Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 6 (134). С. 103-115. ISSN 1998-8443 (print)
Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2021. Issue 6 (134). P. 103-115. ISSN 1998-8443 (print)

Научная статья

УДК 622.692.4

doi: 10.17122/ntj-oil-2021-6-103-115

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ ВНУТРИТРУБНОГО ОЧИСТНОГО УСТРОЙСТВА В ТРУБОПРОВОДАХ С ВЫСОКИМИ СКОРОСТЯМИ ПОТОКА ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ СРЕДЫ

**Фанзиль Мавлявиевич Мугаллимов¹, Ильдар Фанзилевич Мугаллимов²,
Булат Фанзилевич Мугаллимов³, Бобуршоҳ Бахрмжон углы Нуриддинов⁴**

^{1,4}Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

²ООО «Научно-техническая фирма «ВОСТОКнефтегаз», Уфа, Россия

³ООО «Транснефть - Восток», Братск, Россия

¹mugallimov@mail.ru

²ildarmif@mail.ru

³vngazat@mail.ru

⁴boburshoh.nuriddinov@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: **Фанзиль Мавлявиевич Мугаллимов**,
mugallimov@mail.ru

Аннотация. Трубопроводы с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта, где скорость перекачки может достигать 20 м/с и выше, встречаются на различных газовых, газоконденсатных и газонефтяных месторождениях, а также на магистральных газопроводах.

При проведении работ по очистке внутренней полости и внутритрубной диагностике трубопровода с высокими скоростями потока продукта наблюдается неравномерность движения внутритрубных устройств, что небезопасно для трубопровода и для самих устройств во время движения в трубопроводе, то есть может привести к их поломке и/или застреванию или же к возникновению аварийной ситуации на трубопроводе.

Неравномерность движения устройств приводит, как следствие, к некачественной очистке внутренней полости, а также к неудовлетворительным результатам внутритрубной диагностики, то есть к недостоверным диагностическим данным. Существуют несколько методов снижения скорости движения внутритрубного очистного устройства в трубопроводе.

В статье рассматривается метод снижения скорости внутритрубного очистного устройства в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемой среды, обеспечивая переток перекачиваемого продукта через байпасные отверстия в корпусе устройства.

Разработаны и проанализированы математические модели движения очистных устройств с постоянными массогабаритными размерами и различной площадью отверстий для перепуска продукта, позволяющие определять и подобрать наиболее подходящее устройство для очистки конкретного трубопровода с высокой скоростью потока перекачиваемого продукта. Обосновано, что полученную расчетную модель движения очистных устройств можно применять на производстве для решения задач по очистке трубопроводов с высокими скоростями потока.

Для снижения скорости движения очистных устройств при очистке трубопровода с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта в качестве метода повышения безопасной эксплуатации трубопровода предложено регулирование скорости движения очистных устройств за счет перепуска перекачиваемого продукта через байпасные отверстия устройства.

Ключевые слова: трубопровод, безопасная эксплуатация, высокая скорость потока перекачиваемого продукта, очистка, внутритрубная диагностика, неравномерность движения

Для цитирования: Мугаллимов Ф. М., Мугаллимов И. Ф., Мугаллимов Б. Ф., Нуриддинов Б. Б. Методы снижения скорости внутритрубного очистного устройства в трубопроводах с высокими скоростями потока перекачиваемой среды // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 6 (134), С. 103-115. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-6-103-115>.

Original article

METHODS FOR REDUCING THE SPEED OF AN INLINE CLEANING DEVICE IN PIPELINES WITH HIGH FLOW RATES OF THE PUMPED MEDIUM

Fanzil M. Mugallimov¹, Ildar F. Mugallimov², Bulat F. Mugallimov³,
Boburshokh B. Nuriddinov⁴

^{1,4}Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

²Scientific and Technical Firm VOSTOKneftegaz, LLC, Ufa, Russia

³Transneft East, LLC, Bratsk, Russia

¹mugallimov@mail.ru

²ildarmif@mail.ru

³vngazat@mail.ru

⁴boburshoh.nuriddinov@gmail.com

Corresponding author: **Fanzil M. Mugallimov**, mugallimov@mail.ru

Abstract. Pipelines with high flow rates of the pumped product, where the pumping speed can reach up to 20 m / s and higher, are found in various gas, gas condensate and gas-oil fields, as well as on main gas pipelines.

