УДК 628

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-84-91

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО НЕФТЕСКЛАДА**¹Левин Максим Юрьевич¹Нагорнов Станислав Александрович²Левина Екатерина Юрьевна¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»²ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

Реферат. Качество моторного топлива, производимого в нашей стране, за последние годы существенно улучшилось. Автомобильные бензины и дизельные топлива с нефтеперерабатывающих заводов отпускаются с существенным запасом качества. Наряду с этим, число отказов сельскохозяйственной техники из года в год растет по причине использования сельскими товаропроизводителями недоброкачественных автомобильных бензинов и дизельных топлив. Этот своеобразный парадокс является следствием следующих основных совокупных причин: несовершенная технология хранения моторного топлива, отсутствие должного контроля его качества и снижение технического уровня оборудования сельских нефтескладов. Потери бензина при заполнении резервуара могут достигать от 1 до 4 литров на 1 м³ подаваемого топлива. В данной работе проводится совершенствование технологии хранения светлых нефтепродуктов с использованием интеллектуального нефтесклада. Для этого разработан метод перехода от классической системы автоматизации к виртуально-облачной системе автоматизации для горизонтального цилиндрического резервуара на сельскохозяйственном нефтескладе. Базирясь на искусственном интеллекте и виртуально-облачной системе автоматизации для горизонтального цилиндрического резервуара на сельскохозяйственном нефтескладе разработана методика управления нефтескладом, которая способна также решать многофакторные задачи. Дообучение исходной нейросетевой модели на новых данных приведет к уменьшению погрешности вычислений с течением времени. Создан алгоритм работы интеллектуальной системы по предупреждению аварии на резервуаре и сохранению качества хранимого топлива, который разделен на 4 блока: стартовая загрузка начальных данных нефтехозяйства; операция read/write параметров объекта; инициализация вероятностной характеристики возникновения аварии на резервуаре; управление процессом. Показано, что точность виртуальных датчиков на примере расчёта потерь топлива от испарения из резервуара объемом 50 м³ достигает 95-98%. Проведя цифровую трансформацию в «Умный нефтесклад» достигается безошибочное управление сохранением качества топлива с вероятностью до 98%.

Ключевые слова: технология хранения, потери топлива, умный нефтесклад, интеллектуальные системы.

**IMPROVEMENT OF STORAGE TECHNOLOGIES OF LIGHT OIL PRODUCTS USING
INTELLECTUAL OIL WAREHOUSE**¹Levin Maxim¹Nagornov Stanislav²Levina Ekaterina¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"²FSBEI HE "Bauman Moscow State Technical University"

Abstract. The quality of motor fuel produced in our country has improved significantly in recent years. Motor gasoline and diesel fuel from refineries are released with a significant margin of quality. At the same time, the number of failures of agricultural machinery is growing from year to year due to the

use of poor-quality agricultural producers of gasoline and diesel fuels. This peculiar paradox is a consequence of the following main aggregate reasons: imperfect technology of storage of motor fuel, lack of proper control of its quality and decrease in technical level of the equipment of rural oil deposits. Loss of gasoline when filling the tank can reach from 1 to 4 liters per 1 m³ of fuel supplied. In this work, we improve the technology for storing light petroleum products using an intelligent oil warehouse. For this, a method has been developed for the transition from a classical automation system to a virtual-cloud automation system for a horizontal cylindrical tank in an agricultural oil depot. Based on artificial intelligence and a virtual-cloud automation system for a horizontal cylindrical tank at an agricultural oil depot, an oil depot management technique has been developed that can also solve multifactor problems. Additional training of the initial neural network model on new data will lead to a decrease in the calculation error over time. An algorithm was developed for the program to prevent an accident at the tank and preserve the quality of stored fuel, which is divided into 4 stages: initial initialization of the initial data of the oil industry; reading and writing tank parameters; checking for the probability of an emergency; control action. It is shown that the accuracy of virtual sensors using the example of calculating fuel losses from evaporation from a 50m³ tank reaches 95-98%. By digitally transforming it into a Smart Oil Storage Facility, error-free management of fuel quality preservation is achieved with a probability of

Keywords: *storage technology, fuel loss, smart oil depot, intelligent systems.*

Введение. Качество моторного топлива, производимого в нашей стране, за последние годы существенно улучшилось. Автомобильные бензины и дизельные топлива с нефтеперерабатывающих заводов отпускаются с существенным запасом качества.

