

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-783-792

THE USE OF FUEL OIL FOR DIESEL-GENERATOR WORKING IN OIL FIELDS

S. P. Stolyarov¹, V. V. Gavrilov², V. Y. Maschenko¹

¹ — Saint-Petersburg marine technical University, St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The use of crude oil as fuel for diesel engines operated in remote areas of oil production, is very relevant to Russia. The solution of the problem will minimize the transportation costs for delivery of fuel for the engines and therefore greatly reduce the cost produced by both electric and possibly heat energy for the needs of oil fields.

Among the main problems of the translation of the diesel engine on fuel oil – the need for fuel treatment by heating and separation; high aggressive content of sulfur and vanadium; high wax content, high carbon deposition etc. At the same start, warm-up, transient operation modes and stop the diesel running is done on light diesel fuel; operation under load is done the fuel oil. In the conditions of the containerized power plants to try constructively to implement the fuel system of a diesel engine is designed for operation on fuel oil unlikely to be appropriate. Thus, the actual problem of designers of diesel engines and fuel systems, is developing constructive activities, aimed at maximizing the reliability and safety of operation of diesel generators running on fuel oil, especially in the subarctic climate.

The article presents a review and synthesis of experience as the world (MAN, Catterpillar, Wartsila) and domestic engine manufacturers (Kolomna plant).

The main attention is paid to modern domestic development – plant container-type “STAR - ZN -1650 VC -05 M3/NP” for prolonged use oil-3 grade (GOST R 51858 – 2002). Work performed by JSC “Zvezda-ENERGETIKA” by the order of JSC “Zarubezhneft”. The power plant is designed using the gas engine-generator 12 NDG (diesel 12 GDCN 26/26 JSC HC “Kolomna plant”) and installation for the preparation of oil of JSC “Konver”.

Detail the problem of crystallization of paraffin hydrocarbons. The fact that drop down into the sediment paraffins can be deposited on the surfaces of the parts of the fuel system to clog the filters of thin clearing of fuel. This will cause disturbance of the fuel supply to the fuel equipment, to correct which may require a complete overhaul of the fuel system (including fuel injection equipment), for cleaning and rinsing.

The authors propose a principled solution to the problem of deposition of paraffin, which is to preheat the diesel fuel and the use of depressor additives improving low-temperature properties of oil. For a detailed study of the proposed technology and verification of appropriate technical solutions necessary to carry out experimental work, in particular, under operating conditions.

Keywords: diesel generator, fuel oil, electric power station, fuel system, asphalt and resin paraffin deposits, high paraffin oil, paraffin oil saturation temperature.

For citation:

Stolyarov, Sergey P., Vladimir V. Gavrilov, and Vladimir Yu. Mashchenko. “The use of fuel oil for diesel-generator working in oil fields.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 783–792. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-783-792.

УДК 621.436

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

С. П. Столяров¹, В. В. Гаврилов², В. Ю. Машченко¹

¹ — ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Задача использования сырой нефти в качестве топлива для дизельных двигателей, эксплуатирующихся в труднодоступных районах добычи нефти, является весьма актуальной для России. Решение по-

ставленной задачи обеспечит минимизацию транспортных расходов на доставку топлива для рассматриваемых двигателей и, следовательно, существенно снизит себестоимость вырабатываемой не только электрической, но и, возможно, тепловой энергии для нужд нефтепромыслов.

Среди основных проблем перевода дизельного двигателя на многофракционную топливную нефть — необходимость подготовки топлива путем подогрева и сепарации, высокое содержание агрессивных серы и ванадия, высокое содержание парафинов; высокое нагарообразование и др. При этом пуск, прогрев, переходные режимы работы и остановка дизеля выполняются на легком дизельном топливе, режим работы под нагрузкой — на топливной нефти. В условиях электростанции контейнерного исполнения предпринимать попытку реализации топливной системы дизеля, предназначенной для его работы на одной лишь топливной нефти, вряд ли целесообразно. Таким образом, актуальной задачей конструкторов дизелей и топливных систем, является разработка конструктивных мероприятий, направленных на максимальную надежность и безопасность эксплуатации дизель-генераторов, работающих на топливной нефти, особенно в условиях субарктического климата.