When carrying out work on cleaning the internal cavity and in-line diagnostics of the pipeline with high product flow rates, uneven movement of the in-line devices is observed, which is unsafe for the pipeline and for the devices themselves while moving in the pipeline, that is, it can lead to them breakdown and / or sticking or an emergency on the pipeline.

The uneven movement of the devices leads, as a result, to poor-quality cleaning of the internal cavity, as well as to unsatisfactory results of intratubal diagnostics, that is, to unreliable diagnostic data. There are several methods of reducing the speed of the in-line cleaning device in the pipeline.

The article discusses a method for reducing the speed of an in-line cleaning device in a pipeline with high flow rates of the pumped medium, ensuring the overflow of the pumped product through the bypass holes in the device body.

Developed and analyzed mathematical models of the movement of cleaning devices with constant weight and dimensions and different area of openings for product bypass, allowing to determine and select the most suitable device for cleaning a specific pipeline with a high flow rate of the pumped product. It is substantiated that the obtained computational model of the movement of cleaning devices can be used in production to solve problems of cleaning pipelines with high flow rates.

To reduce the speed of the cleaning devices when cleaning the pipeline with high flow rates of the pumped product, as a method of increasing the safe operation of the pipeline, it is proposed to regulate the speed of the cleaning devices by bypassing the pumped product through the bypass openings of the device.

Keywords: pipeline, safe operation, high flow rate of the pumped product, cleaning, in-line diagnostics, uneven movement

For citation: Mugallimov F. M., Mugallimov I. F., Mugallimov B. F., Nuriddinov B. B. Metody snizheniya skorosti vnutritrubnogo ochistnogo ustroystva v truboprovodakh s vysokimi skorostyami potoka perekachivayemoy sredy. [Methods for Reducing the Speed of an Inline Cleaning Device in Pipelines with High Flow Rates of the Pumped Medium]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2021, 6 (134), pp. 103-115. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-6-103-115>.

Трубопроводы с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта, где скорость перекачки может достигать 20 м/с и выше, встречаются на различных газовых, газоконденсатных и газонефтяных

месторождениях, а также на магистральных газопроводах.

В качестве примера такого газопромыслового трубопровода можно привести промысловый трубопровод К-10

УЗА - Ш-23 ПАО «Газпром нефть» диаметром 426 x 9 мм протяженностью 7,216 км, по которому перекачивается двухфазный продукт: газ и газовый конденсат. При суточной производительности 1597 тыс. м³/сут скорость газа в трубопроводе может достигать 20 м/с. При проведении работ по очистке внутренней полости и при внутритрубной диагностике трубопровода с высокими скоростями потока продукта наблюдается неравномерность движения внутритрубных устройств, что небезопасно для трубопровода и для самих устройств во время движения в трубопроводе, то есть может привести к их поломке и/или застреванию и к возникновению аварийной ситуации на трубопроводе [1]. Неравномерность движения устройств приводит, как следствие, к некачественной очистке внутренней полости, а также к неудовлетворительным результатам внутритрубной диагностики, то есть к недостоверным диагностическим данным [1].

Существует несколько методов снижения скорости движения внутритрубного очистного устройства в трубопроводе. Возможными решениями изложенных проблем при очистке и диагностике трубопроводов с большими скоростями потока являются следующие [2, 3].

1. *Перепуск части перекачиваемого продукта через байпасные отверстия в корпусе внутритрубного устройства*, то есть регулирование скорости движения внутритрубных очистных устройств и дефектоскопов за счет настройки площади сечения байпасных отверстий для регулирования объема перепуска перекачиваемого продукта через устройство, а также применяя устройства активного контроля скорости, то есть за счет байпасирующих устройств, встроенных в дефектоскопы.

2. *Уменьшение объема перекачки транспортируемого продукта при очистке и внутритрубной диагностике*. С уменьшением объема перекачки по трубопроводу скорость транспортируемого продукта снижается, и тем самым будет снижаться скорость

движения очистного устройства и/или дефектоскопа.