Наряду с этим, число отказов мобильной сельскохозяйственной энергетики из года в год растет по причине использования сельскими товаропроизводителями недоброкачественных автомобильных бензинов и дизельных топлив. Этот своеобразный парадокс является следствием следующих основных совокупных причин: несовершенная технология хранения моторного топлива, отсутствие должного контроля его качества и снижение технического уровня оборудования сельских нефтескладов [1, 2].

Поэтому разработка научно обоснованных путей совершенствования технологии хранения светлых нефтепродуктов моторного топлива и предотвращения загрязнения окружающей среды при его хранении является весьма своевременной и актуальной проблемой, на решение которой сконцентрировано внимание ведущих отечественных и зарубежных ученых [3, 4]. В этой связи открывается перспектива применения интеллектуальных систем, которые позволят обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей предиктивным анализом по предупреждению аварий резервуарного парка и выбросов нефтепродуктов, управлением рисками работы нефтесклада в целом, эффективной работой средств сохранения качества моторного топлива, тем самым полностью предотвращая снижение его качества. Умный нефтесклад включает в себя программное обеспечение и математические модели, которые описывают процесс хранения топлива и идентифицируют различное состояние системы, позволяя автоматике безошибочно предпринять действия, направленные на сохранение качества топлива. В статье приводится методика перехода от классической системы автоматизации к виртуально-облачной системе автоматизации для горизонтального цилиндрического резервуара на сельскохозяйственном нефтескладе, которая позволяет отойти от классической схемы сбора данных с резервуара от датчиков и перейти к виртуальной. В результате применения данной технологии реализуется возможность автоматизации существующих и новых резервуарных парков, сформулирован алгоритм работы системы по предупреждению аварии на резервуаре и сохранению качества хранимого топлива.

Материалы и методы. Рассмотрим метод перехода от классической системы автоматизации к виртуально-облачной системе автоматизации для горизонтального цилиндрического резервуара на сельскохозяйственном нефтескладе.

Для получения требуемых входных данных резервуар необходимо обеспечить измерительными датчиками: термометром для измерения температуры бензина, термометром для

измерения температуры паровоздушной среды, манометром, уровнемером. Также для описания окружающей среды потребуются термометр для измерения температуры воздуха, барометр, измеритель влажности воздуха, датчик скорости ветра и т.д. Данные с датчиков обрабатываются контроллером и подаются на вход управляющей программы. Таким образом, получается классическая модель автоматизации объекта (рисунок 1).

Рисунок 1 – Классическая схема автоматизации объекта управления с применением нейронных сетей

При наличии на нефтескладе нескольких резервуаров, с учетом вышеприведенной схемы автоматизации, каждый резервуар необходимо обеспечить измерительными приборами и присоединить датчики к контроллеру для сбора информации с них. Данные капиталовложения могут быть неоправданно высокими для сельхозтоваропроизводителей. Подключение высокоточных измерительных устройств будет требовать постоянного технического контроля и обслуживания. Бесперебойное обеспечение электроэнергией также является основой успешной работы системы автоматизации. Однако некоторые нефтехозяйства располагаются вдали от населенных пунктов и линий электропередач.

Продemonстрируем возможность применения нейронной сети для решения задачи прогнозирования потерь топлива от испарения, и как следствия возможности формирования сигналов управления, без подключения измерительных датчиков к резервуарам и измерения параметров окружающей среды. Все расчеты можно делать удаленно. Для этого потребуются применять облачные хранилища данных для описания требуемых переменных среды и нейронные сети с различной архитектурой для расчета контролируемых переменных объекта.

