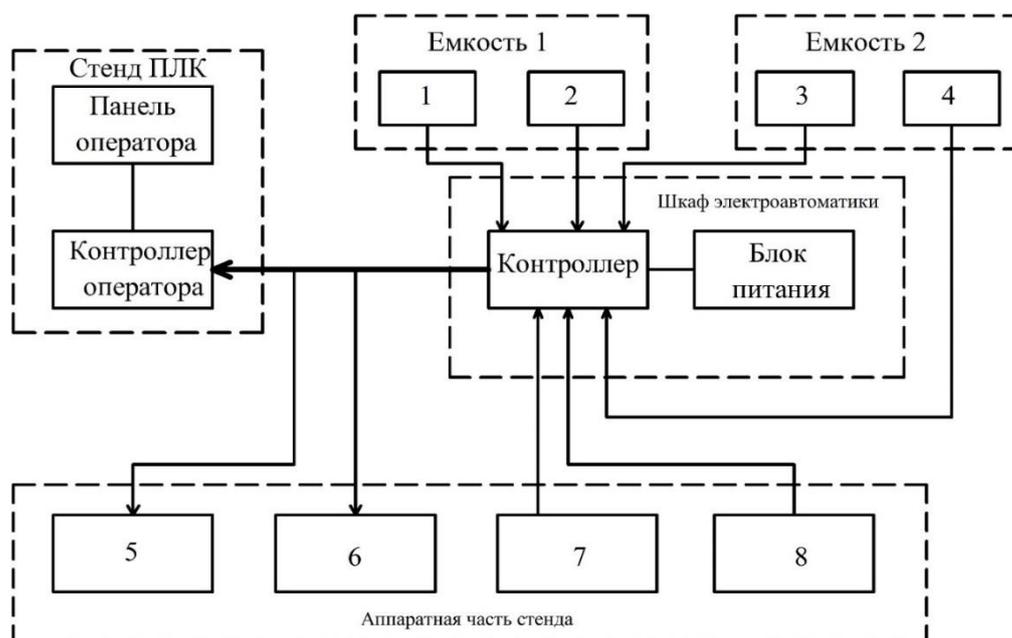


Рис. 2. Структурная схема стенд

Гидравлическая схема представлена на рис. 3.

Наполнение аккумулирующего бака (на схеме не показан) происходит от системы централизованного водоснабжения. Заполнение емкости 2 происходит при открытом кране Кр1, клапане Кл2 и включенном насосе Н2. Заполнение емкости 1 происходит при открытии клапана Кл1, включении насоса Н1 или при открытии Кр2. Слив в аккумулирующий бак при открытии крана Кр3. Для очистки жидкости установлены фильтры Ф1 и Ф2.

Основными датчиками стенда являются датчик температуры многоточечный ТТ102, уровнемер радиоволновой LT101, датчик уровня ультразвуковой LT301, а также сигнализатор уровня LT203, LT301. Основным фактором, влияющим на установку данных датчиков, является их габаритные размеры: длина чувствительного элемента наименьших серийных изделий равна 200 см, что в свою очередь накладывает ограничения на длину контрольных емкостей.

