

проницаемость увлажненных грунтов принята равной $\varepsilon'=40$ при $\varepsilon'=6-9$ для грунтов отсыпки. Особо следует отметить точность азимутальной привязки данных георадиолокационного профилирования и локализации выявленного слоя повышенной влажности по глубине распространения и простираия.

Заключение

В результате проведенных исследований установлена целесообразность и доказана эффективность применения метода георадиолокации для обеспечения безопасности эксплуатации типовых автомобильных дорог криолитозоны. При этом, по данным георадиолокации, оперативно, с минимальным объемом заверочных работ, возможно определить толщины конструктивных слоев дорожной одежды, толщину льда в месте ледовых переправ, установить месторасположение подземных инженерных коммуникаций, выявить зоны повышенной влажности и разуплотнения грунтов земляного полотна, а также оценить другие опасные геологические процессы в грунтах оснований автомобильных дорог. Разработка технологии геофизического мониторинга на основе метода георадиолокации позволит повысить эффективность диагностики и оценки состояния автомобильных дорог, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера.

Работы выполнены в рамках НИР «Разработка системы геофизического мониторинга состояния грунтов оснований автомобильных дорог, эксплуатируемых в условиях криолитозоны» по Распоряжению Правительства Республики Саха (Якутия) от 27 августа 2014 г. №962-р «Об утверждении перечня научно-исследовательских работ на 2014–2016 годы».

Литература

1. ОДН 218.010-98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ. – М.: ФДС России, 1998. – 47 с.
2. Федоров М.П. Георадиолокационная технология дистанционного мониторинга состояния ледяного покрова северных рек с борта летательного аппарата / А.В. Омеляненко, Л.Л. Федорова, М.П. Федоров // Защита населения и объектов от водной стихии северных рек: сборник докладов Общероссийской научно-практической конференции, г. Якутск, 28–29 июня 2013 г. – Якутск, 2013. – С.106 – 109.
3. Омеляненко А.В. Возможности георадиолокационного контроля качества строительства грунтовых автомобильных дорог в условиях криолитозоны / А.В. Омеляненко, Л.Л. Федорова, Д.В. Саввин // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: II Всероссийская научно-практическая конференция, г. Новокузнецк, 10–11 декабря 2010 г. – Новокузнецк: филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2010. – С. 8 – 12.
4. Саввин Д.В. Геофизический контроль состояния строения дорожного полотна в условиях криолитозоны / Д.В. Саввин, А.В. Омеляненко, Л.Л. Федорова, О.А. Федоров // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: материалы I Международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк, 25–26 ноября 2011 г. – Новокузнецк: филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2011. – С. 269 – 274.
5. Омеляненко А.В. Георадиолокационные исследования многолетнемерзлых пород: монография / А.В. Омеляненко, Л.Л. Федорова. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – 136 с.

Поступила в редакцию 01.10.2014

УДК. 629.3:621.4:66.6/7 (98)

Влияние качества топлива на надежность дизельных двигателей в условиях Севера

А.М. Ишков, Е.Л. Иовлева*

Якутский научный центр СО РАН, г. Якутск

**Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск*

В результате проведенного анализа установлено, что при эксплуатации грузовых машин наименее надежным является двигатель. Отказы топливной аппаратуры составляют существенную часть отказов двигателя. Выходные параметры топливной аппаратуры непосредственно определяют характер рабочего процесса дизеля, его мощность, экономичность и надежность в эксплуатации. От-

ИШКОВ Александр Михайлович – д.т.н., проф., акад. АН РС(Я), зав. отделом, a.m.ishkov@prez.ysn.ru; *ИОВЛЕВА Елизавета Лонгиновна – ст. преподаватель.

рицательные температуры окружающего воздуха оказывают влияние на повышение вязкости дизельного топлива, что и служит одной из причин выхода из строя дорогостоящих деталей системы питания. Нами рассмотрен вопрос применения дизельного топлива из нефти Талаканского месторождения. Изучены его физико-химические характеристики. Для улучшения низкотемпературных свойств полученного дизельного топлива были использованы депрессорные присадки. В результате было получено низкотемпературное дизельное топливо для дизельных двигателей автомобилей, эксплуатируемых в условиях низких климатических температур.

