

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА

DOI: 10.15593/2224-9400/2019.1.4

УДК 665.753.4; 665.7.038

**А.В. Журавлев, М.В. Гилева, В.Е. Иванова**

ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», Пермь, Россия

**Л.Г. Тархов**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия

### ПОЛУЧЕНИЕ АРКТИЧЕСКИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

*В сравнении со странами Европы, где дизельные двигатели занимают ведущую позицию в автопарке, в России этих двигателей значительно меньше. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения транспортных средств с дизельными двигателями. Проекты по созданию технологий получения дизельных топлив, эффективных для использования в условиях холодного и арктического климата, востребованы для России. На сегодняшний день становится востребованным производство низкозастывающих дизельных топлив. Технология получения таких топлив требует вовлечения дорогостоящих легких фракций бензина и керосина.*

*Целью исследования является увеличение производства дизельного топлива для арктического климата ДТ-А-К5 (–44, –48, –52 °С) ГОСТ Р 55475–2013. В качестве базового топлива было предложено использовать смесь, состоящую из гидроочищенного летнего и зимнего дизельного топлива, гидроизомеризованного топлива и депрессорно-диспергирующей присадки.*

*В представленной работе были проанализированы физико-химические характеристики исходных компонентов, а также определено молекулярно-массовое распределение n-парафинов, входящих в их состав. Также были определены предельная температура фильтруемости, температура помутнения, стабильность компаундированных арктических дизельных топлив при хранении в холодных условиях.*

*Результаты анализов показали, что смешение компаундов из исходных компонентов позволяет получить дизельное топливо надлежащего качества с обеспечением запаса по предельной температуре фильтруемости. Исследуемые компаунды оказались стабильны при кратковременном и длительном холодном хранении.*

**Ключевые слова:** арктическое дизельное топливо, депрессорно-диспергирующие присадки, предельная температура фильтруемости, температура помутнения, низкотемпературные свойства, гидроизомеризованное дизельное топливо.

**A.V. Zhuravlev, M.V. Gileva, V.E. Ivanova**

ООО "LUKOIL-Permnefteorgsintez", Perm, Russian Federation

**L.G. Tarhov**

Perm National Research Polytechnic University,  
Perm, Russian Federation

## **ARCTIC DIESEL FUELS PRODUCTION**

*Comparing with European countries, where diesel engines occupy the leading position in motor-vehicle pool, the corresponding percentage in Russia is significantly smaller. At present time, the tendency to increase the amount of vehicles with diesel engines is being observed. The projects on creating technologies of diesel fuels production, which are efficient for the use in conditions of Arctic climate, are relevant in Russia. For today, low cold-test diesel fuels production is becoming more and more relevant. The technology for producing such fuels requires the involvement of expensive light fractions of gasoline and kerosene.*

*The aim of the research is increase in diesel fuel production for Arctic climate DF-A-K5 (–44, –48, –52 °C) GOST R 55475–2013. It was proposed to use mixture consisting of hydrotreated summer and winter diesel fuel, hydroisomerized fuel and depressant-dispersant additive as the base fuel.*

*Physical and chemical properties of the base components were analyzed together with determining molecular weight distribution of n-paraffins in these specimens. The study also included cold filter plugging point, cloud point, the stability of compounded Arctic diesel fuels at storage in cold conditions.*

*According to the results, mixing of the compounds from the base components enables producing the diesel fuel of the required quality, providing the reserve at cold filter plugging point. The compounds studied turned out to be stable at short-term and long-term storage in cold conditions.*

**Keywords:** *Arctic diesel fuel, depressant-dispersant additives, cold filter plugging point, cloud point, low temperature properties, hydroisomerized diesel fuel.*

Климатические условия РФ обуславливают большую потребность в высококачественных низкозастывающих дизельных топливах (ДТ), которая обеспечивается менее чем наполовину\*. Потребность в качественном ДТ растет с каждым годом [1].

