



# Малодейательные линии: состояние и варианты оптимизации



Сергей ВАКУЛЕНКО  
Sergey P. VAKULENKO

Алексей КОЛИН  
Alexey V. KOLIN



Надежда ЕВРЕЕНОВА  
Nadezhda Yu. EVREENOVA

*Вакуленко Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.  
Колин Алексей Валентинович – начальник научного центра МИИТ, Москва, Россия.  
Евреенова Надежда Юрьевна – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.*

## Low-Density Lines: State and Optimization Options (текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 178)

**Методология и методы проведённого исследования основываются на системном анализе и научном обобщении отечественного и зарубежного опыта эксплуатации и содержания малодейательных железнодорожных линий. При этом оценивается не только текущее состояние в этой сфере перевозок, но и даются предложения по оптимизации процессов с использованием стратегий технического перевооружения, изменения технологий, стимулирования спроса за счёт организации новых видов сервиса, применения форм государственно-частного партнёрства.**

**Ключевые слова:** стратегия управления, малодейательные железнодорожные линии, рентабельная эксплуатация, грузовые и пассажирские перевозки, оптимизация, методология, дифференциация назначения.

**Р**ешение проблемы эффективности использования малодейательных железнодорожных линий (МДЖЛ) в условиях рыночной экономики одна из приоритетных задач, стоящая перед транспортно-отраслью.

Протяженность МДЖЛ – 15353 км, что составляет около 18 % от всей сети железных дорог. Это однопутные линии, большая их часть не электрифицирована. Общие сведения о МДЖЛ представлены в таблице 1.

На сети ОАО «РЖД» малодейательные линии расположены преимущественно в Европейской части России, там, где железнодорожная сеть имеет наибольшую густоту. Причём топология МДЖЛ не совпадает с основными векторами грузопотоков, которые обычно движутся в широтных направлениях. Ведь МДЖЛ чаще всего являются рокадами, соединяющими широтные направления, или тупиковыми их ответвлениями.

В то же время МДЖЛ обеспечивают связность и маневренность сети, повышая надёжность её работы в условиях возмож-

Таблица 1

## Общие сведения о МДЖЛ

№	Параметры	Показатели
1	Протяженность	15353 км
2	Доля МДЖЛ от всей сети железных дорог	18,2 %
3	Доля электрифицированных	14 %
4	Доля неэлектрифицированных	86 %
5	Доля однопутных	100 %
6	Средняя протяженность	55 км
7	Среднее число «ниток» поездов (всех категорий) В т.ч. грузовых	3,5 пары 2,1 пары

ных технологических сбоев, стихийных бедствий, при возникновении дефицита пропускных способностей в периоды реконструкции, модернизации основных магистральных линий и т.п.

Несмотря на то, что МДЖЛ являются слабо загруженными (в среднем 3,5 пары поездов на линию в сутки) и, следовательно, убыточными, к их содержанию предъявляются практически такие же требования, как и к магистральным.

До 2015 года отсутствовали единые критерии отнесения железнодорожных линий к малоделятельным. Ныне существующие критерии представлены в таблице 2.

Распределение средств сигнализации и связи на МДЖЛ в процентном соотношении иллюстрирует рис. 1.

В качестве средств интервального регулирования, сигнализации и связи используются наиболее простые средства: полуавтоматическая блокировка (66 % от общей протяжённости), электрожелезнодорожная система (12 %), телефонные средства связи (7 %). Лишь на 11 % протяжённости линий применяется автоматическая блокировка и ещё на 7 % – диспетчерская централизация. Это свидетельствует о том, что большая часть существующих малоделятельных линий и в прошлом (20–30 лет назад) являлись таковыми.