При переходе к виртуально-облачной системе автоматизации для каждого контролируемого датчиком параметра резервуара возможно подобрать такую архитектуру нейронной сети, которая с высокой точностью сможет решить задачу определения требуемого физического измерения. Такая нейронная сеть будет служить виртуальным датчиком резервуара или любого другого объекта управления с такими возможностями виртуального объекта, как моделирование сценариев, прогнозирование, обучение и т.д.

Таким образом, при данном подходе будет выполнена виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления. При данной схеме автоматизации весь процесс расчётов осуществляется интеллектуальной системой, что позволяет не применять датчики и другие устройства контроля (рисунок 2).

Рисунок 2 – Виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления (резервуара) с применением нейронных сетей

Используя данную концепцию, можно автоматизировать существующие резервуары, к которым нет возможности подключить датчики для измерения параметров. В тоже время виртуально облачная система автоматизации резервуара может реализовать различные сценарии по прогнозированию потерь качества и объема топлива, что позволит найти эффективные средства борьбы с ними [5, 6].

Таким образом, виртуально облачная система автоматизации позволяет достичь таких результатов:

1. гибкость системы автоматизации – возможность подключения дополнительных моделей, таких как факторы риска, прочих виртуальных и реальных датчиков не нарушая целостности модели;
2. отсутствие контроллеров и датчиков, экономия средств на их покупку и обслуживание;
3. возможность автоматизации устаревших объектов, не нарушается целостность объекта автоматизации.

Результаты и их обсуждение. Базируясь на искусственном интеллекте и виртуально-облачной системе автоматизации для горизонтального цилиндрического резервуара на сельскохозяйственном нефтескладе разработана методика, позволяющая управлять нефтескладом и решать многофакторные задачи. Дообучение исходной нейросетевой модели на новых данных приведет к уменьшению погрешности вычислений с течением времени. Создан алгоритм работы интеллектуальной системы по предупреждению аварии на резервуаре и сохранению качества хранимого топлива, который разделен на 4 блока: стартовая загрузка начальных данных нефтехозяйства; операция read/write параметров объекта; инициализация вероятностной характеристики возникновения аварии на резервуаре; управление процессом.

Приведем на рисунке 3 алгоритм «Работы основного блока программы».

Рисунок 3 – Алгоритм «Работы основного блока программы».

Этапы работы с нейронной сетью для построения модели хранения топлива в резервуаре и управления нефтескладом:

1. Подготовка: выбор критериев входа и выхода для модели, определение факторов, формирование базы данных, очистка базы данных от шумов, формирование массива для обучения и тестирования.

2. Формирование архитектуры нейронной сети: выбор функции активации, количества нейронов, количества слоев, входных и выходных параметров, проверка достаточности наличия количества данных иначе на п1. Нормирование массива данных на выбранный диапазон.

3. Обучение нейронной сети: начальная инициализация весовых коэффициентов и их оптимизация, контроль недопуска переобучения, анализ полученных коэффициентов и влияния входных параметров на общую ошибку, сокращение количества входов, перестроение архитектуры

4. Работа нейронной сети: фиксация коэффициентов, расчет по входным параметрам, прогноз требуемых показателей, автоматизация работы средств защиты топлива.

5. Дообучение на новых данных. Алгоритм моделирования хранения топлива в резервуаре с применением нейронной сети для управления нефтескладом приведен ниже:

Приведенная методика позволяет в непрерывном режиме повышать точность работы интеллектуальной системы управления резервуарным парком.

Стартовая загрузка начальных данных нефтехозяйства состоит в создании общего информационного пространства с параметрами резервуаров сельского нефтехозяйства, загруженном светлом нефтепродукте и т.д. Также в интеллектуальной системе задаются показатели степени вероятности до наступления аварийной ситуации. Экспериментально установлено, что порог вероятности в 10-20% является достаточным по запасу времени для устранения аварийной ситуации.