Ужесточение требований по низкотемпературным свойствам ДТ обусловлено морозами в отдельных регионах России (Якутии, Сибири) от –50 до –55 °С. Сложности применения ДТ при отрицательных температурах окружающего воздуха связаны с выпадением из топлива

---

\* Данные Центрального диспетчерского управления ТЭК Министерства энергетики РФ.

кристаллов высокоплавких углеводородов с одновременным или последующим образованием кристаллической сетки, в результате чего топливо застывает или теряет свою подвижность. Также наблюдается резкое возрастание вязкости топлива [2–4].

В связи с этим целью данного исследования является увеличение выпуска арктических ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами. Для этого предлагается использовать в качестве основного компонента гидроизомеризованное дизельное топливо с блока гидроизомеризации установки гидрокрекинга T-Star ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» и вовлечением депрессорно-диспергирующей присадки [5–7].

В качестве базового топлива для производства ДТ для арктического климата ДТ-А-К5 (–44, –48, –52 °С) ГОСТ Р 55475–2013 предлагается смешение следующих компонентов [8]:

- зимнее дизельное топливо гидроизомеризованное (ДТЗ ГИ) с температурой помутнения –37...–45 °С [9];
- зимнее дизельное топливо гидроочищенное (ДТЗ ГО) с температурой помутнения –40 °С;
- летнее дизельное топливо гидроочищенное (ДТЛ ГО) с температурой помутнения –6 °С;
- депрессорно-диспергирующая присадка (ДДП).

Физико-химические свойства базовых топлив представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства базовых топлив

Показатель качества	Единица измерения	ДТЗ ГИ			ДТЗ ГО	ДТЛ ГО
		ПТФ = –39 °С	ПТФ = –44 °С	ПТФ = –49 °С	ПТФ = –41 °С	ПТФ = –8 °С
1. Плотность при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	840,2	833,6	840	813,7	838,1
2. Температура помутнения	°С	–37	–41	–45	–40	–6
3. Вязкость кинематическая при 40 °С	мм <sup>2</sup> /с	3,233	2,646	3,041	1,659	2,922
4. Температура вспышки в закрытом тигле	°С	59	47	69	66	66
5. Фракционный состав:						
НК		157	142	177	167,3	180
20		244	212	236	202,5	235
50		275	256	267	225,7	278
90		327	327	323	265	335
КК		351	351	357	287,4	357
90–20 %		83	115	87	62,5	100
КК – 90 %		24	24	34	22,4	22

Окончание табл. 1

Показатель качества	Единица измерения	ДТЗ ГИ			ДТЗ ГО	ДТЛ ГО
		ПТФ = = -39 °С	ПТФ = = -44 °С	ПТФ = = -49 °С	ПТФ = = -41 °С	ПТФ = = -8 °С
б. н-Парафины, общее содержание	мас. %	<b>9,98</b>	<b>11,6</b>	<b>10,19</b>	<b>25,52</b>	<b>25,73</b>
Начало цепи – С <sub>11</sub>		0,7	2,31	1,37	7,34	2,23
С <sub>12</sub> –С <sub>17</sub>		6,086	5,68	6,31	17,89	14,25
С <sub>18</sub> –С <sub>22</sub>		2,984	3,06	2,24	0,28	7,15
С <sub>23</sub> – конец цепи		0,094	–	–	0,015	1,096
С <sub>20</sub> –С <sub>25</sub>			2,07	0,96	0,063	4,685
С <sub>26</sub> – конец цепи			0,058	0,087	0,0005	0,1286
С <sub>20</sub> –С <sub>25</sub> /С <sub>26</sub> – конец цепи			35	11	126	36

Были приготовлены смеси из вышеперечисленных компонентов с вовлечением от 0 до 15 мас.% гидроочищенного летнего дизельного топлива. При составлении компаундов учитывалось балансовое соотношение потоков топлива. Результаты испытаний по показателям предельная температура фильтруемости (ПТФ) и температура помутнения (ТП) представлены в табл. 2–4.