Анализ зарубежного опыта позволил выделить основные тенденции в эксплуатации железнодорожных линий с малоинтенсивным движением [1–7]:

– применение спутниковой навигации для управления движением поездов, что приводит к отказу от значительной части напольного оборудования СЦБ, для кото-

Таблица 2

## Критерии отнесения железнодорожных линий к малоделятельным

№	Документ	Критерий
1	ФЗ «Устав железнодорожного транспорта», ПТЭ РФ	Невысокая грузонапряженность и низкая эффективность работы
2	Распоряжение ОАО «РЖД» «Об утверждении методики классификации и специализации железнодорожных линий» № 3048р от 23.12.2015 г.	Суммарные размеры движения пассажирских и грузовых поездов не более 8 пар в сутки Приведенная грузонапряженность 5,0 млн т.км брутто/км в год и менее

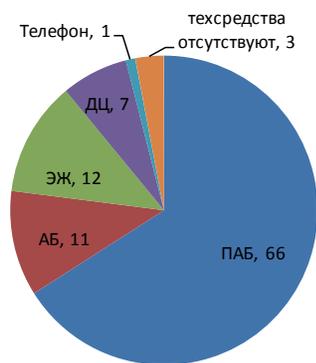


Рис. 1. Оснащённость средствами сигнализации и связи, в % от общей протяжённости МДЖЛ. Условные обозначения: АБ – автоматическая блокировка; ПАБ – полуавтоматическая блокировка; ЭЖ – электрожелезнодорожная система; ДЦ – диспетчерская централизация.

роgo необходимы дорогостоящие кабельные сети (рельсовые цепи и счётчики осей, светофоры, датчики точечной и непрерывной АЛС);

– автоматизация и телеуправление систем централизации;

– преобладание современных технологий (например, замена постового и напольного оборудования на микропроцессорную централизацию), что позволяет сократить обслуживающий персонал и в условиях высокого уровня европейской заработной платы достичь существенного экономического эффекта.

Способы повышения эффективности МДЖЛ, реализуемые в зарубежных странах, представлены в таблице 3.

Эксплуатация МДЖЛ в странах Европы обходится дорого, что обусловлено большим числом выполняемых вручную операций управления и потребностью в персонале для приёма и отправления поездов



**Пути повышения эффективности работы участков  
малодеятельных железнодорожных линий**

№ п/п	Критерий	Пути повышения эффективности МДЖЛ	Страна
1	Правовой статус	Закрытие МДЖЛ и перевод перевозок на другие виды транспорта	Германия
		Передача в частный сектор на конкурсной основе с ориентацией на интермодальные компании, выполняющие автомобильные и ж.д. перевозки	Нидерланды
		Государственные программы реорганизации перевозок	США
		Сдача части линий в аренду, продажа третьим лицам, изменение формы собственности; в отдельных случаях – закрытие	США
		Переустройство МДЖЛ в автомобильные дороги	Швеция
		Использование МДЖЛ для организации туристического сервиса	Великобритания, Швеция
2	Организация движения	Сокращение персонала, числа штатных единиц	Финляндия, Швеция, Эстония
		Упрощение диспетчерской централизации	Германия
		Применение спутниковой навигации для управления движением поездов	США, Румыния
3	Инфраструктура	Автоматизация и телеуправление, применение современных технологий управления (например, замена постового и напольного оборудования на микропроцессорную централизацию)	Швейцария
		Улучшение состояния пути и электрификация участков	Швеция
4	Подвижной состав	Использование специального подвижного состава облегчённого типа	Германия, Швеция, Финляндия
5	Тарифы	Дифференцированный подход к формированию тарифов	Германия, Швеция

на станциях. Сокращение затрат может быть достигнуто за счёт снижения потребности в персонале, уменьшения числа напольных сигналов и определения такого уровня технического оснащения МДЖЛ, который был бы достаточен для обеспечения безопасности.

Внедрение зарубежного опыта на сети ОАО «РЖД», на наш взгляд, целесообразно в части:

- организации туристического сервиса;
- сокращения персонала;
- использования специализированного подвижного состава облегчённого типа.

При оптимизации работы МДЖЛ могут быть применены следующие стратегии:

1) техническое перевооружение и изменение технологий, способствующих повышению эффективности за счёт сокращения убыточности линий в целом или их отдельных участков;

2) стимулирование спроса на перевозки за счёт организации новых видов сервиса (туристического и др.);

3) дотации федерального или регионального бюджетов, других юридических и физических лиц;

4) передача МДЖЛ или их отдельных участков в частную собственность либо в аренду на баланс заинтересованной стороны, а также использование иных форм государственно-частного партнёрства;

5) в исключительном случае, если никакие другие меры не способны повысить эффективность работы, при соответствующем обосновании – закрытие МДЖЛ или их отдельных участков.