Ключевые слова: надежность, дизельные двигатели, топливная аппаратура, отказы, дизельное топливо, качество, депрессорные присадки, низкотемпературные свойства.

As a result of the carried out analysis it is established that during operation of trucks the least reliable part is engine. Failures of fuel equipment are an essential part of engine failures. Output parameters of fuel equipment directly determine a character of a working process of a diesel engine, its power, efficiency and reliability. At negative air temperatures a diesel fuel viscosity increases which is one of the causes of failure of expensive parts of a system power supply. We have considered a question of application of diesel fuel from the Talakansky oil field. The physical and chemical characteristics of the fuel were studied. To improve low temperature properties of the resulting diesel fuel some depressant additives were used. As a result a low-temperature diesel fuel for diesel engines of vehicles operated at low climatic temperatures was obtained.

Key words: reliability, diesel engines, fuel injection equipment, failures, diesel fuel quality, depressant additives, low temperature properties.

Основными направлениями экономического и социального развития России предусматривается осуществить комплекс мероприятий на обеспечение эффективного вовлечения в хозяйственный оборот топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов восточных и северных регионов страны. Решение этих мероприятий требует привлечение огромного количества техники, которая должна работать в специфических природно-климатических, рельефно-дорожных, почвенных и других условиях эксплуатации в соответствии с установленными заводами-изготовителями параметрами применения этой техники. Суровые природно-климатические условия районов холодного климата (к ним относится Республика Саха (Якутия)) предъявляют повышенные требования к автотранспорту, эксплуатируемому в этом регионе. Это объясняется высокой маневренностью автомобильного транспорта, незначительными первоначальными капитальными вложениями на его применение. Недоучет специфики условий Севера приносит народному хозяйству огромный ущерб. Большая доля потерь в условиях Севера вызвана несоответствием используемой техники и эксплуатационных материалов требованиям эксплуатации.

Эффективность работы автомобиля определяется совместным влиянием всей совокупности его эксплуатационных свойств, в которой основными являются следующие: динамичность, топливная экономичность, устойчивость, управляемость, плавность хода, проходимость и надежность. Под эксплуатационными свойствами автомобиля понимают группу свойств, определяющих возможность его эффективного исполь-

зования, степень его приспособленности к эксплуатации в качестве транспортного средства.

Топливная экономичность характеризуется расходом топлива автомобилем в различных условиях, связанных с выполнением его работы по перевозке грузов или пассажиров, и является важным эксплуатационным свойством. Эксплуатация автомобилей в условиях холодного климата неизбежно связана с увеличением расхода топлива [1].

Расход топлива на Севере увеличивается не только из-за низких температур воздуха, но и из-за ухудшения структуры теплового баланса двигателя и баланса расхода энергии автомобилем. Дело в том, что, во-первых, часть энергии работающего двигателя расходуется на привод вспомогательных агрегатов специализированного автомобиля, во-вторых, неполнота сгорания топлива связана с ухудшением его испарения и распыливания; в-третьих, дальние рейсы и невозможность дозаправки по дороге вынуждают возить собой значительные запасы топлива; в-четвертых, несовершенство систем обеспечения запуска двигателя при низких температурах приводит к тому, что при кратковременных и даже длительных стоянках двигателя не глушатся, а работают, расходуя горючее. Нормативом предусмотрено увеличение нормы расхода топлива для автомобилей, работающих на Севере на 20–30%, но в ряде случаев, как показывает практика, и такого увеличения оказывается недостаточно. Таким образом, топливная экономичность является существенным фактором, влияющим на эффективность автомобилей на Севере.