Таблица 2

Результаты испытаний по показателям ПТФ и ТП  
компаундов ДТЗ ГИ ПТФ = -39 °С, ДТЗ ГО с ДТЛ и ДДП

Показатель качества	Номер компаунда			
	1	2	3	4
ПТФ, °С	-41	-46	-49	-49
ТП, °С	-39	-36	-34	-32
Рецептура, мас. %:				
ДТ ГИ	60	48	47	45
ПТФ = -39 °С, ТП = -37 °С				
ДТЛ ГО	0	4	6	10
ПТФ = -8 °С, ТП = -6 °С				
ДТЗ ГО	40	48	47	45
ПТФ = -41 °С, ТП = -40 °С				
ДДП, ppm	600	600	600	600

С увеличением процентного содержания ДТЛ ГО в компаундах 1–4 (см. табл. 2) ТП повышается, а ПТФ понижается до -49 °С. Это связано и с приемистостью ДДП, которая эффективнее в топливах с повышенным содержанием нормальных парафиновых углеводородов, и с тем, что присадка не оказывает влияния на ТП [10].

Таблица 3

Результаты испытаний по показателям ПТФ и ТП  
компаундов ДТЗ ГИ ПТФ = -44 °С, ДТЗ ГО с ДТЛ и ДДП

Показатель качества	Номер компаунда		
	5	6	7
ПТФ, °С	-51	-52	-52
ТП, °С	-39	-34	-27
Рецептура, мас. %: ДТ ГИ ПТФ = -44 °С, ТП = -41 °С	47	45	40
ДТЛ ГО ПТФ = -8 °С, ТП = -6 °С	6	10	15
ДТЗ ГО ПТФ = -41 °С, ТП = -40 °С	47	45	45
ДДП, ppm	600	600	600

ПТФ смесевых дизельных топлив компаундов 5–7 (см. табл. 3) с 600 ppm депрессорно-диспергирующей присадки составила -51–52 °С. Таким образом, обеспечивается запас по качеству для ДТ-А-К5 (-44, -48 °С).

Таблица 4

Результаты испытаний по показателю ПТФ  
компаундов ДТЗ ГИ ПТФ = -49 °С, ДТЗ ГО с ДТЛ и ДДП

Показатель качества	Номер компаунда			
	8	9	10	11
ПТФ, °С	-47	-44	-48	-49
Рецептура, мас. %: ДТ ГИ ПТФ = -49 °С, ТП = -45 °С	94	30	47	60
ДТЛ ГО ПТФ = -8 °С, ТП = -6 °С	6	10	6	10
ДТЗ ГО ПТФ = -41 °С, ТП = -40 °С	0	60	47	30
ДДП, ppm	600	600	600	600

У компаундов 8–11 на базе ДТЗ ГИ с ПТФ = -49 °С депрессии не наблюдается (см. табл. 4). Причиной этому является молекулярно-массовое распределение *n*-парафинов C<sub>18</sub>–C<sub>22</sub> компонентов базового топлива [11]. Они оказывают влияние на ПТФ и стабильность дизельного топлива с присадкой при холодном хранении. В отличие от ГИ дизельных топлив с ПТФ = -39 °С и ПТФ = -44 °С, ДТЗ ГИ с ПТФ =

=  $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$  имеет значительно меньшее содержание парафинов  $\text{C}_{18}\text{--}\text{C}_{22}$ . Молекулярно-массовое распределение *n*-парафиновых углеводородов базовых ДТЗ ГИ приведено на рисунке.

