

References

1. Orlov B.N. Prognozirovaniye urovnya nadezhnosti eksperimental'no-raschetnymi metodami (Predicting the level of reliability of experimental-calculation method) // Environmental Engineering: Scientific-practical journal. № 4. M., 2010.
2. Bondareva G.I. Germetizatsiya nepodviznykh flantsevykh soedineniy silikonovymi germetikami pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki (Sealing of fixed flange joints with silicone sealants in repairing agricultural equipment). Moscow, 2000.
3. Bondareva G.I., Orlov B.N. Matematicheskoe modelirovaniye protsessa izmereniya godnosti rabochikh elementov mashin i oborudovaniya (Mathematical modeling of measuring the fitness of working elements of machines and equipment) // Farm Machinery and Equipment: Scientific-manufacturing and information analytical journal. № 8. M., 2012.
4. Orlov B.N. Metod strukturnykh skhem otsenki nadezhnosti gidrosistemy i kolesnykh dvizhiteley mashin prirodoobustroystva (The method of structural schemes in assessing reliability of wheel hydraulic propulsion machinery of environmental engineering) // Environmental Engineering: Scientific-practical journal. № 1. M., 2013.
5. Bondareva G.I. Povysheniye dolgovechnosti rabochikh organov betonosmesiteley (Increasing durability of concrete mixer working bodies) // Bulletin of Mechanical Engineering. № 3. M., 2012.
6. Bondareva G.I., Kravchenko I.N. Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya naplavlennykh pokrytiy detaley, vosstanovlennykh plazmennymi metodami (Study of stress-strain state of deposited coatings of parts recovered with plasma methods) // Repair, Restoration, Modernization. № 6. M., 2011.
7. Bondareva G.I. Sistemnyy analiz ob"ektov, funktsiy i resursov v protsessakh vosstanovleniya detaley mashin (System analysis of objects, functions and resources in process of restoring machinery parts) // Herald of FSEE HPE MSAU named after V.P. Goryachkin. № 2. Moscow, 2010.

Boris N. Orlov – PhD (Eng) – Higher Doctorate, Professor, Department of Exploitation, Electrification and Automation of Environmental Protection Means and Systems in Emergency Cases; Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Institute of Environmental Engineering named after A.N. Kostyakov; 127550, Timiryazevskaya ul., 49, Moscow; phone: 8 (903) 296-41-64.

Galina Bondareva – PhD (Eng) – Higher Doctorate, Professor, Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; Institute of Mechanics and Power Engineering named after V.P. Goryachkin; 127550, Timiryazevskaya ul., 55, Moscow; phone: 8 (926) 012-25-30; e-mail: Boss2569@yandex.ru.

Namsa B. Orlov – PhD (Eng), CEO of Open Joint Stock Company «Republican Navigation – Information Centre» (JSC RNITS) RF; phone: 8 (909) 398-45-91.

Received on July 7, 2015

УДК 629.331

И.Н. КРАВЧЕНКО, П.Г. ЛАРИН, В.М. КОРНЕЕВ

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Э.А. ЗИЯДИНОВ

3 Центральный научно-исследовательский институт МО РФ

МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДА МОТОРЕСУРСА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАВНОМЕРНОСТИ ВЫХОДА В РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Планирование эксплуатации машин осуществляется без учета многих факторов, влияющих на процессы выхода их из строя и восстановления техники, а зачастую носит формальный характер. Эксплуатация техники без учета индивидуального технического состояния приводит к нерациональному расходу моторесурса, одновременному выходу в ремонт большого количества машин, что, несомненно, негативно

но сказывается на их технической готовности. Кроме того, применяемые в настоящее время подходы к управлению параметром интенсивности техники не обеспечивают должного уровня технической готовности машинотракторного парка. Поэтому разработка методики управления техническим состоянием с учетом параметра интенсивности использования техники позволит устранить недостатки существующих методов. В статье приведены результаты исследований по обоснованию системы оптимального управления расходом моторесурса техники, позволяющей определять множество возможных управленческих решений в сложившихся условиях. На основе предложенной концептуальной модели процесса управления расходом моторесурса машин разработана методика, позволяющая обеспечить равномерность их выхода в ремонт, максимальную загрузку ремонтного фонда, а также высокий уровень коэффициента технической готовности машинотракторного парка. Использование предложенной методики планирования позволяет за наименьшее количество периодов эксплуатации обеспечить максимальное приближение фактического распределения к линейной зависимости запаса моторесурса от порядкового номера машин, а следовательно, и их равномерность выхода в ремонт. Кроме того, различные формы уравнения линии для использования в качестве формирующей функции дают возможность варьировать интенсивность эксплуатации одних машин за счет других.