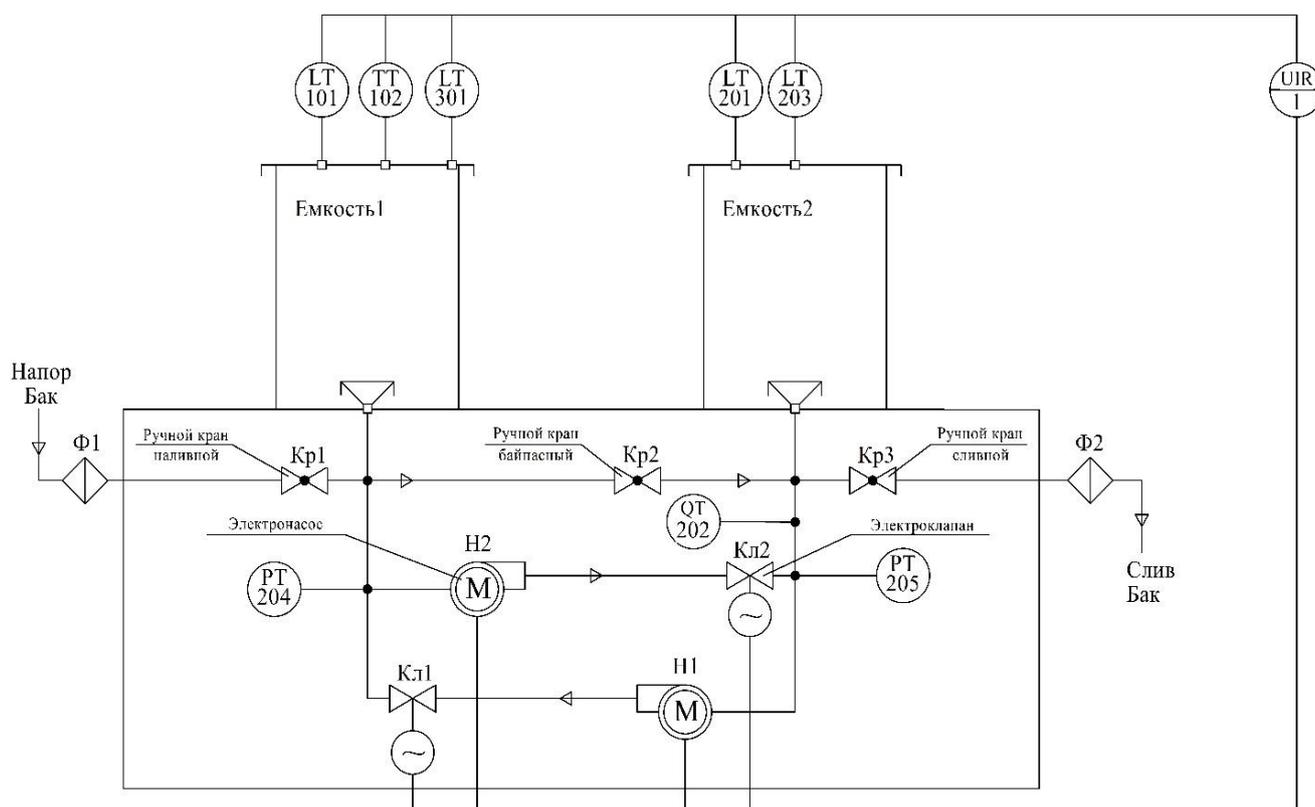


Рис. 3. Гидравлическая схема стенда

В качестве материала для изготовления контрольных емкостей (резервуаров) предлагается использовать цилиндрические трубы из оргстекла. Выбор оргстекла в качестве материала для изготовления контрольных емкостей обусловлен следующими свойствами:

- относительно высокая прочность материала при сравнительно небольшом весе конечного изделия;
- прозрачность материала, позволяющих визуально оценивать количество контрольной жидкости в любой момент времени;
- долговечность материала, связанная с отсутствием коррозии и окисления при контакте с окружающей средой;
- относительно высокая химическая стойкость материала.

В качестве аккумулирующего бака для хранения контрольной жидкости предлагается использовать сварной металлический бак, изготовленный из листовой нержавеющей стали с прозрачным смотровым окном.

Для равномерного распределения жидкости внутри контрольных емкостей

в процессе заполнения предлагается использовать раскататели потока, установленные непосредственно на входе в емкость. Материал для изготовления раскатателей потока – нержавеющая сталь. Для простоты монтажа, а также для быстрого изменения конфигурации схемы подачи жидкости в контрольные емкости, в качестве гидролиний предлагается использовать полипропиленовую трубную обвязку.

Общий вид стенда представлен на рис.4, где: 1 – аккумулирующий бак; 2 – емкость 1; 3 – датчик уровня продуктов; 4 – многоточечный температурный датчик; 5 – датчик уровня продукта; 6 – сигнализатор уровня; 7 – емкость 2; 8 – шкаф электроавтоматики; 9 – контроллер; 10 – расходомер; 11 – датчик давления.

Габаритные размеры датчиков уровня и температуры 1, 3, 4-6, их монтажные размеры, а также внутренний диаметр контрольной емкости позволяют устанавливать два датчика на одну монтажную площадку емкости. Контрольные емкости 2 и 7 устанавливаются с двух

сторон от шкафа электроавтоматики 8, в котором монтируются блоки сопряжения с датчиками, контроллер резервуарного парка 9, индикаторный блок сигнализатора уровня, блоки питания. Органы управления и индикации расположены на лицевой панели электрошкафа. На входе каждой контрольной емкости устанавли-

ваются собственные, независимые друг от друга, преобразователи гидростатического давления 11. Данная компоновка элементов позволяет так же дополнительно установить расходомер жидкости, перекачиваемой циркуляционными насосами.