Подробно рассмотрена проблема кристаллизации парафиновых углеводородов, поскольку выпадающие в осадок парафины могут откладываться на поверхностях деталей топливной системы и забивать фильтры тонкой очистки топлива. Это вызовет нарушение подачи топлива к топливной аппаратуре, для устранения которого может потребоваться полная переборка топливной системы (в том числе топливной аппаратуры) для ее очистки и промывки.

Предложены принципиальные решения проблемы выпадения парафина, которые заключаются в предварительном подогреве дизельного топлива, а также в использовании депрессорных присадок, улучшающих низкотемпературные свойства нефти. Для детальной проработки предлагаемой технологии и проверки соответствующих технических решений необходимо проведение опытных работ, в частности, в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: дизель-генератор, топливная нефть, электростанция, топливная система, асфальтосмолопарафиновые отложения, высокопарафинистая нефть, температура насыщения нефти парафином.

Для цитирования:

Столяров С. П. Использование нефти в качестве топлива для дизель-генераторов, работающих в условиях нефтепромыслов / С. П. Столяров, В. В. Гаврилов, В. Ю. Машенко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 783–792. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-783-792.

Введение (Introduction)

Задача использования сырой нефти в качестве топлива для дизельных двигателей, эксплуатирующихся в труднодоступных районах добычи нефти, является весьма актуальной для России. Как правило, нефтеперерабатывающие заводы существенно удалены от районов добычи. Поэтому решение поставленной задачи обеспечит минимизацию транспортных расходов на доставку топлива для рассматриваемых двигателей и, следовательно, существенно снизит себестоимость вырабатываемой не только электрической, но и, возможно, тепловой энергии для нужд нефтепромыслов.

Проблемы перевода дизельного двигателя на многофракционную топливную нефть известны. В целом они не только в значительной мере повторяют проблемы обеспечения работы дизеля на тяжелом топливе: необходимость подготовки топлива путем подогрева и сепарации; высокое содержание агрессивных серы и ванадия; высокое содержание парафинов; высокое нагарообразование и др., но и требуют выполнения требований пожарной безопасности ввиду наличия в нефти легко испаряющихся фракций (например, бензина) при работе в непосредственной близости к электрооборудованию и горячим поверхностям газовыпускной системы.

Как правило, пуск, прогрев, переходные режимы работы и остановка дизеля выполняются на легком дизельном топливе, режим работы под нагрузкой — на топливной нефти. Считается, что в условиях электростанции контейнерного исполнения пытаться конструктивно реализовать топливную систему дизеля, предназначенную для его работы на одной лишь топливной нефти, вряд ли целесообразно и, по всей видимости, невозможно. Таким образом, актуальной задачей конструкторов дизелей и топливных систем является разработка конструктивных мероприятий,

направленных на максимальную надежность и безопасность эксплуатации дизель-генераторов, работающих на топливной нефти, особенно в условиях субарктического климата.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Опыт мировых лидеров в двигателестроении. Одним из мировых лидеров в двигателестроении, работающих в направлении использования нефти в качестве топлива для дизельных двигателей, является компания «MAN Diesel & Turbo», которая в 1986 г. предложила некоторые технические решения для работы дизеля на топливной нефти [1]. К настоящему времени эта компания поставила по всему миру десятки дизелей различных моделей и сейчас предлагает дизели модельного ряда V28/32S в V-образном исполнении с 16 или 18 цилиндрами для электростанций мощностью 3610 – 4060 кВт, работающих на нефти. В пресс-релизе, опубликованном 19 ноября 2015 г. на официальном сайте журнала «Турбины и дизели» [2], представлена информация о постройке в Ненецком автономном округе дизельной электростанции общей мощностью 6690 кВт, предназначенной для работы на нефти Колвинского месторождения. К сожалению, сведения о конструкции топливной системы и топливной аппаратуры, а также об опыте эксплуатации дизелей компании «MAN Diesel & Turbo» на топливной нефти авторами статьи не обнаружены.