Операция read/write параметров объекта. Интеллектуальная система выполняет онлайн чтение с датчиков на резервуаре.

Работа триггера на возникновение аварии на резервуаре осуществляется непрерывно в оперативной памяти компьютера и заключается в идентификации проблем объекта при утечки светлого нефтепродукта, выхода из строя дыхательного оборудования, самопроизвольного возгорания нефтепродукта.

Программа управляет контроллером включения системы защиты от обводнения и испарения топлива. При достижении в резервуаре заранее установленного давления срабатывания дыхательного клапана на «вдох» работает контроллер, включающий систему защиты хранимого топлива от обводнения атмосферной влагой.

При достижении в резервуаре заранее установленного давления срабатывания дыхательного клапана на «выдох» работает контроллер, включающий систему защиты хранимого топлива от испарения.

Управляющее воздействие программы заключается в информировании оператора о идентифицированном негативном событии и/или включении устройств предотвращения негативных событий.

Точность виртуальных датчиков на примере расчёта потерь топлива от испарения из резервуара объемом 50м³ достигает 95-98%.

Проведя цифровую трансформацию в «Умный нефтесклад» достигается безошибочное управление сохранением качества топлива с вероятностью до 98%.

Выводы. Таким образом, выполнено совершенствование технологии хранения светлых нефтепродуктов с использованием интеллектуального нефтесклада. Разработана концепция умного нефтесклада для сохранения качества топлива при хранении, благодаря которой нефтесклад обеспечен предиктивным анализом по предупреждению аварии на резервуаре, управлением рисками работы нефтесклада, безошибочной работой средств сохранения качества топлива. Показано, что совокупность разработанных программ и методов позволяет сохранять до 98% качества и количества топлива без участия человека вне зависимости от расстояния до сельскохозяйственного нефтесклада и от их количества. Концепция включает в себя интеллектуальную и техническую часть. Структура интеллектуальной системы состоит из блоков: виртуально облачной системы автоматизации для возможности обработки неограниченного количества параметров резервуаров, программы вывода решений к технической части сохранения

качества и интеллектуальный модуль на базе нейронных сетей. Методика виртуально облачной системы автоматизации горизонтального цилиндрического резервуара, построенная каскадом нейронных сетей для имитации виртуальных датчиков, моделирует процесс хранения топлива с точностью до 97 %.

Список литературы

1. Левин М.Ю. Особенности процесса испарения топлива из наземных горизонтальных резервуаров [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Левина Е.Ю. // Наука в центральной России. 2017. № 4 (28). С. 121-130.
2. Левин М.Ю. Расчет потерь моторного топлива от испарения с изменяемой поверхности [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Романцова С.В. // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 77-84.
3. Новоселов В.Ф. и др. Методика расчета потерь от испарения нефти и нефтепродуктов из наземных резервуаров: Учебное пособие/ В. Ф. Новоселов, В.П. Ботыгин, И. Г. Блинов. – Уфа: Изд-во УНИ, 1987. – 73 с.
4. Коршак А.А. и др. Нефтебазы и АЗС: Учебное пособие/ А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. –Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2006 . – 416 с.
5. Левин М.Ю. Управление рисками при хранении светлых нефтепродуктов с применением нейронных сетей [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 79-86.
6. Левин М.Ю. Формализация алгоритма проектирования архитектуры нейронных сетей на практике [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2016. № 1 (19). С. 81-87.