В соответствии с предложенными стратегиями МДЖЛ можно разделить на несколько типов по функциям:

– для коммерческих нужд – прибыльные или потенциально прибыльные, а также те, в которых заинтересованы грузовладельцы, готовые сознательно пойти на увеличение собственных издержек (в связи с переводом МДЖЛ на их баланс) с целью сохранения рынков поставок и/или сбыта;

– для удовлетворения социальных нужд – с целью поддержания жизнедеятельности тяготеющих к МДЖЛ населённых пунктов;

- имеющие оборонное значение;
- не эксплуатируемые.

Варианты оптимизации функционирования МДЖЛ представлены в таблице 4.

Варианты оптимизации функционирования МДЖЛ (участков)

Рассматриваемый параметр	Типы МДЖЛ (участков) по выполняемым функциям			
	для социальных нужд	для коммерческих нужд	для федеральных государственных нужд (оборонная функция)	не эксплуатируемые
Возможное заинтересованное лицо/источник финансирования	Федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления	ОАО «РЖД», коммерческие организации (промышленные предприятия)	Федеральные органы исполнительной власти	ОАО «РЖД»
Пример	Новгород–Новолисино, Ледозеро 1–Юшкозеро (Октябрьская железная дорога)	Канзыба–разъезд 557 (Красноярская железная дорога)	Ильино–Фролищи (Горьковская железная дорога)	Сошно–Валутино (Московская железная дорога)
Возможные варианты стратегии оптимизации функционирования	1, 2, 3, 4	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 5

Наиболее логична форма поддержки линий для социальных нужд – обоснование дотирования из регионального или федерального бюджетов.

Проведённый анализ существующей технологии работы МДЖЛ позволил выделить основные направления повышения эффективности их работы.

В области сокращения издержек:

- подвижной состав – перевод МДЖЛ на обслуживание рельсовыми автобусами, в т.ч. на комбинированном ходу, и переход на локомотивы малой мощности;

- организация движения – совмещение профессий и должностей, внедрение системы обслуживания мобильными бригадами, применение технологии «одиночный локомотив» (один поезд на участке);

- обслуживание инфраструктуры – совмещение профессий и должностей, сокращение видов и периодичности осмотров, выполнение работ по фактическому состоянию.

В области повышения доходов:

- организация туристического сервиса, включая выделение отдельных МДЖЛ под его организацию при сохранении социальных функций линии по обслуживанию населённых пунктов. В качестве пилотного проекта возможна линия Бологое–Великие Луки (с ответвлением на Торжок), имеющая удачное расположение – близко к Москве и Санкт-Петербургу, в зоне тяготения которой расположены популярные туристические объекты (озеро Селигер и др.);

- увеличение интенсивности движения пригородных поездов с использованием автобусов на комбинированном ходу.

## ВЫВОДЫ

В исследовании проведен анализ отечественного и зарубежного опыта эксплуатации железнодорожных линий с малоинтенсивным движением, даны предложения по оптимизации содержания и текущего технического обслуживания малодеятельных участков.

С учётом используемых стратегий акцент сделан на дифференциации функционального назначения линий, эффективности организации движения, рельсового подвижного состава и обслуживания инфраструктуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. SATLOC – система управления движением поездов на базе спутниковой навигации для малодеятельных линий / Barbu G. // Железные дороги мира. – 2014. – № 6. – С. 63–67.
2. Управление движением поездов на малодеятельных линиях в Финляндии // Железные дороги мира. – 2004. – № 7. – С. 54–58.
3. Автоматизация малодеятельной железнодорожной линии Берн–Люцерн (Швейцария) // Железные дороги мира. – 2004. – № 10. – С. 76–77.
4. Grant S. The 2007 Beeching Report – a preview // Modern Railways. – 2006. – Vol. 63, № 694. – Pp. 36–39.
5. Ingels P.-E. Cost-effective train control on low-density lines // Railway Gazette International. – 2010. – № 6. – Pp. 40–44.
6. Westerfield M. Le fret de proximité débarque outre-Manch // Le Rail. – 2010. – № 168. – Pp. 16–19.
7. Железные дороги США: особенности грузовых и пассажирских перевозок / E. Gärtner // Железные дороги мира. – 2007. – № 4. – С. 9–32.