В 2008 г. в поселке Еруда Северо-Енисейского района Красноярского края введена в эксплуатацию электростанция общей мощностью 17,2 МВт, состоящая из четырех дизель-генераторов. Двигателями электростанции являются четырехтактные дизели модели D3616 еще одного известного мирового производителя — компании Caterpillar (США) — со следующими параметрами и показателями:

- количество и расположение цилиндров — 16, V-образное;
- диаметр цилиндра и ход поршня — 280 мм и 300 мм;
- система наддува — два газотурбокомпрессора с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха;
- частота вращения коленчатого вала 1000 мин⁻¹;
- номинальная мощность на клеммах генератора 4300 кВт;
- удельный эффективный расход топлива 0,209^{+5%} кг/(кВт·ч) при удельной теплоте сгорания топлива 42780 кДж/кг.

Топливом дизелей является сырая нефть, подаваемая по специально проложенному трубопроводу с Юрубчено-Тохомского месторождения [3]. Установка для подготовки топливной нефти разработана и поставлена компанией GEA Westfalia (Германия). Основными функциями, выполняемыми установкой, являются:

- отделение воды и механических примесей методами отстаивания и сепарации;
- поддержание заданной температуры и давления на входе в дизель;
- многоступенчатая фильтрация до тонкости очистки 12 мкм.

Описываемая электростанция стационарного типа с установкой дизель-генераторов находится в здании ангарного типа и размещена рядом с двенадцатью топливными резервуарами емкостью по 3000 м³.

Компания Wärtsilä (Финляндия) предлагает на рынке двигатели семейства Wärtsilä 32, способные работать в условиях Арктики, со следующими параметрами и показателями [4]:

- количество и расположение цилиндров — 6, 7, 8, 9-рядное; 16, 18 — V-образное;
- диаметр цилиндра и ход поршня — 320 и 400 мм;
- система наддува — один или два газотурбокомпрессора с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха;
- частота вращения коленчатого вала — 720 или 750 мин⁻¹;
- номинальная мощность от 2880 кВт до 10800 кВт.

Двигатели Wärtsilä 32 предназначены для эксплуатации не только на традиционных видах дистиллятного или тяжелого топлива для дизелей, но также и на сырой нефти в соответствии

со спецификацией (см. таблицу). Причем обязательным требованием является удаление из нефти (как правило, способом центробежной сепарации) воды и твердых частиц. Кроме того, в топливе не должно содержаться смазочного масла, механических загрязнений или химических отходов, отрицательно сказывающихся на работоспособности двигателя.

Спецификация сырой нефти для Wärtsilä 32

Свойства топлива	Единица измерения	Предельное значение
Вязкость перед ТНВД, мин.	сСт	2
Вязкость перед ТНВД, макс.	сСт	24
Вязкость при 50 °С, макс.	сСт	700
Плотность при 15 °С, макс.	кг/м ³	1010
Содержание воды на входе в дизель, макс.	% от объема	0,3
Содержание серы, макс.	% от массы	4,5
Зольность, макс.	% от массы	0,15
Содержание ванадия, макс.	мг/кг	450
Содержание натрия на входе в дизель, макс.	мг/кг	30
Содержание алюминия + кремния на входе в дизель, макс.	мг/кг	15
Содержание кальция + калия + магния на входе в дизель, макс.	мг/кг	50
Углеродистый остаток, макс.	% от массы	20
Содержание асфальтенов, макс.	% от массы	14
Температура помутнения топлива, макс.	°С	60
Общий осадочный потенциал, макс.	% от массы	0,1
Содержание сероводорода, макс.	мг/кг	5
Предел текучести (верхний), макс.	°С	30
Кислотное число, макс.	мг КОН/г	3

В пресс-релизах, опубликованных в течение последних двух лет на официальном сайте журнала «Турбины и дизели» [2], представлена информация о постройке нескольких дизельных электростанций на базе дизелей Wärtsilä, предназначенных для работы на сырой нефти, добываемой в Аргентине (11.10.2017 г.), Красноярском крае (03.10.2017 г.), Саудовской Аравии (02.09.2017 г.), Ямало-Ненецком автономном округе (26.08.2016 г.). К сожалению, сведения об опыте эксплуатации дизелей компании Wärtsilä на топливной нефти в открытом доступе также отсутствуют.