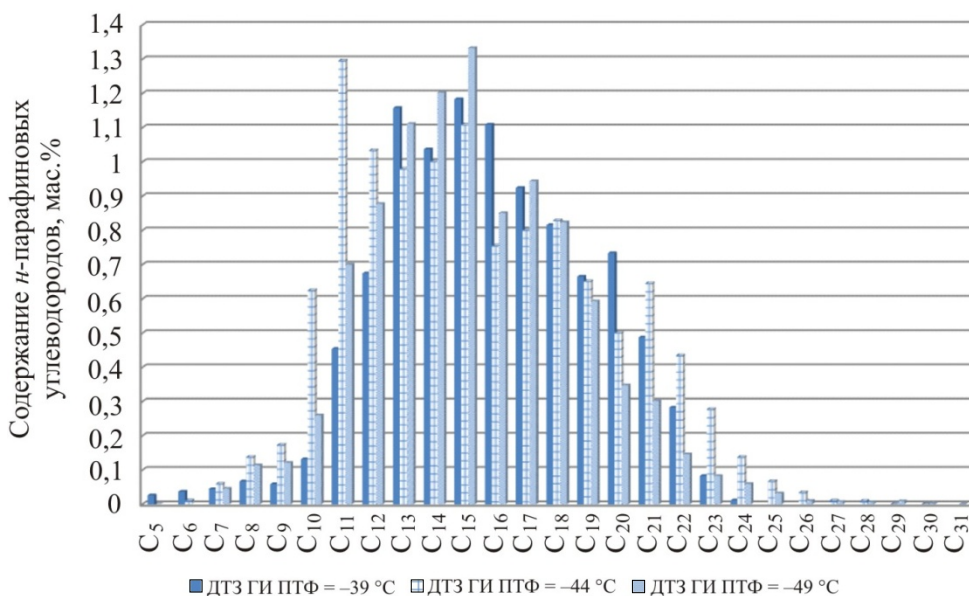


Рис. Молекулярно-массовое распределение *n*-парафиновых углеводородов в базовых ДТЗ ГИ

Когда ДТ хранится при температуре ниже его температуры помутнения, то на дно резервуаров выпадают кристаллы *n*-парафинов. Данный процесс происходит как при длительном хранении дизельного топлива в баке машин, так и при отборе дизельного топлива из резервуаров [11].

Седиментационную устойчивость дизельного топлива с депрессорно-диспергирующей присадкой определяли двумя способами. Первым способом ее определяли при кратковременном холодном хранении по СТО 11605031-041–2010 (холодное хранение в течение 16 ч при температуре  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), второй – при длительном хранении по МИ 201-18–2013 (холодное хранение в течение 72 ч при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [12, 14]. Седиментационная устойчивость была проведена для образцов № 3, 5–7, так как у них в результате компаундирования зафиксирована минимальная ПТФ. Результаты оценки седиментационной устойчивости всех компаундов при холодном хранении удовлетворительные.

**Вывод:** проведенное исследование позволит увеличить производство арктического дизельного топлива надлежащего качества с обеспе-

чением запаса по предельной температуре фильтруемости и обладающего улучшенными эксплуатационными и экологическими характеристиками.

### **Список литературы**

1. О генеральной схеме развития нефтяной отрасли до 2020 г.: приказ М-ва энергетики РФ №212 от 6 июня 2011 г. – Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».

2. Митусова Т.Н., Хавкин В.А., Гуляева Л.А. Современное состояние производства низкотемпературных дизельных топлив на заводах России // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2012. – № 2. – С. 6–8.

3. Камешков А.В., Гайле А.А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 29. – С. 49–60.

4. Синюта В.Р., Орловская Н.В. Производство арктических дизельных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2017. – № 9. – С. 16–18.

5. Гидроочистка бензинов термического крекинга и коксования в смеси с прямым дизельным топливом / В.А. Хавкин, Л.А. Гуляева, В.М. Курганов, Э.Ф. Каминский, Ю.Н. Зеленцов, А.И. Ёлшин // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998. – № 5. – С. 15–21.

6. Катализаторы и процессы гидродепарафинизации нефтяных фракций / О.Д. Коновальчиков, Д.Ф. Поезд, Л.А. Красильникова, Ю.Н. Зеленцов, М.А. Порублёв, А.Ф. Бабилов, В.П. Яскин // Тем. обзор. Переработка нефти / ЦНИИТЭнефтехим. – М., 1994. – № 1. – 52 с.