3. *Создание противодавления в конце трубопровода*. Создание противодавления газа в конце трубопровода давлению, которое создано в начале трубопровода, обеспечивает равномерную скорость движения внутритрубного устройства и не позволяет устройству даже при больших объемах перекачки газа двигаться устройству скачкообразно при очистке или внутритрубной диагностике. При этом скорость движения устройства будет зависеть от величины перепада давления в начале и в конце трубопровода, от массы и типа применяемого устройства, очистное устройство это или, например, внутритрубный магнитный дефектоскоп.

Рассмотрим более подробно метод снижения скорости внутритрубного очистного устройства (ОУ) в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемой среды, обеспечивая переток перекачиваемого продукта через байпасные отверстия в корпусе устройства.

Целью данной работы являются изучение и оценка параметров движения очистного устройства в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта, разработка математической модели движения, проведение расчетов и построение графических зависимостей скорости движения устройства по трубопроводу.

В качестве решения указанной проблемы, для обеспечения перетока перекачиваемого продукта через байпасные отверстия в корпусе устройства, рассмотрим математическую модель движения внутритрубного поршня-разделителя типа ПРВ (производство АО «Транснефть - Диаскан») в действующем промысловом трубопроводе К-10 УЗА Ш-23 диаметром 426 мм, протяженностью 7216 м, перекачивающим двухфазную рабочую среду со следующими параметрами устройства: масса устройства 75 кг, его длина 0,872 м.

Измеряя заранее, перед запуском внутритрубного устройства в трубопровод, общую площадь перетока (общую площадь

байпасных отверстий), можно спрогнозировать реальную скорость движения ОУ по трубопроводу при известной скорости потока перекачиваемого продукта [4].

Полученная при разработке математической модели расчетная скорость движения ОУ даст возможность спрогнозировать перемещение очистного устройства по трубопроводу, а также провести анализ и оценку рисков возникновения нештатных ситуаций в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта [5]. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего совершенствования конструктивных параметров внутритрубных устройств.

Рассмотрим движение в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта внутритрубного устройства без байпасных отверстий для перепуска продукта (*первый вариант ОУ*).

Для оценки динамических параметров движения внутритрубного устройства в трубопроводе К-10 УЗА Ш-23 с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта разработана математическая модель очистного устройства на основе поршня-разделителя типа ПРВ без байпасных отверстий для перепуска продукта с площадью перекрытия сечения трубопровода (перекрытия потока) очистным устройством в 0,1307 м².

В результате разработки математической модели движения очистного устройства без отверстий перепуска в трубопроводе с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта были получены графические зависимости скорости очистного устройства и потока газа от координаты времени [4].

Ускорение очистного устройства:

$$a = a_0 + t \cdot j,$$

где j - рывок или интенсивность действия силы на очистное устройство;

a_0 - начальное ускорение очистного устройства.

t - временная фаза (время прохождения очистного устройства по трубопроводу), принимается как произвольный временной шаг с целью определения динамических параметров движения очистного устройства в данный момент времени и координате.

Ввиду того, что начальное ускорение в начале участка в данном (начальном) временном промежутке и интенсивность действия силы равны 0, этим значением мы пренебрегаем.

Скорость очистного устройства:

$$V = V_0 + a_0 \cdot t + \frac{j \cdot t^2}{2},$$

где V_0 - начальная скорость очистного устройства.

Таким образом, начальная скорость очистного устройства будет равна расчетной скорости газа в начале участка.

На графике (рисунок 1) представлена совмещенная зависимость скорости движения очистного устройства и скорости потока газа в действующем промышленном трубопроводе К-10 УЗА Ш-23 от координаты времени. Как видно из данной графической зависимости, наблюдается экспоненциальный рост амплитуды скорости движения очистного устройства по координате времени. Экспоненциальный рост амплитуды скорости движения ОУ происходит прямо пропорционально увеличению скорости потока газа. Исходя из графической зависимости, представленной на рисунке 1, скорость движения ОУ в трубопроводе без отверстий для перепуска продукта к конечному участку трубопровода доходит до 14,68 м/с. Средняя скорость движения очистного устройства без отверстий для перепуска продукта равна 14,314 м/с.