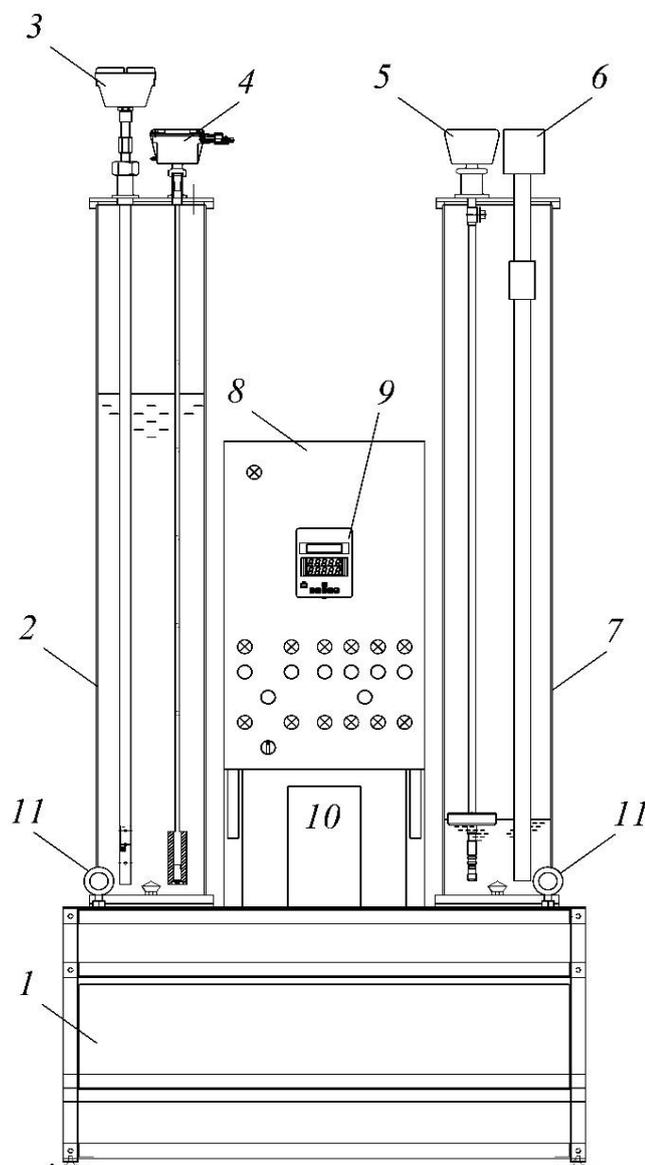


Рис. 4. Общий вид стенда

Выводы

В настоящее время при ужесточении требований к системам управления опасных производственных объектов, таких как резервуарные парки нефтепродуктов, для полноценного исследования их работы