Опыт и перспективы отечественных двигателестроителей. Современной отечественной разработкой, в которой в качестве топлива предусмотрено использование сырой нефти, добываемой на группе месторождений Центральной части Хорейверского поднятия в Ненецком автономном округе, является электростанция контейнерного типа, изготовленная на АО «ЗВЕЗДА-ЭНЕРГЕТИКА». По заказу АО «Зарубежнефть» разрабатывается и готовится к производству электростанция контейнерного типа «ЗВЕЗДА-ЗН-1650 ВК-05 МЗ/НП» для длительной эксплуатации на нефти 3-го класса (ГОСТ Р 51858-2002), имеющейся на пункте сдачи-приемки нефти «Мусюршор» ООО «СК «Русвѣтпетро»» (рис. 1).

Как показано на рис. 1, энергетическое оборудование и коммуникации в условиях вечной мерзлоты располагаются на свайном фундаменте на расстоянии не менее 1,5 м от поверхности грунта. Это техническое решение необходимо в целях предотвращения проседания контейнеров вследствие подтопления от выделяющейся при работе дизель-генераторов теплоты.



Рис. 1. Энергоцентр пункта сдачи-приемки нефти «Мусюршор»

Газонефтяной дизель-генератор 12 НДГ, применяемый в разрабатываемой электростанции, проектируется на базе дизеля 12 ГДЧН 26/26 семейства Д49 ОАО «Коломенский завод» (рис. 2) и имеет следующие основные характеристики и показатели:

- количество и расположение цилиндров — 12, V-образное;
- диаметр цилиндра и ход поршня — 260 и 260 мм;
- система наддува — один газотурбокомпрессор с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха;
- частота вращения коленчатого вала — 1000 мин⁻¹;
- номинальная мощность — 1650 кВт;
- удельный эффективный расход топлива на дизельном (нефтяном) цикле при номинальной мощности 0,222 (0,224) кг/(кВт×ч) и низшей теплоте сгорания топлива 42700 кДж/кг.



Рис. 2. Газонефтяной дизель 12 ГДЧН 26/26 семейства Д49

Как видно из рис. 2, свободное пространство в контейнере весьма ограничено, что создает явные трудности для технического обслуживания и текущего ремонта дизель-генератора. Использование грузоподъемных устройств для демонтажа основных деталей и узлов при среднем ремонте возможно только при демонтаже наружных панелей обшивки контейнера в летнее время года. Указанные обстоятельства обуславливают высокие требования к надежности и безотказности оборудования.

Разработанный специалистами АО «ЗВЕЗДА-ЭНЕРГЕТИКА» [5] и ООО «Конвер» [6] комплекс мероприятий для подготовки топливной нефти позволяет существенно снизить негативное проявление указанных выше проблем при использовании этого вида топлива. Установка подготовки нефти конструктивно реализована в отдельном контейнере (рис. 3 и 4). Как видно из рис. 3, контейнер, в котором находится установка подготовки нефти, нет необходимости располагать на свайном фундаменте ввиду отсутствия существенных источников теплоты. Из рис. 4 видно, что пространства внутри контейнера вполне достаточно для технического обслуживания и ремонта агрегатов установки. Кроме того, крупногабаритные агрегаты, для разборки и демонтажа которых необходимы грузоподъемные устройства, отсутствуют. Таким образом, проблемы, изложенные при рассмотрении рис. 1 и 2, в данном случае неактуальны.