Рисунок 1. Совмещенная графическая характеристика скорости очистного устройства и скорости потока газа от координаты времени

Figure 1. Combined graphical characteristic of cleaning device speed and the gas flow rate from the time coordinate

Анализируя график (рисунок 1), стоит отметить, что скорость очистного устройства стремится к скорости газа, при этом значения скорости очистного устройства в общем временном промежутке прохождения по трассе трубопровода не удовлетворяют безопасным значениям скоростей, а именно превышают 5 м/с.

Применение подобного очистного устройства (судя по модели) при очистке указанного трубопровода крайне опасно ввиду высоких рисков снижения промышленной безопасности как для производства работ по очистке линейной части, так и для технологического режима работы трубопровода [6].

На рисунке 2 показана графическая зависимость изменения избыточного давления газа вблизи (спереди и сзади) очистного устройства от координаты времени. На гра-

фике отражены локальные перепады давления на ОУ, распространяющиеся по длине эксплуатационного участка трубопровода вместе с перемещением очистного устройства.

Во время замедления скорости движения внутритрубного устройства в полости газопровода за снарядом повышается давление газа, которое при достижении давления, превышающего усилие страгивания, действуя подобно пружине, «выбрасывает» снаряд, то есть происходит рывок (ускорение) ОУ [7].

Таким образом, наблюдается пульсирующее движение (увеличение скорости) внутритрубного устройства без байпасных отверстий для перепуска продукта на начальном отрезке координаты расстояния трубопровода.

Рисунок 2. Графическая зависимость изменения избыточного давления газа
вблизи очистного устройства от координаты времени

Figure 2. Graphical dependence of the change in excess gas pressure
near the cleaning device from the time coordinate

Полученные расчетным путем значения скоростей движения очистного устройства (исходя из графической зависимости, представленной на рисунке 1) в ходе построения математической модели не удовлетворяет требованиям по обеспечению безопасной эксплуатации трубопроводов с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта при их очистке, то есть расчетные скорости движения ОУ не входят в диапазон допустимых значений скоростей для очистного устройства при проведении очистки таких трубопроводов.

Как отмечалось ранее, безопасная очистка внутренней полости трубопровода с высокими скоростями потока без высокой степени риска повреждения ОУ при его движении осуществляется при скорости движения очистного устройства до 5 м/с. При ско-

рости потока свыше 5 м/с снижается эффективность очистки полости трубопровода, и возрастает риск повреждения очистного устройства во время прохождения им различного рода выступающих препятствий, изгибов и поворотов трубопровода, неисправности запорной арматуры (неполное открытие задвижек в момент пропуска очистного устройства), а также возрастает риск застревания очистного устройства, что приведет к нештатной ситуации и аварийной остановке трубопровода.

Исходя из описанной выше проблемы, предлагаем снижение скорости внутритрубного очистного устройства с применением отверстий для перепуска части перекачиваемого продукта через корпус устройства сзади вперед, то есть через ОУ.

Для снижения скорости движения очистного устройства необходимо сделать в корпусе ОУ отверстия для перепуска части перекачиваемого продукта, тем самым снизить площадь воздействия потока перекачиваемого продукта на ОУ.

Для этого необходимо изучить и оценить параметры движения очистного устройства в трубопроводе, рассчитать и построить математическую модель движения ОУ, оснащённого отверстиями для перепуска перекачиваемого продукта, произвести анализ и сравнение скоростей движения очистного устройства с отверстием для перепуска продукта.

В качестве исходных данных для оценки параметров движения очистного устройства в трубопроводе принимаем ОУ со следующими характеристиками: длина очистного устройства 0,872 м, масса 75 кг, диаметр корпуса 0,219 м (площадь

поперечного сечения корпуса ОУ 0,0376 м²), общая площадь отверстий в кольцевом сечении для перепуска продукта равна 0,0276 м² (второй вариант ОУ).

В результате расчетов разработанной математической модели ОУ с общей площадью отверстий для перепуска продукта 0,0276 м² получены следующие графические зависимости (рисунок 3).

Исходя из графической зависимости, представленной на рисунке 3, можно сделать вывод, что наибольшие гармонические колебания скорости движения ОУ с отверстиями для перепуска продукта возникают в начале участка трубопровода вследствие воздействия на него интенсивности силы потока газа. Скорость движения ОУ на протяжении всего очищаемого участка трубопровода плавно возрастает и в конце участка увеличивается также до 14,79 м/с. При этом среднее значение скорости ОУ равно 12,544 м/с.