Наиболее ответственным и, вместе с тем, наи-

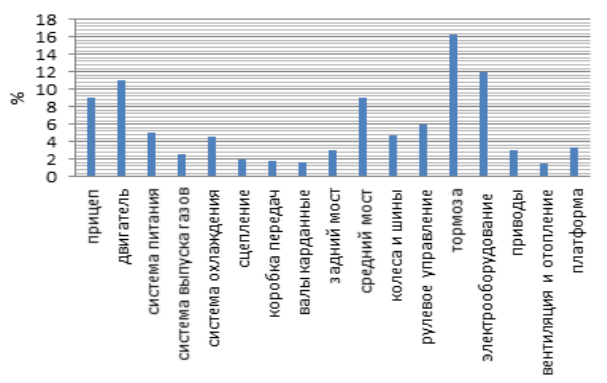


Рис. 1. Распределение числа отказов автомобиля КамАЗ

менее надежным является двигатель [1]. В свою очередь, топливная аппаратура представляет собой наиболее сложную и дорогую часть дизельного двигателя. Выходные параметры топливной аппаратуры непосредственно определяют характер рабочего процесса дизеля, его мощность, экономичность и надежность в эксплуатации. Отказы топливной аппаратуры составляют существенную часть отказов двигателя (рис.1), а так же времени простоев, связанных с устранением отказов (рис. 2) [1].

Анализ работоспособности дизельных автомобилей КамАЗ показал, что как для старых моделей, так и для их модернизированных модификаций зависимость влияния низких климатических температур сохраняется. Кроме того, из-за изменения свойств дизельного топлива наиболее сильное влияние отрицательные температуры оказывают на дорогостоящую топливную аппаратуру системы питания (табл. 1).

При обработке статистической информации для оценки функциональной зависимости влияния природно-климатических факторов на работоспособность системы питания мы использовали линейное уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$Y = B_2 + B_i X,$$

где X – фактор-аргумент, независимая случайная величина (в нашем случае температура окружающего воздуха); Y – фактор-функция, зависимая случайная величина; B_2 и B_i – коэффициенты уравнения регрессии.

Для примера на рис. 3 приведены результаты расчета зависимости числа отказов ТНВД от температуры эксплуатации.

Анализ показал, что число отказов ТНВД значительно увеличивается при понижении температуры окружающего воздуха (коэффициент корреляции $-0,80$). Количество отказов при отрицательной температуре более чем в 2,5 раза выше, чем при положительной. Зависимость числа отказов форсунок от низких температур (коэффициент корреляции $-0,79$) также показы-

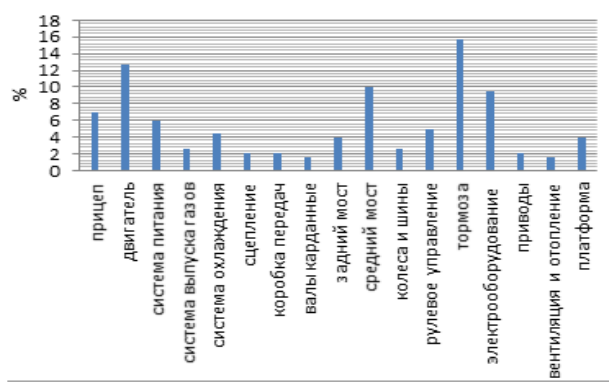


Рис. 2. Распределение времени простоев, связанных с устранением отказов автомобиля КамАЗ

Таблица 1

Распределение числа отказов деталей системы питания

Детали	Отказы, %
ТНВД	24
Бак	16,5
Форсунки	28,5
Топливная трубка	11,25
ТННД	10,12

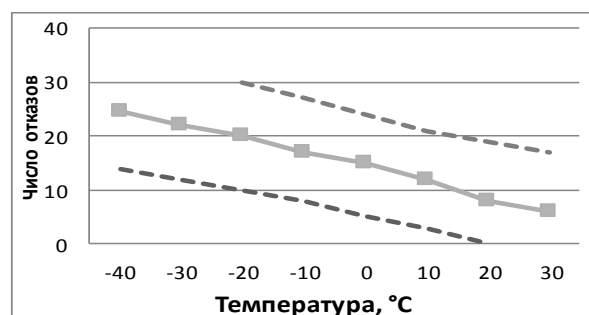


Рис. 3. Зависимость числа отказов ТНВД от температуры

вает существенное резкое увеличение числа отказов с понижением температуры. Низкие климатические температуры оказывают умеренное влияние на топливопроводы дизельных автомобилей (коэффициент корреляции $-0,53$). Увеличение числа отказов топливного бака с повышением температуры на наш взгляд связано с ухудшением дорог в летние время (появление колеи, рытвин, пучения дорожного полотна и др.) и, как следствие, повышенная вибрация и появление трещин в местах крепления бака.