Рис. 3. Установка подготовки нефти, размещенная в контейнере

При создании автоматизированной электростанции, работающей на топливной нефти, возникает еще одна важная проблема — кристаллизация парафиновых углеводородов. выпадающие в осадок парафины могут откладываться на поверхностях деталей топливной системы и забивать фильтры тонкой очистки топлива. Это вызовет нарушение подачи топлива к топливной аппаратуре. Известно, что внезапный отказ при работе двигателя на топливной нефти особенно чреват тем, что для восстановления его работоспособности может потребоваться полная переборка топливной системы (в том числе топливной аппаратуры) для ее очистки и промывки.

Как известно, парафиновые углеводороды (общая структурная формула C_nH_{2n+2}) представляют собой цепные органические соединения, в которых открытые некольцевые цепи атомов углерода полностью насыщены атомами водорода. Они являются ценнейшими компонентами топлива для дизелей, поскольку оказывают положительное влияние на воспламеняемость. Поэтому исследовать возможность применения методов их удаления из топливной нефти вряд ли целесоо-

бразно. Тем не менее необходимо выполнить обоснование технических решений, способствующих предотвращению кристаллизации парафинов в процессе эксплуатации двигателя на топливной нефти. При этом следует напомнить, что режимы пуска, остановки и предостановочной промывки топливной аппаратуры осуществляются на дизельном топливе, а режимы основной работы — на подготовленной (очищенной и подогретой) топливной нефти.



Рис. 4. Размещение механизмов в контейнере установки подготовки нефти

Высокопарафинистые нефти Колвинского месторождения с содержанием парафинов до 9 % имеют температуру насыщения парафинами 36,2 °С и температуру потери текучести 21,1 °С [7], [8]. Необходимо также учитывать, что нефть, добываемая, например, на месторождениях ООО «СК «РУСВЬЕТПЕТРО»» содержит 5 ... 6 % парафинов, температура её плавления (температура кристаллизации) составляет 76 ... 77 °С [9]. Результаты исследований приведены для одной пробы нефти, отобранной на пункте сдачи-приемки нефти «Мусюршор». Между тем известно, что добываемая даже из одного месторождения нефть весьма неоднородна по химическому составу. Следовательно, фактические показатели в условиях эксплуатации могут существенно отличаться от представленных. По этой причине для предотвращения выпадения парафинов на режиме основной работы температуру нефти следует установить не менее 80 °С.

Описываемая проблема выпадения кристаллов парафина может возникать в период переключения работы двигателя с дизельного топлива на нефть. Это объясняется тем, что подаваемое в процессе переключения дизельное топливо имеет низкую температуру. Поэтому температура образующейся в период переключения смеси дизельного топлива и нефти может оказаться ниже температуры кристаллизации парафинов, что, как указано выше, вызывает их выпадение и осаждение в фильтрах. В качестве основной меры предотвращения указанного выпадения парафинов разработчикам электростанции в перспективе следует рассмотреть предварительный подогрев

дизельного топлива, осуществляемый в процессе переключения питания двигателя с дизельного топлива на нефть. В качестве дополнительной меры может быть использовано применение депрессорных присадок для улучшения низкотемпературных свойств нефти. Депрессорные присадки не препятствуют кристаллизации парафинов, но существенно снижают температуру кристаллизации [10].

Большинство исследователей высказывают мнение о том, что депрессорные присадки выступают в качестве модификаторов структуры, уменьшая размеры образующихся кристаллов [11]. Известные отечественные и зарубежные нефтяные депрессорные присадки и ингибиторы парафиновых отложений предназначены главным образом для нефтепромыслового оборудования [12]. Публикации результатов действия этих присадок применительно к топливной нефти для дизельных двигателей не обнаружены. Важной информацией является влияние концентрации присадки на цетановое число и температуру вспышки, а также на вязкость, температуру застывания и предельную температуру фильтруемости топливной нефти.