Ключевые слова: автомобильная и сельскохозяйственная техника; запас моторесурса, параметр интенсивности эксплуатации, коэффициент технической готовности машинотракторного парка, планирование эксплуатации, система ТО и ремонта.

Реальное количество машин одного типа, принадлежащих одной группе эксплуатации, для которых возможно перераспределение моторесурса, может составлять от одного до нескольких десятков. При этом актуальность равномерности выхода в ремонт появляется уже при наличии хотя бы двух единиц техники. Разброс запаса моторесурса до ремонта для этих машин может быть различным [1, 2, 3]. На рисунке 1 представлены различные зависимости для групп из 5 машин, расположенные по оси i таким образом, что с возрастанием порядкового номера машины возрастает моторесурс до ремонта M_r .

Величина максимально возможного моторесурса до ремонта непостоянна для всей группы машин и зависит от вида очередного ремонта, а также от нормы наработки до ремонта для конкретной i -й машины.

На рисунке 1а представлена первая группа машин, которые на начало планируемого периода являются новыми или введены в эксплуатацию пос-

ле очередного ремонта. Очевидно, что при равномерном распределении выделяемых моторесурсов через некоторое время после начала эксплуатации (несколько периодов) запас моторесурса до ремонта снизится, и они опустятся на линию 2 по запасу моторесурса, т.е. впоследствии все одновременно будут нуждаться в ремонте. Это повлечет за собой резкое снижение коэффициента технической готовности до недопустимого уровня. Поэтому в данном случае речь о равномерности выхода техники в ремонт не идет.

На рисунке 1б представлена более реальная ситуация. В случае 1 преобладает техника с большим запасом до ремонта, а в случае 2 – значительная часть техники в ближайшей перспективе потребует ремонта.

Идеальное распределение моторесурса до планового ремонта машин представлено на рисунке 1в, при этом последняя i -я машина имеет максимально возможный запас моторесурса до ремонта, причем зависимость этого запаса от порядкового номера

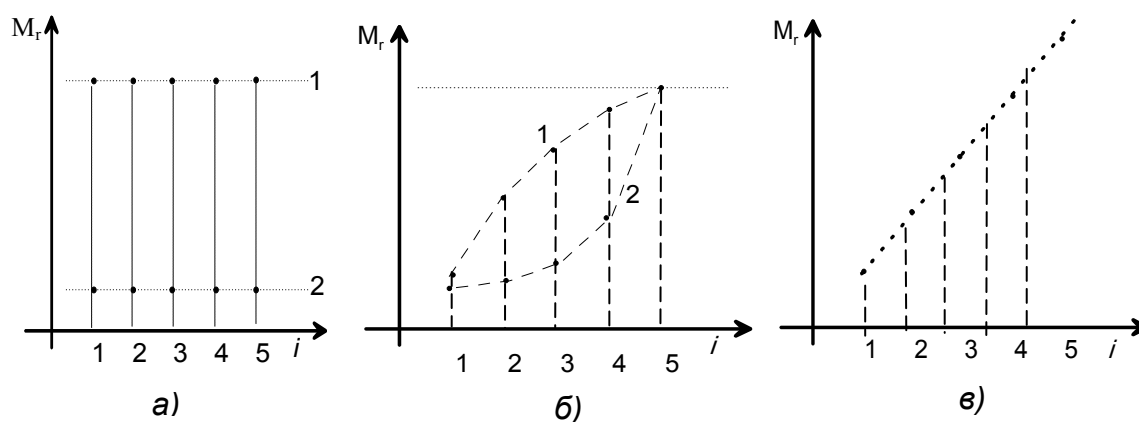


Рис. 1. Зависимости расхода моторесурсов в группе машин

машины будет линейной. Только в этом случае величина ступеньки $M_{r_{i-1}} - M_{r_i}$ между i и $i-1$ машиной является максимальной, равномерной величиной, что допускает равномерное распределение моторесурса между машинами группы.