Результаты расчета приведены в табл. 2 [2].

Таблица 2

Зависимость числа отказов системы питания от природно-климатических факторов

Системы питания	Коэффициент корреляции, r	Вид функции распределения Y – число отказов, X – температура
ТНВД	-0,80	$Y = 14,65 - 0,25 \cdot X$
Форсунки	-0,79	$Y = 17,62 - 0,25 \cdot X$
Топливопроводы	-0,53	$Y = 6,93 - 0,10 \cdot X$
ТННД	-0,58	$Y = 6,34 - 0,07 \cdot X$
Топливный бак	0,50	$Y = 11,51 + 0,09 \cdot X$

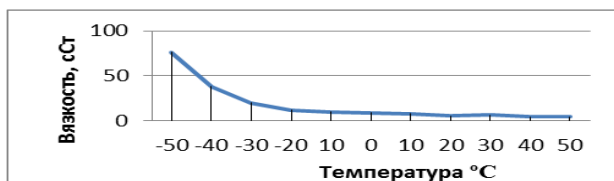


Рис. 4. Зависимость вязкости дизельного топлива марки ДА от температуры. (содержание серы 0,07%, цетановое число 40, температура застывания -60°C)

Для обеспечения надежной и экономичной работы дизельного двигателя дизельное топливо должно отвечать следующим требованиям: иметь хорошее смесеобразование и воспламеняемость; обладать соответствующей вязкостью, хорошей прокачиваемостью при различных температурах окружающего воздуха; содержать как можно меньше сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды [3]. Вязкость топлива влияет на процесс образования топливовоздушной смеси, а также на износ элементов топливной системы. На рис. 4 приведена зависимость вязкости дизельного топлива марки ДА от температуры.

Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается его высокая смазывающая способность, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость топлива в пределах $1,8\text{--}7,0\text{ мм}^2/\text{с}$ практически не влияет на износ плунжеров топливной системы дизелей.

Топливо с малой вязкостью дает более однородное и мелкое распыливание. Это способствует лучшему испарению, смесеобразованию и сгоранию. Однако слишком малая вязкость приводит к чрезмерным потерям топлива через зазоры в секциях топливного насоса, а также увеличивает интенсивное изнашивание деталей дизельной аппаратуры (плунжеров, гильз, нагнетательных клапанов секций топливного насоса, форсунок), которая смазывается топливом, кроме того, при чрезмерно низкой вязкости топлива капли при распыливании получаются очень мелкими, дальность их полета настолько уменьшается, что они концентрируются и сгорают в основном в непосредственной близости от форсунок, что приводит к их нагреву и быстрому выходу из строя [4].

Отрицательные температуры окружающего воздуха оказывают существенное влияние на повышение вязкости дизельного топлива, что и служит основным фактором выхода из строя дорогостоящих деталей системы питания. Для применения дизельного топлива при эксплуатации техники в условиях низких температур оно должно обладать низкотемпературными свойствами.

К настоящему времени низкотемпературное дизельное топливо получают следующими способами [5]:

- снижение конца его кипения, т.е. удаление из него высокоплавких парафиновых углеводородов;
- использование процесса карбамидной, цеолитной и микробиологической депарафинизации, т.е. снижение общего содержания парафиновых углеводородов;
- применение процессов гидрокрекинга, крекинга-гидроизомеризации, каталитической депарафинизации, позволяющих превращать парафиновые углеводороды в углеводороды других классов, расщеплять и изомеризовать их;
- применение специально синтезированных депрессорных присадок.

Наиболее простой и самый распространенный способ получения низкозастывающих зимних и арктических дизельных топлив – облегчение их фракционного состава на установках прямой перегонки нефти.

На втором месте по объему производства низкозастывающих дизельных топлив стоял процесс депарафинизации на цеолитах, в частности «Парекс». В его основу положено селективное извлечение цеолитами *n*-парафиновых углеводородов, которые используются в микробиологическом синтезе кормовых белков [6].