Рисунок 3. Графическая зависимость скорости очистного устройства с общей площадью отверстий перепуска 0,0276 м² от времени

Figure 3. Graphical dependence of the speed of the cleaning device with a total area of bypass holes 0.0276 м² on time

По сравнению с предыдущим расчетом математической модели ОУ без отверстий для перепуска (*первый вариант ОУ*), среднюю скорость движения очистного устройства с отверстиями для перепуска продукта удалось снизить на 2,58 м/с, что значительно мало, и при полученной скорости ОУ описанные выше риски для очистного устройства и трубопроводной системы все еще актуальны [8, 9].

В качестве исходных данных для оценки параметров движения очистного устройства в трубопроводе, расчета и построения математической модели движения ОУ, оснащённого отверстиями для перепуска перекачиваемого продукта, принимаем *третий вариант ОУ* со следующими характеристиками: длина очистного устройства 0,872 м, его масса 75 кг, диаметр корпуса 0,219 м, площадь поперечного сечения корпуса 0,0376 м², общая площадь отверстий для перепуска продукта равна 0,06413 м² (площадь для перепуска увеличили в 2,32 раза). В результате расчетов (разработки математической модели движения очистного устройства с общей

площадью отверстий перепуска 0,06413 м²) получены графические зависимости ускорения очистного устройства от координаты времени и скорости очистного устройства от координаты времени, которые представлены на рисунках 4 и 5.

Исходя из графической зависимости, представленной на рисунке 4, можно сделать вывод, что наибольшие гармонические колебания ускорения очистного устройства с отверстиями для перепуска продукта возникают в начале эксплуатационного участка трубопровода вследствие воздействия на него перепада давления, создаваемого потоком газа.

На рисунке 5 представлена графическая зависимость скорости движения очистного устройства от координаты времени. На данном графике на оси *x* представлен временной промежуток. Здесь координата времени представляет собой временной отрезок, за который очистное устройство пройдет всю протяжённость трассы трубопровода от камеры пуска до камеры приема.

Рисунок 4. Графическая зависимость ускорения очистного устройства с отверстиями для перепуска продукта от времени

Figure 4. Graphical dependence of the acceleration of the purifier with product bypass holes on time

Рисунок 5. Графическая зависимость скорости очистного устройства от времени
Figure 5. Graphical dependence of the speed of the cleaning device on time

Исходя из графической зависимости, представленной на рисунке 5, можно сделать вывод, что наибольшие гармонические колебания скорости движения очистного устройства возникают в начале участка трубопровода, вследствие воздействия на него перепада давления, создаваемого потоком газа

Скорость движения ОУ на протяжении всего участка трубопровода плавно возрастает и в конце участка трубопровода увеличивается до 4,5 м/с. Среднее арифметическое значение скорости очистного устройства равно 1,91 м/с.

По сравнению с предыдущим расчетом математической модели с общей площадью отверстий в очистном устройстве для перепуска продукта в 0,0276 м² (*второй вариант ОУ*), среднюю скорость ОУ с общей площадью отверстий для перепуска продукта в 0,06413 м² (*третий вариант ОУ*) удастся снизить в 6,56 раза.

Таким образом, увеличив общую площадь отверстий для перетока перекачиваемого продукта, то есть уменьшив площадь воздействия потока перекачиваемой среды

на очистное устройство в 2,32 раза, удастся снизить среднюю скорость ОУ в трубопроводе К-10 УЗА Ш-23 в 6,56 раза, от 20 до 3,05 м/с.

Полученные в результате разработки математической модели движения очистного устройства его скорости при прохождении им трубопровода с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта (например трубопровода К-10 УЗА Ш-23) полностью подтверждают теорию, которой придерживаются эксперты, что эффективная и безопасная эксплуатация очистного устройства и очищаемого трубопровода обеспечивается при превышении значений скорости движения ОУ не более, чем на 5 м/с.

Данную расчетную математическую модель в соответствии с результатами опроса экспертов о безопасной и эффективной очистке внутренней полости трубопровода (а именно, скорость очистного устройства не должна превышать 5 м/с), можно применять на производстве для решения задач о проведении очистки трубопроводов с высокими скоростями потока [10].