Таким образом, при годовом планировании эксплуатации автомобильной и сельскохозяйственной техники должна быть решена задача приближения моторесурса до ремонта группы машин к семейству идеальных параллельных прямых a (рис. 2).

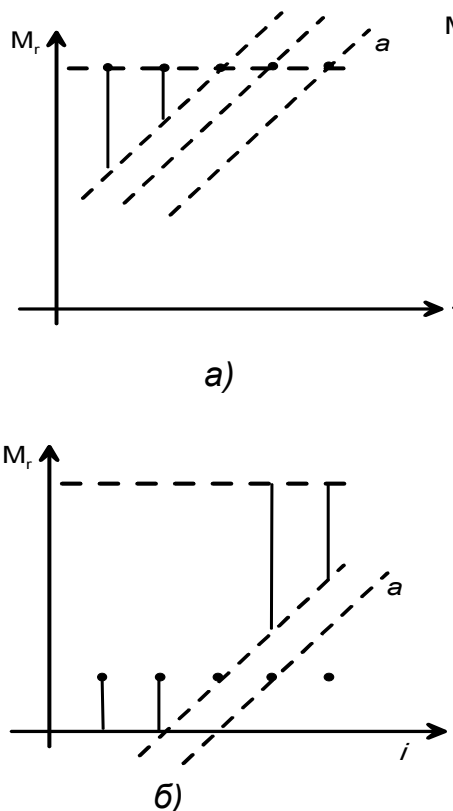


Рис. 2. Зависимости расхода моторесурсов в группе машин

Особый интерес представляет распределение моторесурса, представленное на рисунке 3. В этом случае, несмотря на схожесть зависимости, к интенсивной эксплуатации планируются совершенно разные машины. В первой группе нагружены машины с номерами 2, 3, 4, а 1 и 5 моторесурса на эксплуатацию почти не имеют. Во второй группе интенсивно нагружены первая и пятая машины, причем машины 2, 3, 4 моторесурса практически не имеют [4].

Можно предположить, что при таком подходе к планированию через 2-3 периода эксплуатации распределение машин по моторесурсу до ремонта будет стремиться к идеальному, причем с математической точки зрения рассматриваются дискретные величины. Следовательно, сопоставление площа-

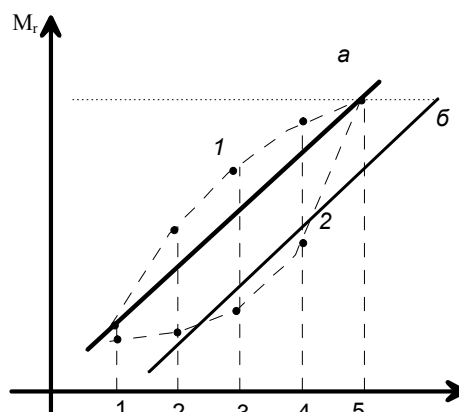


Рис. 3. Зависимости расхода моторесурсов в группе машин

ди, ограниченной кривой 1 и идеальной прямой a с выделенным моторесурсом данной группы машин, носит условный характер.

При большом значении выделенного моторесурса прямая a опускается вниз, нагружая 1 и 5 машины моторесурсом (прямая b опускается вниз, нагружая 2, 3, 4 машины моторесурсом) (рис. 3).

Для выравнивания машин вдоль идеальных прямых a и b требуется, как правило, более одного периода планирования. Причина заключается в том, что существует ограничение на перераспределение моторесурса между машинами, а также ограничения норм годового расхода моторесурсов. Кроме того, выделяемый моторесурс может принимать значение меньше, чем по указанным нормам [5, 6].

Практическим методом нахождения уравнения регрессионной прямой может служить метод наименьших квадратов.

Уравнение регрессии:

$$y = b_{02} + a_{02}x, \tag{1}$$

где y – зависимость расхода моторесурса от порядкового номера машины; b, a – коэффициенты уравнения регрессии.