Одним из наиболее экономичных и перспективных способов улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив является применение высокоэффективных депрессорных присадок, которые нашли широкое применение практически во всех странах Западной Европы, США, Японии, Канады и др. Ведущие химические концерны предлагают на рынок различные депрессорные присадки [5].

Добавка депрессорных присадок к топливам дает возможность не только улучшить их низкотемпературные свойства, но и увеличить выход среднестиллятных топлив за счет повышения конца их кипения. Работоспособность топлива с добавленными депрессорными присадками не ухудшается.

Депрессорные присадки представляют собой растворы активного вещества (т.е. вещества, непосредственно обеспечивающего депрессорные свойства) в органическом растворителе [7].

Одним из способов повышения эффективности работы автомобилей является применение дизельного топлива, получаемого из месторождений, находящихся на территории Республики Саха (Якутия)

В настоящее время в Республике Саха (Якутия) активно разрабатывается Талаканское месторождение нефти. Нами исследованы образцы дизельного, топлива полученного из Талакан-

Таблица 3

Физико-химические свойства дизельного топлива, полученного из Талаканской нефти

Показатели	Полученные значения
Цетановое число	50
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	240
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	340
Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт)	2,798
Массовая доля серы, %, не более, в топливе	0,2
Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	24,7
Коксуемость, 10 %-го остатка, %, не более	0,7
Содержание механических примесей	Отсутствует
Содержание воды	—
Плотность кг/м ³ , не более	816
Температура помутнения, °С	-17
Температура застывания, °С	-28
Предельная температура фильтруемости, °С	-17
Кислотность, мг КОН на 100 см ³	1,94
Йодное число, г йода на 100 г топлива	1,12

ской нефти, отобранной из трубы ВСТО. Фракционный состав дизельного топлива определяли по методике ГОСТ 2177-99.

По физико-химическим свойствам эта нефть относится к классу легких и средних: плотность равна 812 кг/м³. По содержанию серы средние сернистые от 0,36 % мас. Содержание смол от 8,11 % мас., содержание асфальтенов достигает 0,15% мас.

Нами была получена дизельная фракция в интервале от 180 до 280°C, характеристики дизельной фракции, полученной из Талаканского месторождения, приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, полученная нами дизельная фракция относится к летнему сорту топлива по ГОСТ 305-82. Температура застывания равняется -28°C, предельная температура фильтруемости равняется -17°C. Фракция с достаточно хорошим показателем цетанового числа (50 ед.) с умеренной плотностью и вязкостью.

С учетом природно-климатических условий эксплуатации техники на Севере основными показателями для низкотемпературного дизельного топлива из Талаканской нефти были выбраны:

- предельная температура фильтруемости,
- температура застывания.

Для улучшения показателей дизельного топлива были использованы депрессорные присадки Difron315, Keroflux 6100, деспергатор парафинов Keroflux 3614 и депрессорно-деспер-

гирующие Difron 3312. Присадки добавлялись в различных концентрациях (от 0,01 до 0,7% мас. дол.). По рекомендациям производителя присадка вводилась в топливо, разогретое до 40°C. Предельная температура фильтруемости определялась по ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре» на приборе «Автоматический аппарат для определения предельной температуры фильтруемости ПТФ-ЛАБ-11». Температура застывания определялась по ГОСТ 20287-91 «Температура застывания. Метод Б.» на приборе «Криотермостаты

Таблица 4

Низкотемпературные свойства дизельной фракции из Талаканской нефти с депрессорной присадкой Keroflux 6100

Проба	Концентрация присадки, % мас. дол.	Показатели	
		температура застывания, °С	предельная температура фильтруемости, °С
Без присадки	-	- 28	-17
1	0,10	-36	-20
2	0,20	-39	-25
3	0,50	- 35	-24

Таблица 5

Низкотемпературные свойства дизельной фракции из Талаканской нефти с деспергатором парафинов Keroflux 3614 и депрессорной присадкой Keroflux 6100

Проба	Концентрация присадки, % мас. дол.		Показатели	
			температура застывания, °С	предельная температура фильтруемости, °С
	Keroflux 6100	Keroflux 3614		
Без присадки	-	-	- 28	-17
1	0,1	0,6	-44	-24
2	0,2	0,6	-47	-26
3	0,5	0,6	- 34	-23