Выводы

1. Разработаны и проанализированы математические модели движения очистных устройств с постоянными массогабаритными размерами и различной площадью отверстий для перепуска продукта, позволяющие определять и подбирать наиболее подходящее устройство для очистки конкретного трубопровода с высокой скоростью потока перекачиваемого продукта.

2. Полученную расчетную модель движения очистных устройств можно

применять на производстве для решения задач по очистке трубопроводов с высокими скоростями потока.

3. Для снижения скорости движения очистных устройств при очистке трубопровода с высокими скоростями потока перекачиваемого продукта в качестве метода повышения безопасной эксплуатации трубопровода предложено регулирование скорости движения очистных устройств за счет перепуска перекачиваемого продукта через байпасные отверстия устройства.

Список источников

1. Мугаллимов Ф.М. Анализ причин застреваний и повреждений очистных устройств в трубопроводах // Нефтяное хозяйство. 2000. № 8. С. 71.
2. Мугаллимов Ф.М., Мугаллимов И.Ф., Мугаллимов А.Ф. Очистка трубопроводов переменного диаметра // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Вып. 6 (122). С. 52-58. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-6-52-58.
3. Мугаллимов Ф.М., Кудрявцев А.А. Инновационные разработки в области технических средств обучения специалистов трубопроводного транспорта // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 4. С. 475-487. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/MugallimovFM/MugallimovFM_2.pdf (дата обращения: 11.09.2021).
4. Иванов С.И. Очистка промысловых газопроводов // Газовая промышленность. 2003. № 6. С. 82.
5. Бархатов А.Ф., Терре Д.А. Опыт идентификации характеристик линейной части магистрального нефтепровода // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 3. С. 282-313. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p282-313_BarkhatovAF_ru_en.pdf (дата обращения: 11.09.2021).
6. Самойлова К.И., Тратникова А.А. Методы очистки внутренних полостей трубопроводов // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сб. ст. междунаро. науч.-практ. конф. Уфа: Агентство международных исследований, 2018. С. 205-206.
7. Фомичев А.О. Анализ причин застревания очистных устройств в полости трубопровода //

References

1. Mugallimov F.M. Analiz prichin zastrevanii i povrezhdenii ochistnykh ustroystv v truboprovodakh [Analysis of the Causes of Jamming and Damage to Cleaning Devices in Pipelines]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2000, No. 8, pp. 71. [in Russian].
2. Mugallimov F.M., Mugallimov I.F., Mugallimov A.F. Ochistka truboprovodov peremennogo diametra [Probability of Piping Integrity Loss under the Pumped Oil Pressure in the Welding Process]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2019, Issue 6 (122), pp. 52-58. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-6-52-58. [in Russian].
3. Mugallimov F.M., Kudryavtsev A.A. Innovatsionnye razrabotki v oblasti tekhnicheskikh sredstv obucheniya spetsialistov truboprovodnogo transporta [Innovation in Technical Training of Pipeline Transportation Specialists]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2013, No. 4, pp. 475-487. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/MugallimovFM/MugallimovFM_2.pdf (accessed 11.09.2021). [in Russian].
4. Ivanov S.I. Ochistka promyslovykh gazoprovodov [Cleaning of Field Gas Pipelines]. *Gazovaya promyshlennost' - GAS Industry of Russia*, 2003, No. 6, pp. 82. [in Russian].
5. Barkhatov A.F., Terre D.A. Opyt identifikatsii kharakteristik lineinoi chasti magistral'nogo nefteprovoda [Experience in Identification of Oil Trunk Pipeline System Characteristics]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic*

Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития: сб. ст. международ. науч.-практ. конф. Петрозаводск: Новая Наука, 2019. С. 94-97.

8. Рапопорт А.В. Сравнительный анализ технологий очистки внутренних поверхностей нефтепроводов // Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем: сб. ст. международ. науч.-практ. конф. Уфа: Аэтерна, 2017. С. 116-119.

9. Лапшин Б.М., Овчинников А.Л., Чекалин А.С. О способе сопровождения средств очистки и диагностики по магистральным трубопроводам // Территория «Нефтегаз». 2020. № 7-8. С. 42-43.