Коэффициенты уравнения регрессии b и a целесообразно найти методом наименьших квадратов по следующим формулам:

$$b_{02} = \bar{y}_b - a_{02}\bar{x}_b;$$

$$a_{02} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_b)y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_b)^2}, \tag{2}$$

где $y(x)$ – зависимость расхода моторесурса от порядкового номера машины; x_i – порядковый номер машины, т.е. $x_1 = 1; x_2 = 2; x_n = n; y_i$ – моторесурс до

ремонта i -й машины; \bar{y}_b – среднее значение запаса моторесурса до ремонта:

$$\bar{y}_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (3)$$

\bar{x}_b – среднее значение количества машин в подгруппе:

$$\bar{x}_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (4)$$

Использование предложенной методики при планировании эксплуатации и ремонта техники позволит улучшить равномерность выхода машин в ремонт, тем самым сделать загрузку ремонтного фонда более равномерной (устранив пиковые значения), а главное – обеспечить на высоком уровне коэффициент технической готовности [7, 8].

Применение методики позволяет за наименьшее количество периодов эксплуатации обеспечить максимальное приближение фактического распределения к линейной зависимости запаса моторесурса от порядкового номера машин, а следовательно, и их равномерность выхода в ремонт. Кроме того, различные формы уравнения линии для использования в качестве формирующей функции дают возможность варьировать интенсивность эксплуатации одних машин за счет других [9]. При этом реализация предложенной методики имеет следующие особенности:

- линия регрессии зависит от нормативного межремонтного пробега и количества машин в подгруппе, что влечет за собой отсутствие универсальности и единой координатной сетки;

- ограниченные возможности по управлению интенсивностью эксплуатации машин в планируемом периоде;

- методика реализует единственную и основную цель – обеспечение равномерности выхода машин в ремонт.

Таким образом, существующие в настоящее время методы распределения моторесурса техники не являются универсальными при планировании эксплуатации всех подгрупп машин, имеющих на укомплектовании.

Выводы

1. Анализ современного состояния условий эксплуатации автомобильной и сельскохозяйственной техники, научно-методического аппарата управления их технического состояния показывает, что эволюционный путь развития системы эксплуатации практически исчерпан и требует качественного изменения. В результате возникает ряд противоречий, первое из которых характеризует проблему, заключающуюся в модернизации существующих систем ТО и ремонта на основе современных достижений в области электронных и информационных технологий. Остальные существующие противоречия обуславливают проблему, заключающуюся в раз-

работке научно-методических основ совершенствования системы технического диагностирования машин, математического обеспечения, а также методик и методов управления техническим состоянием на основе параметра интенсивности их использования.

2. Разработанная модель процесса управления расходом параметра интенсивности использования техники позволяет определять множество возможных управленческих решений в сложившихся условиях. При этом получена область допустимых значений оптимального параметра интенсивности эксплуатации машин и оборудования с учетом их конструктивных особенностей и технического состояния.

Библиографический список

1. Ларин П.Г., Кравченко И.Н., Ерофеев М.Н. Методика определения оптимальных сроков службы машин с применением автоматизированной системы управления // Электронный научный журнал: Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: www.science-education.ru/115-12049.

2. Кравченко И.Н. Инженерные методы обеспечения долговечности и надежности машин и технологического оборудования в промышленности: Монография / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, М.Н. Ерофеев и др. М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2011. 424 с.

3. Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Ерофеев М.Н. Надежность машин и рабочего оборудования при эксплуатации и ремонте: Монография. Германия: Издательский дом «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2011. 476 с.

4. Амелин С.В. Математические методы в теории управления и исследования операций: Учебное пособие. Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. 128 с.

5. Кравченко И.Н., Гайдар С.М., Ларин П.Г. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 262–266.

6. Максименко А.Н. Повышение этапа эксплуатации жизненного цикла гидрофицированных машин / А.Н. Максименко, В.В. Кутузов, Д.В. Бездников, А.Н. Федосов, В.В. Сентюров // Строительная наука и техника. 2011. № 4. С. 42–45.