References

1. Levin M.YU. Osobennosti processa isparennya topliva iz nazemnyh gorizonta'nyh rezervuarov [Tekst] / Levin M.YU., Nagornov S.A., Levina E.YU. // Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 4 (28). S. 121-130.
2. Levin M.YU. Raschet poter' motornogo topliva ot isparennya s izmenyaemoj poverhnosti [Tekst] / Levin M.YU., Nagornov S.A., Romancova S.V. // Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 2 (26). S. 77-84.
3. Novoselov V.F. i dr. Metodika rascheta poter' ot isparennya nefiti i nefteproduktov iz nazemnyh rezervuarov: Uchebnoe posobie/ V. F. Novoselov, V.P. Botygin, I. G. Blinov. – Ufa: Izd-vo UNI, 1987. – 73 s.
4. Korshak A.A. i dr. Neftebazy i AZS: Uchebnoe posobie/ A. A. Korshak, G. E. Korobkov, E. M. Muftahov. –Ufa: ООО «DizajnPoligrafServis», 2006 . – 416 s.
5. Levin M.Yu. Risk management during storage of light petroleum products using neural networks [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Science in central Russia. 2017. No 1 (25). S. 79-86.
6. Levin M.Yu. Formalization of the algorithm for designing the architecture of neural networks in practice [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Science in central Russia. 2016. No. 1 (19). S. 81-87.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Левин Максим Юрьевич – кандидат технических наук Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: lmu@list.ru.

Нагорнов Станислав Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Левина Екатерина Юрьевна – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, г. Москва.

Author credentials

Affiliations

Levin Maxim – Candidate of Technical Sciences of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: lmu@list.ru.

Nagornov Stanislav – Full Doctor of Technical sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Levina Ekaterina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bauman Moscow State Technical University”, Russia, Moscow.

Поступила в редакцию (Received): 19.11.2019 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2019

УДК 635.21: 005.58

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-91-99

ОПТИЧЕСКИЙ ПОЛЕВОЙ МОНИТОРИНГ В ОРИГИНАЛЬНОМ КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ

¹Старовойтов Виктор Иванович

¹Старовойтова Оксана Анатольевна

²Балабанов Виктор Иванович

²Манохина Александра Анатольевна

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха»

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Реферат. Перспективным направлением развития сельскохозяйственного мониторинга является использование беспилотных летательных аппаратов. Анализ критериев по распознаванию растений в полевых условиях показал, что для оригинального семеноводства картофеля применимы и эффективны NDVI формулы вегетационного индекса растений. В работе проанализированы основные существующие формулы NDVI. Установлено, что при появлении всходов, в течение вегетационного периода, росту биомассы картофеля соответствует увеличение значений NDVI. С наступлением периода созревания снижается содержание хлорофилла и, соответственно, значения NDVI. NDVI характеризует плотность растительности, что позволяет растениеводам оценить всхожесть и рост растений, продуктивность угодий. Выявлено, что по индексу NDVI с высокой точностью можно прогнозировать урожайность посевов. Обосновано, что для картофеля из-за большой биомассы, прежде всего зеленых листьев и стеблей, интерес представляет использование критерия – GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) – Зеленого нормализованного разностного вегетационного индекса. Этот показатель схож с показателем NDVI, за исключением того, что он измеряется в зеленом спектре от 540 до 570 нм., вместо красного спектра. Проанализированы существующие программные комплексы по интерпретации графических данных в области сельскохозяйственного мониторинга. Анализ сервисов для работы с БПЛА: Drone Deploy, Pix4D, AgVault, Agisoft Photo Scan, Drone Mapper, Farm Lens, Inpho UAS Master, ENVI, Analyst 2017 показал, что все они основаны на подключении через мобильное приложение к пульту управления беспилотным летательным аппаратом и могут быть использованы для оптического полевого мониторинга в оригинальном картофелеводстве.

Ключевые слова: критерии, вегетационный индекс, мониторинг, БПЛА, растение, оптический спектр.

OPTICAL FIELD MONITORING IN ORIGINAL POTATO FARMING

¹Starovoitov Viktor

¹Starovoitova Oksana

²Balabanov Victor

²Manokhina Aleksandra

¹FSBSI “Lorch Potato Research Institute”

²FSBEI HE “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”