Координаты авторов: **Вакуленко С. П.** – k-gdsu@mail.ru, **Колин А. В.** – alex5959@yandex.ru, **Евреенова Н. Ю.** – nevreenova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.01.2017, принята к публикации 14.04.2017.



## LOW-DENSITY LINES: STATE AND OPTIMIZATION OPTIONS

**Vakulenko, Sergey P.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Kolin, Alexey V.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Evreenova, Nadezhda Yu.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The methodology and methods of the conducted research are based on the system analysis and scientific generalization of domestic and foreign experience in operation and maintenance of low-density railway lines. At the same time, not only the

current state in this sphere of transportation is evaluated, but also suggestions are made with regard to optimizing processes using technical re-equipment strategies, changing technologies, stimulating demand through organization of new types of service, and use of forms of public-private partnership.

*Keywords:* management strategy, low-density railway lines, cost-effective operation, freight and passenger transportation, optimization, methodology, differentiation of destination.

**Background.** The solution of the problem of the efficiency of using low-density railway lines (LDRL) in a market economy is one of the priority tasks, which the transport industry is facing.

**Objective.** The objective of the authors is to consider main issues concerning operation and optimization of low-density railway lines.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, scientific description.

**Results.** The length of LDRL is 15 353 km, which is about 18 % of the entire network of railways. These are single-track lines, most of them are not electrified. General information on LDRL is presented in Table 1.

On the network of JSC Russian Railways, low-density lines are located mainly in the European part of Russia, where the railway network has the greatest density. Moreover, the topology of LDRL does not coincide with the main vectors of cargo flows, which usually move in latitudinal directions. After all, LDRL are often lateral roads that connect latitudinal directions, or are their dead ends.

At the same time, LDRL provide connectivity and maneuverability of the network, increasing reliability of its operation in the event of possible technological

failures, natural disasters, when there is a shortage of capacity during the periods of reconstruction, modernization of the main lines, etc.

Despite the fact that LDRL are low-loaded (an average of 3,5 pairs of trains per line per day) and, therefore, unprofitable, almost the same requirements are imposed on their maintenance as to the main lines.

Until 2015, there were no uniform criteria for classifying railway lines as low-density. The current criteria are presented in Table 2.

The distribution of signaling and communication facilities on LDRL as a percentage is illustrated in Pic. 1.

As the means of interval regulation, signaling and communication, the simplest means are used: semi-automatic blocking (66 % of the total length), electric-token system (12 %), telephone communication (7 %). Only on 11 % of the length of the lines automatic blocking and on another 7 % centralized traffic control are used. This indicates that most of the existing low-density lines were the same in the past (20–30 years ago).

Analysis of foreign experience allowed to identify the main trends in the operation of rail lines with low-intensity traffic [1–7]:

**Table 1**

### General information about LDRL

№	Parameters	Indicators
1	Length	15353 km
2	Share of LDRL from the whole rail network	18,2 %
3	Share of electrified	14 %
4	Share of non-electrified	86 %
5	Share of single-track	100 %
6	Average length	55 km
7	Average number of «threads» of trains (of all categories) Including freight	3,5 pairs 2,1 pairs

**Table 2**

### Criteria for classifying railway lines as low-density

№	Document	Criterion
1	«Charter of Railway Transport», Operation rules of the Russian Federation	Low freight traffic and poor performance
2	Order of JSC Russian Railways «On approving the methodology of classification and specialization of railway lines» No. 3048r dated December 23, 2015.	Total volume of movement of passenger and freight trains no more than 8 pairs per day Reduced load intensity 5,0 million t • km gross / km per year and less