Анализ физических явлений, которые сопутствуют улучшению реологических свойств нефти при применении депрессорных присадок, представлен в работе [13]. Выбор присадок для нефти связан в основном с учетом ее химического состава. Априори оценить эффект от их использования невозможно. Поэтому решение о целесообразности применения той или иной присадки для нефтяной электростанции необходимо проверять результатами эксплуатации. Следует отметить, что в рассматриваемом случае присадку для нефти изначально следует добавлять не в топливную нефть, а в дизельное топливо. Это объясняется, в частности, тем, что в процентном выражении доля используемого дизельного топлива по сравнению с долей нефти мала. Следовательно, потребуется соответствующее малое количество присадок. Предлагаемое техническое решение может явиться дополнительной мерой для предотвращения кристаллизации парафина в высокопарафинистой топливной нефти при ее смешении с возможно несколько более холодным дизельным топливом. Для реализации указанного решения расходный бак дизельного топлива необходимо оборудовать дозирующим устройством.

Заключение (Conclusion)

Обеспечение дешевой электроэнергией отечественных нефтепромыслов, удаленных на тысячи километров от нефтеперерабатывающих заводов, является важной народнохозяйственной задачей, которая стимулирует, в частности, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы отечественных двигателестроителей.

Как показывает практика, описанные проблемы перевода дизельного двигателя на нефтяное топливо постепенно преодолеваются, однако еще существует ряд нерешенных вопросов. Один из них состоит в предотвращении и преодолении негативных последствий выпадения парафинов из нефтяного топлива в процессе обязательного регулярного перевода питания двигателя с дизельного топлива на нефть. Выпадающие в осадок парафины могут откладываться на поверхностях деталей топливной системы двигателя и забивать фильтры тонкой очистки топлива. Это приводит к нарушению подачи топлива к топливной аппаратуре, которое вызывает нарушение нормальной работы двигателя, вплоть до его остановки.

Авторами предложены и обоснованы принципиальные решения указанного вопроса, которые заключаются в предварительном подогреве дизельного топлива, а также использовании депрессорных присадок, улучшающих низкотемпературные свойства нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт компании «MAN Diesel & Turbo» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dieselturbo-russia.man.eu> (дата обращения: 10.10.2017).
2. Официальный сайт специализированного информационно-технического журнала «Турбины и дизели» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.turbine-diesel.ru> (дата обращения: 01.11.2017).

3. Капралов Д. А. Мини-ТЭС на сырой нефти в Красноярском крае: специализированный информационно-технический журнал / Д. А. Капралов // Турбины и дизели. — 2009. — Январь-февраль. — С. 2–5.
4. Проектное руководство Wärtsilä 32. — Wärtsilä Finland OY: Wärtsilä Corporation, 2015. — 309 p.
5. Официальный сайт АО «ЗВЕЗДА-ЭНЕРГЕТИКА» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.energostar.com> (дата обращения: 15.10.2017).
6. Официальный сайт ООО «Конвер» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.konver.ru> (дата обращения: 15.10.2017).
7. Шадрина П. Н. Совершенствование технологии борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями на нефтепромысловом оборудовании месторождений высоковязкой нефти: дис. ... канд. техн. наук / П. Н. Шадрина. — Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017. — 145 с.
8. Требин Г. Ф. Нефти месторождений Советского Союза: Справочник / Г. Ф. Требин, Н. В. Чарыгин, Т. М. Обухова. — М.: Недра, 1980. — 583 с.
9. Толоконский С. И. Физико-химические исследования образца нефти с ПСП «Мусюршор». Отчет АО «ВНИИнефть» о выполнении работ по договору №217/01-027/17 от 28.07.17 г. / С. И. Толоконский [и др.]. — 8 с.
10. Чен В. Влияние депрессорных присадок на температуру застывания парафинов / В. Чен, Ж. Жао, С. Юин // Fuel. — 2010. — Выпуск 89. — С. 1127–1132.
11. Fremel' T.V. On the mechanism of the action of depressing agents / T. V. Fremel', M. A. Zubova, M. E. Yunovich, T. N. Mitusova // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. — 1993. — № 8. — С. 36–37.
12. Иванова Л. В. Регулирование низкотемпературных свойств нефтяных систем разного уровня сложности: дис. ... д-ра хим. наук / Л. В. Иванова. — М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. — 323 с.
13. Ислямов И. Ш. Использование полимерных присадок / И. Ш. Ислямов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — 2012. — Т. 11. — № 2. — С. 123–130.