10. Абрамов В.С., Юдаков В.А. Применение мобильных решений для очистки внутренней полости трубопроводов // Нефтяная провинция. 2021. № 1 (25). С. 182-188. DOI: 10.25689/NP.2021.1.182-188.

Scientific Journal «Oil and Gas Business», 2015, No. 3, pp. 282-313. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p282-313_BarkhatovAF_ru_en.pdf (accessed 11.09.2021). [in Russian].

6. Samoilova K.I., Tratnikova A.A. Metody oчитki vnutrennikh polostei truboprovodov [Methods for Cleaning the Internal Cavities of Pipelines]. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Vzaimodeistvie nauki i obshchestva: problema i perspektivy»* [Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference «Interaction between Science and Society: Problems and Prospects»]. Ufa, Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy Publ., 2018, pp. 205-206. [in Russian].

7. Fomichev A.O. Analiz prichin zastrevaniya oчитnykh ustroystv v polosti truboprovoda [Analysis of the Causes of Stuck Cleaning Devices in the Pipeline Cavity]. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Molodezhnaya nauka kak faktor i resurs operezhayushchego razvitiya»* [Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference «Youth Science as a Factor and Resource of Advanced Development»]. Petrozavodsk, Novaya Nauka Publ., 2019, pp. 94-97. [in Russian].

8. Rapoport A.V. Sravnitel'nyi analiz tekhnologii oчитki vnutrennikh poverkhnostei nefteprovodov [Comparative Analysis of Technologies for Cleaning the Internal Surfaces of Oil Pipelines]. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy effektivnosti i bezopasnosti funktsionirovaniya slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionnykh sistem»* [Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference «Problems of the Efficiency and Safety of Functioning of Complex Technical and Information Systems»]. Ufa, Aeterna Publ., 2017, pp. 116-119. [in Russian].

9. Lapshin B.M., Ovchinnikov A.L., Chekalin A.S. O sposobe soprovozhdeniya sredstv oчитki i diagnostiki po magistral'nym truboprovodam [On the Method of Accompanying Cleaning and Diagnostic Tools Along the Main Pipelines]. *Territoriya «Neftegaz» - Oil and Gas Territory*, 2020, No. 7-8, pp. 42-43. [in Russian].

10. Abramov V.S., Yudakov V.A. Primenenie mobil'nykh reshenii dlya oчитki vnutrennei polosti truboprovodov [Portable Solutions for Pigging]. *Neftyanaya provintsia - Neftyanaya Provintsiya*, 2021, No. 1 (25), pp. 182-188. DOI: 10.25689/NP.2021.1.182-188. [in Russian].

Информация об авторах

• Мугаллимов Фанзиль Мавлявиевич, д-р техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Профессор кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»
Россия, 450064, Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: mugallimov@mail.ru

• Мугаллимов Ильдар Фанзиевич
ООО «Научно-техническая фирма «ВОСТОКнефтегаз»
Заместитель генерального директора
Россия, 450027, Уфа
e-mail: ildarmif@mail.ru

• Мугаллимов Булат Фанзиевич
ООО «Транснефть - Восток»
Ведущий инженер
Россия, 665734, Братск, ул. Олимпийская, 14
e-mail: vngazat@mail.ru

• Нуриддинов Бобуршох Бахрмжон углы
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Аспирант кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»
Россия, 450064, Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: boburshoh.nuriddinov@gmail.com

Information about the authors

• Mugallimov Fanzil M., Doctor of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Oil and Gas Machinery and Equipment Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: mugallimov@mail.ru

• Mugallimov Ildar F.
VOSTOKneftegaz, LLC
Deputy General Director
Ufa, 450027, Russia
e-mail: ildarmif@mail.ru

• Mugallimov Bulat F.
Transneft - Vostok, LLC
Leading Engineer
14, Olympic str., Bratsk, 665734, Russia
e-mail: vngazat@mail.ru

• Nuriddinov Boburshokh B.
Ufa State Petroleum Technological University
Postgraduate Student of Oil and Gas Machinery and Equipment Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: boburshoh.nuriddinov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27.09.2021; одобрена после рецензирования 18.10.2021; принята к публикации 01.11.2021.

The article was submitted 27.09.2021; approved after reviewing 18.10.2021; accepted for publication 01.11.2021.