**Table 3**

**Ways to improve the efficiency of sections of low-density railway lines**

№	Criterion	Ways to improve efficiency of LDRL	Country
1	Legal status	Closing of LDRL and transition of transportation to other types	Germany
		Transfer to the private sector on a competitive basis with a focus on intermodal companies that perform road and rail transportation	Netherlands
		State programs for transportation reorganization	USA
		Delivery of a part of the lines for rent, sale to third parties, change in the form of ownership; in some cases – closure	USA
		Rearrangement of LDRL into motor roads	Sweden
		Use of LDRL for organization of tourism services	Great Britain, Sweden
2	Traffic organization	Reduction of staff, number of positions	Finland, Sweden, Estonia
		Simplification of centralized traffic control	Germany
		Use of satellite navigation to control train movement	USA, Romania
3	Infrastructure	Automation and telecontrol, application of modern control technologies (for example, replacement of post and floor equipment with microprocessor centralization)	Switzerland
		Improvement of track state and electrification of sections	Sweden
4	Rolling stock	Use of special light-weight rolling stock	Germany, Sweden, Finland
5	Tariffs	Differentiated approach to formation of tariffs	Germany, Sweden

– use of satellite navigation to control the movement of trains, which leads to abandonment of a significant part of the outdoor equipment of the signalling and blocking division, which requires expensive cable networks (rail chains and axle counters, traffic lights, point and continuous ALS sensors);

– automation and telecontrol of centralization systems;

– prevalence of modern technologies (for example, replacement of post and floor equipment with microprocessor centralization), which allows reducing the staff and in the conditions of a high level of European wages to achieve a significant economic effect.

Methods of increasing the effectiveness of LDRL, implemented in foreign countries, are presented in Table 3.

The operation of LDRL in Europe is expensive, due to a large number of manual operations and the need for staff to receive and send trains at stations. Cost reductions can be achieved by reducing the need for staff, reducing the number of floor signals and determining the level of technical equipping LDRL that would be sufficient to ensure safety.

The introduction of foreign experience on the network of JSC Russian Railways, in our opinion, is advisable in the part of:

- organization of tourist service;
- staff reduction;
- use of a specialized rolling stock of a lightweight type.

When optimizing the work of LDRL, the following strategies can be applied:

1) technical re-equipment and changes in technologies that increase efficiency by reducing the loss ratio of the lines as a whole or their individual sections;

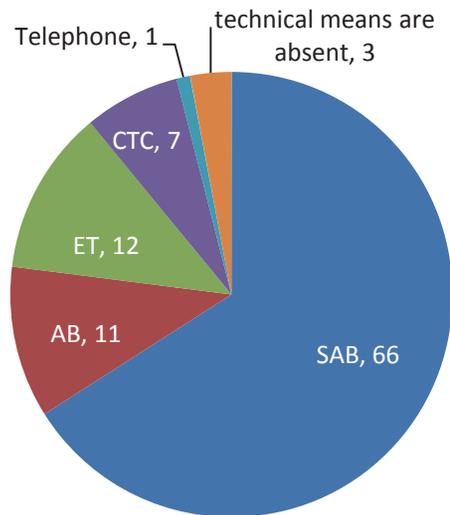
2) stimulation of demand for transportation through the organization of new types of services (tourism, etc.);

3) subsidies of federal or regional budgets, other legal entities and individuals;

4) transfer of LDRL or their individual sections to private ownership or lease to the balance of the party concerned, as well as the use of other forms of public-private partnership;

5) in the exceptional case, if no other measures are capable of increasing the efficiency of the work, with the appropriate justification, the closure of LDRL or their individual sections.

In accordance with the proposed strategies, LDRL can be divided into several types according to functions:



**Legend:** AB – automatic blocking; SAB – semi-automatic blocking; ET – an electric token system; CTC – centralized traffic control.