необходимо создание их в формате стендов для дальнейшего исследования в лабораторных условиях. Данные стенды эффективно применять также при тренинге обслуживающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **РД-35.240.50-КТН-109-17.** Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Автоматизация и телемеханизация технологического оборудования площадочных и линейных объектов. Основные положения (с изменениями 1, 2). – Москва : ПАО «Транснефть», 2019. – 425 с.
2. **Мустафин, Ф. М.** Резервуары для нефти и нефтепродуктов. В 2 томах. Том 1: Конструкция и оборудование / Ф. М. Мустафин. – СПб: Недра, 2010. – 460 с.
3. **СП 155.13130.2014.** Свод правил. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности = Warehouses of oil and oil products. Fire safety requirements : нац. стандарт Российской Федерации : изд. офиц. : утв. и введ. в действие Приказом МЧС России от 26 декабря 2013 г. N 837 : введ. впервые : дата введ. 2014-01-01 / подгот. федеральным государственным бюджетным учреждением "Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России" (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), обществом с ограниченной ответственностью "ПОЖОБОРОНПРОМ", закрытым акционерным обществом "АРТСОК", обществом с ограниченной ответственностью "Каланча" – Москва : МЧС России, 2014.
4. **Федеральные нормы и правила в области промышленности «Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов».** Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года N 529 : зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 30 декабря 2020 года, регистрационный N 61965.
5. **Федонин, О. Н.** Разработка автоматизированной системы управления влажностью в сушильной камере на базе приборов фирмы «Овен» / О. Н. Федонин, В. А. Хандожко, В. П. Матлахов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. - №2(42). - С.80-85.
6. **Федонин, О. Н.** Система автоматического управления температурой в трехзонной печи с микропроцессорным регулятором фирмы «Овен» / О. Н. Федонин, В. А. Хандожко, В. П. Матлахов // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2015. - № 3(47). - С. 98-104.
7. **Дубасов, Ю. Б.** Средства автоматизированного мониторинга состояния мазутного хозяйства ТЭЦ // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. - № 2. – С. 24-26.
8. **Горбань Н. Н.** Анализ режима работы нефтяного резервуара большого объема / Н. Н. Горбань, Г. Г. Васильев, И. А. Леонович // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2019. - Т. 9. - № 4. - С. 394–401.
1. **RD-35.240.50-КТН-109-17.** Trunk labor pipeline oil and petroleum products. Automation and telemechanization of technological equipment of platform and line objects. Basic provisions (with treason 1, 2). - Moscow: Transneft PJSC, 2019. - 425 p.
2. **Mustafin, F. M.** Reservoirs for oil and non-oil products. In 2 volumes. Volume 1: Design and Equipment / F. M. Mustafin. - St. Petersburg: Nedra, 2010. - 460 p.
3. **SP 155.13130.2014.** Set of rules. Warehouses of oil and petroleum products. Fireless Requirements Requirements = Warehouses of Oil and Oil Products. Fire Safety Requirements: NC. Standard of the Russian Federation: ed. officer : app. and introduce The order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated December 26, 2013 N 837: Introduction For the first time: Date Introduction 2014-01-01 / Premise. Federal State Bud-Social Institution "All-Russian Order" Sign of Honor "Research Institute of Fire Defense of the Ministry of Emergency Situations of Russia" (FGBU VNIPO EMERCOM of Russia), Limited Liability Company "Fire-Ronprom", Closed Joint-Stock Company "Artsok", Society with limited from the subsidiaries "Kalancha" - Moscow: EMERCOM Ros-SII, 2014.
4. **Federal standards and rules in the field of industry "Rules for industrial safety of oil and petroleum rods".** Approved by the Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision of December 15, 2020 N 529: Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on December 30, 2020 Go-yes, registration N 61965.
5. **Fedonine, O. N.** Development of an automated humidity control system in a drying chamber based on the devices of the company "Aries" / O. N. Fedonin, V. A. Khandozko, V. P. Matlakhov // Bryansk State Brasnik Technical University. - 2014. - №2 (42). - P.80-85.
6. **Fedonin, O. N.** The system of automatic temperature control in a three-meter furnace with a microprocessor regulator of the company "Aries" / O. N. Fedonin, V. A. Khandozko, V. P. Matlakhov // Bryansk State Technical University. - 2015. - № 3 (47). - P. 98-104.
7. **Dubasov, Yu. B.** The means of automated monitoring of the state of fuel oil CHP // Industrial ACS and controllers. - 2012. - № 2. - P. 24-26.
8. **Gorban N. N.** Analysis of the mode of operation of the oil-go tank of large volume / N. N. Gorban, G. G. Vasilyev, I. A. Leonovich // Science and technology of pipeline transport of oil and petroleum products. - 2019. - T. 9. - No. 4. - C. 394-401.

Ссылка для цитирования:

Матлахов, В.П. Стенд систем и средств автоматизации оборудования резервуарных парков нефтепродуктов / В.П. Матлахов, В.А. Хандожко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 8. – С. 38 - 45 . DOI: 10.30987/1999-8775-2021-8-38-45.

Статья поступила в редакцию 30.06.21.

Рецензент: д.т.н., профессор Тульского государственного университета,

Анцев В.Ю.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 26.07.21.

Сведения об авторах:

Матлахов Виталий Павлович, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные технологические системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: jed80@mail.ru.

Matlakhov Vitaly Pavlovich, Ph.D., Associate Professor of the Department "Automated Technological Systems" of the Bryansk State Technical University, e-mail: jed80@mail.ru.

Хандожко Виктор Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные технологические системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: vichandozhko@gmail.com.

Handozko Viktor Aleksandrovich, Ph.D., Associate Professor of the Department "Automated Technological Systems" of the Bryansk State Technical University, e-mail: vichandozhko@gmail.com.