REFERENCES

1. The official website of the company «MAN Diesel & Turbo». Web. 10 Oct. 2017 <<http://www.dieselturbo-russia.man.eu>>.
2. Official site specialized information technology magazine “Turbines and diesel engines”. Web. 1 Nov. 2017 <<http://www.turbine-diesel.ru>>.
3. Kapralov, D. A. “CHP plant on crude oil operating in Krasnoyarsk Territory.” *Turbines & Diesels* January-February (2009): 2–5.
4. *Proektnoe rukovodstvo Wartsila 32*. Wärtsilä Finland OY: Wärtsilä Corporation, 2015.
5. The official website of ZVEZDA-ENERGETIKA, JSC. Web. 15 Oct. 2017 <<http://www.energostar.com>>.
6. The official website of LTD “Konver”. Web. 15 Oct. 2017 <<http://www.konver.ru>>.
7. Shadrina, P. N. Sovershenstvovanie tekhnologii bor'by s asfal'tosmoloparafinovymi otlozheniyami na neftepromyslovom oborudovanii mestorozhdenii vysokovyazkoi nefiti. PhD diss. Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet, 2017.
8. Trebin, G. F., N. V. Charygin, and T.M. Obukhova. *Nefti mestorozhdenii Sovetskogo Soyuz: Spravochnik*. M.: Nedra, 1980.
9. Tolokonskii, S. I., et al. *Fiziko-khimicheskie issledovaniya obraztsa nefiti s PSP «Musyurshor»: otchet AO «VNIIneft'» o vypolnenii rabot po dogovoru №217/01-027/17 ot 28.07.17 g.*
10. Chen, V., Zh. Zhao, and S. Yuin. “Vliyanie depressornykh prisadok na temperaturu zastyvaniya parafinov.” *Fuel* 89 (2010): 1127–1132.
11. Fremel', T. V., M. A. Zubova, M. E. Yunovich, and T. N. Mitusova. “On the mechanism of the action of depressing agents.” *Chemistry and Technology of Fuels and Oils* 8 (1993): 36–37.
12. Ivanova, L. V. *Regulirovanie nizkotemperaturnykh svoystv neftyanykh sistem raznogo urovnya slozhnosti*. Dr. diss. M.: RGU nefiti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2016.
13. Islyamov, Iljas. “Use of polymer additives.” *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering* 11.2 (2012): 123–130.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Столяров Сергей Павлович —

кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный морской технический
университет»

190121, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
e-mail: stsp56@yandex.ru

Гаврилов Владимир Васильевич —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: gavrilov@vg5647.spb.edu,
kaf_sdvs@gumrf.ru

Машенко Владимир Юрьевич —

кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный морской технический
университет»

190121, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
e-mail: masvladimir@yandex.ru

IFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Stolyarov, Sergey P. —

PhD, associate professor
Saint-Petersburg marine technical
University

3 Lotsmanskaya Str.,
St. Petersburg, 190121,
Russian Federation
e-mail: stsp56@yandex.ru

Gavrilov, Vladimir V. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,
198035, Russian Federation
e-mail: gavrilov@vg5647.spb.edu,
kaf_sdvs@gumrf.ru

Mashchenko, Vladimir Yu. —

PhD, associate professor
Saint-Petersburg marine technical
University

3 Lotsmanskaya Str.,
St. Petersburg, 190121,
Russian Federation
e-mail: masvladimir@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 19 июня 2018 г.

Received: June 19, 2018.