**Pic. 1. Equipment with means of signaling and communication, in % of the total length of LDRL.**



## Options for optimizing the functioning of LDRL (sections)

Parameter under consideration	Types of LDRL (sections) by the functions performed			
	for social needs	for commercial needs	for federal state needs (defense function)	non exploited
Possible interested person/source of funding	Federal executive bodies, executive bodies of the subjects of the Russian Federation, municipal authorities	JSC Russian Railways, commercial organizations (industrial enterprises)	Federal executive bodies	JSC Russian Railways
Example	Novgorod–Novolisino, Ledzero 1–Yushkozero (October Railway)	Kanzyba–halt 557 (Krasnoyarsk Railway)	Iliyno–Frolischi (Gorky Railway)	Soshno–Valutino (Moscow Railway)
Possible options of functioning optimization strategy	1, 2, 3, 4	1, 2, 3	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 5

– for commercial purposes – profitable or potentially profitable, as well as those in which cargo owners are interested, willing to consciously go to increase their own costs (in connection with the transfer of LDRL to their balance) in order to preserve the markets for supply and/or sale;

– to meet social needs – with a view to supporting the vital activities of population centers gravitating towards LDRL;

- having a defensive significance;
- not exploited.

The options for optimizing the functioning of LDRL are presented in Table 4.

The most logical form of supporting lines for social needs is the justification of subsidies from the regional or federal budgets.

The analysis of the existing technology of the work of LDRL has made it possible to identify the main directions for increasing the efficiency of their work.

In the field of cost reduction:

- rolling stock – transfer of LDRL for maintenance by rail buses, incl. on the combined run, and transition to low power locomotives;
- organization of traffic – combination of professions and positions, introduction of a mobile crew service system, application of the «single locomotive» technology (one train on a section);
- maintenance of infrastructure – combination of professions and positions, reduction of types and frequency of inspections, performance of works according to the actual state.

In the field of increasing incomes:

- organization of tourist services, including allocation of individual LDRL for its organization while preserving the social functions of the line for human settlements service. As a pilot project, Bologoe–Velikie Luki line (with a branch to Torzhok), which has a favorable location, is close to Moscow and St. Petersburg, in the zone of attraction of which are

located popular tourist sites (Lake Seliger and others);

- increase in traffic intensity of suburban trains using buses on a combined run.

**Conclusions.** The analysis of domestic and foreign experience of operation of railway lines with low-intensity traffic has been carried out, offers have been made for optimizing maintenance and current maintenance of low-density sections.

Taking into account the strategies used, emphasis is placed on differentiation of the functional designation of the lines, the efficiency of the traffic organization, the rolling stock and the maintenance of the infrastructure.

## REFERENCES

1. Barbu, G. SATLOC – a system for train traffic control based on satellite navigation for low-density lines [SATLOC – sistema upravljenija dvizheniem poezdov na baze sputnikovoj navigacii dlja malodejatel'nyh linij]. *Zheleznyye dorogi mira*, 2014, Iss. 6, pp. 63–67.
2. Train traffic control on low-density lines in Finland [Upravlenie dvizheniem poezdov na malodejatel'nyh liniyah v Finljandii]. *Zheleznyye dorogi mira*, 2004, Iss. 7, pp. 54–58.
3. Automation of low-density railway line Bern–Lucerne (Switzerland) [Avtomatizacija malodejatel'noj zheleznodorozhnoj linii Bern–Ljucern (Shvejcarija)]. *Zheleznyye dorogi mira*, 2004, Iss. 10, pp. 76–77.
4. Grant, S. The 2007 Beeching Report – a preview. *Modern Railways*, 2006, Vol. 63, № 694, pp. 36–39.
5. Ingels, P.-E. Cost-effective train control on low-density lines. *Railway Gazette International*, 2010, № 6, pp. 40–44.
6. Westerfield, M. Le fret de proximité débarque outre-Manch. *Le Rail*, 2010, № 168, pp. 16–19.
7. Gärtner, E. US Railways: Features of Freight and Passenger Transportation [Zheleznyye dorogi SShA: osobennosti gruzovyh i passazhirskih perevozok]. *Zheleznyye dorogi mira*, 2007, Iss. 4, pp. 9–32. ●

Information about the authors:

**Vakulenko, Sergey P.** – Ph.D. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, k-gdsu@mail.ru.

**Kolin, Alexey V.** – head of the scientific center of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, alex5959@yandex.ru.

**Evreenova, Nadezhda Yu.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, nevreenova@mail.ru.

Article received 20.01.2017, accepted 14.04.2017.