7. Гидроизомеризация длинноцепочечных парафинов: механизм и катализаторы. Ч. II / Д.Н. Герасимов, В.В. Фадеев, А.Н. Логинова, С.В. Лысенко // Катализ в промышленности. – 2015. – № 2. – С. 30–45.

8. ГОСТ Р 55475–2013. Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия. – М., 2013. – С. 3–6.

9. ГОСТ 5066–91 (ИСО 3013–74). Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации. – М., 1992.

10. Производство арктического дизельного топлива в России / Т.Н. Митусова, М.М. Лобашова, А.С. Недайборщ, М.А. Титаренко // Мир нефтепродуктов. – 2015. – № 12. – С. 4–7.

11. Гилева М.В., Кулакова Н.А., Рябов В.Г. Применение депрессорно-диспергирующей присадки при получении дизельного топлива для арктического климата // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – № 4. – С. 147–160.

12. СТО 11605031-041–2010. Дизельное топливо с депрессорными присадками. Метод квалификационной оценки седиментационной устойчивости при отрицательных температурах / ОАО «ВНИИ НП». – М., 2010.

13. МИ 201-18–2013. Методика определения седиментационной устойчивости дизельных топлив к осаждению *n*-парафинов при длительном хранении в зимних условиях / ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». – М., 2013.

14. ГОСТ 32511–2013. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М., 2013. – С. 6–11.

## References

1. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation No. 212 dated June 6, 2011 “On the general scheme of development of the oil industry until 2020”.

2. Mitusova T.N., Khavkin V.A., Guliaeva L.A. Sovremennoe sostoianie proizvodstva nizkozastyvaiushchikh dizel'nykh topliv na zavodakh Rossii [The current state of the production of low-fouling diesel fuels at the plants of Russia]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftiannykh kompanii.*, 2012, no. 2, pp. 6-8.

3. Kameshkov A.V., Gaile A.A. Poluchenie dizel'nykh topliv s uluchshennymi nizkotemperaturnymi svoistvami [Production of diesel fuels with improved low-temperature properties]. *Izvestiia SPbGTI(TU)*, 2015, no. 29, pp. 49-60.

4. Siniuta V.R., Orlovskaya N.V. Proizvodstvo arkticheskikh dizel'nykh topliv [Arctic diesel fuel production]. *Neftepererabotka i neftekhimiia*, 2017, no. 9, pp. 16-18.

5. Khavkin V.A., Guliaeva L.A., Kurganov V.M., Kaminskii E.F., Zelentsov Iu.N., Elshin A.I. Gidroochistka benzinov termicheskogo krekinga i koksovaniia v smesi s priamogonnym dizel'nyim toplivom [Hydrotreating gasoline thermal cracking and coking in a mixture with straight-run diesel fuel]. *Neftepererabotka i neftekhimiia*, 1998, no. 5, pp. 15-21.

6. Konoval'chikov O.D., Poezd D.F., Krasil'nikova L.A., Zelentsov Iu.N., Porublev M.A., Babikov A.F., Iaskin V.P. Katalizatory i protsessy gidrodeparafinizatsii neftiannykh fraktsii [Catalysts and Hydrodewaxing of Oil Fractions]. *Ser. Pererabotka nefiti. M.: TsNITEneftekhim*, 1994, no. 1, 52 p.

7. Gerasimov D.N., Fadeev V.V., Loginova A.N., Lysenko S.V. Gidroizomerizatsiia dlinnotsepochechnykh parafinov: mekhanizm i katalizatory [Hydroisomerization of long-chain paraffins: mechanism and catalysts. Part II]. *Kataliz v promyshlennosti*, 2015, no. 2, pp. 30-45.

8. GOST R 55475-2013 Topливо dizel'noe zimnee i arkticheskoe deparafinirovannoe. Tekhnicheskie usloviia [Winter diesel fuel and arctic dewaxed. Technical conditions]. 2013, pp. 3-6.