Таблица 6

Низкотемпературные свойства дизельной фракции из Талаканской нефти с депрессорной присадкой Difron315

Проба	Концентрация присадки, % мас. дол.	Показатели	
		температура застывания, °С	предельная температура фильтруемости, °С
Без присадки	-	- 28	-17
1	0,1	-45	-33
2	0,2	-46	-33
3	0,4	- 47	-34
4	0,45	-48	-35
5	0,5	-51	-38
6	0,55	-53	-39
7	0,6	-50	-31
8	0,7	-39	-34

Таблица 7

Низкотемпературные свойства дизельной фракции из Талаканской нефти с депрессорно-диспергирующей присадкой Difron 3312

Проба	Концентрация присадки, % мас.дол.	Показатели	
		температура застывания, °С	предельная температура фильтруемости, °С
Без присадки	-	- 28	-17
1	0,02	-31	-27
2	0,05	-33	-28
3	0,1	-36	-31

жидкостные серии LOIP FT (FT-311-80)». Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 4–7.

Выводы

Надежность и долговечность техники зависят от качества применяемого топлива. Низкокачественное дизельное топливо может стать причиной преждевременного износа и выхода из строя топливного насоса и форсунок, снижения подачи топлива, изменения момента начала подачи в сторону запаздывания, ухудшения качества распыления топлива.

При эксплуатации в условиях низких температур происходит существенное изменение свойств применяемых горюче-смазочных материалов, теплового режима работы двигателя, агрегатов и систем автомобиля. В результате работоспособность транспортных машин снижается в 1,3–2,5 раза, выработка на 20–30%, суммарные простои увеличиваются на 30–50% и

как следствие возрастает себестоимость перевозок.

Применение депрессорной присадки Difron315 (концентрация присадки в % мас.дол. 0,55) улучшает свойства топлива, полученного из Талаканской нефти, ее температура застывания –53°С, предельная температура фильтруемости –39°С, что позволяет использовать это топливо при эксплуатации в условиях низких климатических температур.

Литература

1. Ишков А.М. Математическая ритмология в работоспособности техники на Севере. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 320 с.
2. Ишков А.М., Кузьминов М.А., Зудов Г.Ю. Теория и практика надежности техники в условиях Севера. – Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. – 313 с.
3. Агаев С.Г., Глазунов А.М., Гулятьев С.В. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив. – Тюмень, 2009. – С.151.
4. Сафонов А.С., Ушаков А.И. Автомобильные топлива: химмотология. Эксплуатационные свойства. – СПб.: НПИКЦ, 2002. – С.243.
5. Митусова Т.Н. Новые требования к качеству дизельных топлив // Нефтехимия и нефтепереработка. – 2000. – № 1. – С. 19–21.
6. Получение низкозастывающих дизельных топлив из денормализаторов процесса Парекс / Б.А. Энглин, В.Г.Николаева, Т.Н.Митусова и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. –1978. –№ 1. –С.1–4.
7. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. – М.: Химия, 1990. – 238 с.

Поступила в редакцию 26.08.2014

УДК 621.785:621.947.2

Применение лазерной резки для изготовления корпуса хомуса (варган) из листовой стали

М.П. Лебедев, С.Н. Махарова, С.П. Яковлева, А.Р. Александров*

Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

**Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск*

Представлен запланированный цикл статей, посвященных материаловедческим исследованиям металлических изделий современной национальной культуры, а также орудий труда, предметов вооружения и быта, изготовленных в прошлом местными кузнецами. Эти исследования проводятся в порядке оказания технической помощи народным мастерам, краеведам, исследователям металлургии

ЛЕБЕДЕВ Михаил Петрович – д.т.н., член-корр. РАН, директор administration@iptpn.ysn.ru; МАХАРОВА Сусанна Николаевна – к.т.н., в.н.с., snmachar@mail.ru; ЯКОВЛЕВА Софья Петровна – д.т.н., проф., зав. отделом, spyakovleva@yandex.ru; *АЛЕКСАНДРОВ Александр Романович – н.с.