9. GOST 5066-91 (ISO 3013-74) Topliva motornye. Metody opredeleniia temperatury pomutneniia, nachala kristallizatsii i kristallizatsii [Motor fuels. Methods for determining the cloud point, the onset of crystallization and crystallization]. 1992.

10. Mitusova T.N., Lobashova M.M., Nedaiborshch A.S., Titarenko M.A. Proizvodstvo arkticheskogo dizel'nogo topliva v Rossii [Production of arctic diesel fuel in Russia]. *Mir nefteproduktov*, 2015, no. 12, pp. 4-7.

11. Gileva M.V., Kulakova N.A., Riabov V.G. Primenenie depressorno-dispergiruiushchei prisadki pri poluchenii dizel'nogo topliva dlia arkticheskogo klimata



[The use of a depressant dispersant during the production of diesel fuel for the arctic climate]. *Vestnik PNIPU. Khimicheskaiia tekhnologiia i biotekhnologiia*, 2015, no. 4, pp. 147–160.

12. STO 11605031-041-2010. Dizel'noe toplivo s depressornymi prisadkami. Metod kvalifikatsionnoi otsenki sedimentatsionnoi ustoichivosti pri otritsatel'nykh temperaturakh [Diesel fuel with depressant additives. Method of qualifying assessment of sedimentation stability at low temperatures]. Moscow, OAO «VNII NP», 2010.

13. MI 201-18-2013. Metodika opredeleniia sedimentatsionnoi ustoichivosti dizel'nykh topliv k osazhdeniiu n-parafinov pri dlitel'nom khranении v zimnikh usloviakh [Method for determining the sedimentation stability of diesel fuels to the deposition of n-paraffins during long-term storage in winter conditions]. ООО «LUKOIL-Permnefteorgsintez», 2013.

14. GOST 32511-2013 Toplivo dizel'noe EVRO. Tekhnicheskie usloviia. [Diesel fuel EURO. Technical conditions]. 2013, pp. 6-11.

Получено 08.02.2019

### **Об авторах**

**Журавлев Александр Вадимович** (Пермь, Россия) – начальник опытно-исследовательского цеха ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» (614055, г. Пермь, ул. Промышленная, 84, e-mail: Aleksandr.ZHuravlev@pnos.lukoil.com).

**Гилева Милана Владимировна** (Пермь, Россия) – инженер-химик опытно-исследовательского цеха ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» (614055, г. Пермь, ул. Промышленная, 84, e-mail: Milana.Gileva@pnos.lukoil.com).

**Иванова Валерия Евгеньевна** (Пермь, Россия) – лаборант химического анализа опытно-исследовательского цеха ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», магистр кафедры химических технологий, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614055, г. Пермь, ул. Промышленная, 84, e-mail: lukpnos@pnos.lukoil.com).

**Тархов Леонид Геннадьевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры химических технологий, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tlg@pstu.ru).

### **About the authors**

**Aleksandr V. Zhuravlev** (Perm, Russian Federation) – Chief, R&D Department, ООО “LUKOIL-Permnefteorgsintez” (84, Promyshlennaya str., Perm, 614055; e-mail: Aleksandr.ZHuravlev@pnos.lukoil.com).

**Milana V. Gileva** (Perm, Russian Federation) – Chemist Engineer, R&D Department, ООО “LUKOIL-Permnefteorgsintez” (84, Promyshlennaya str., Perm, 614055; e-mail: Milana.Gileva@pnos.lukoil.com).

**Valeria E. Ivanova** (Perm, Russian Federation) – Laboratory Chemist, R&D Department, ООО “LUKOIL-Permnefteorgsintez”, Undergraduate Student, Perm National Research Polytechnic University (84, Promyshlennaya str., Perm, 614055; e-mail: lukpnos@pnos.lukoil.com).

**Leonid G. Tarkhov** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate professor of the Department Chemical technologies, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: tlg@pstu.ru).