7. Ким Б.Г. К развитию теории и практики систем обеспечения исправности и работоспособности парков машин // Механизация строительства. 2012. № 9. С. 7–11.

8. Кравченко И.Н. Организация технического сервиса парков специализированных машин: Монография / И.Н. Кравченко, Р.Р. Шайбаков, П.Г. Ларин и др. М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2013. 208 с.

9. Кутузов В.В. Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния: Дис. ... канд. техн. наук. М.: МАДИ, 2012. 255 с.

Кравченко Игорь Николаевич – д.т.н., профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (985) 994-02-20; e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru.

Ларин Павел Григорьевич – аспирант научно-исследовательского отдела Военно-технического университета; 143911, г. Балашиха, ул. Карбышева, 8а; тел.: 8-926-941-55-36; e-mail: larin.p2014@yandex.ru.

Корнеев Виктор Михайлович – к.т.н., доцент, зав. кафедрой технического сервиса машин и оборудования РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8-916-610-75-81; e-mail: tsmio@rambler.ru.

Зиятдинов Эдуард Андреевич – инженер, 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации; 129329, г. Москва, ул. Енисейская, д. 7; тел.: 8-916-455-18-57; e-mail: strelec-ed@mail.ru.

Статья поступила 13.11.2015

SERVICE LIFE PLANNING METHODOLOGY WITH ENSURING UNIFORM REPAIR OF AUTOMOBILES AND FARM MACHINERY

I.N. KRAVCHENKO, P.G. LARIN, V.M. KORNEYEV

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

E.A. ZIYATDINOV

The 3rd Central Research Institute of the Russian Defence Ministry

Machinery utilization is usually formally planned without taking into account many factors that affect its effective performance and restoring as well as cause failures. The machinery utilization without taking into account individual technical conditions leads to wastage service life, with simultaneous repair of a large number of machines, which will undoubtedly have a negative impact on their technical condition. In addition, the currently used approaches to the machinery utilization intensity parameter do not provide an adequate level of the technical readiness of the automobile and tractor stock. Therefore, the development of utilization practices with account of machinery technical condition will eliminate the shortcomings of the existing methods. The paper features the results of studies on choosing optimal machinery service life allowing to feasibility determine a set of possible operation decisions under the given circumstances. Basing on the proposed conceptual model of controlling the machinery service life, the authors have developed a method that provides for uniform repair; maximum workload of repair facilities, as well as maintaining a high level of technical readiness coefficient of the automobile and tractor stock. Using the proposed planning method allows minimizing the periods of operation to ensure maximum approximation of the actual distribution to the linear dependence of the stock service life on the machine serial number; and hence the repair uniformity. In addition, various forms of line equation can be used as a forming function to provide for varying the utilization intensity of some machines by means of the others.

Key words: automobiles and farm machinery; stock service life; machinery utilization intensity parameter; technical readiness coefficient of the automobile and tractor stock; utilization planning, maintenance and repair system.

References

1. Larin P.G., Kravchenko I.N., Yerofeyev M.N. Metodika opredeleniya optimal'nykh srokov sluzhby mashin s primeneniem avtomatizirovannoy sistemy upravleniya (Methods of determining the machinery optimum service life with an automated control system) // Electronic Scientific Journal: Modern Problems of Science and Education. 2014. № 1. URL: www.science-education.ru/115-12049.
2. Kravchenko I.N. Inzhenernye metody obeshcheniya dolgovechnosti i nadezhnosti mashin i tekhnologicheskogo oborudovaniya v promyshlennosti: Monografiya (Engineering methods to ensure the durability and reliability of machinery and technological equipment employed in industry: Monograph) /

I.N. Kravchenko, A.F. Puzryakov, M.N. Yerofeyev and others. M.: Publishing House of the «Eco-Press», 2011. 424 p.

3. Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Yerofeyev M.N. Nadezhnost' mashin i rabocheho oborudovaniya pri ekspluatatsii i remonte: Monografiya (Reliability of machinery and work equipment in maintenance and repair: Monograph). Germany: Publishing House «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2011. 476 p.

4. Amelin S.V. Matematicheskie metody v teorii upravleniya i issledovaniya operatsiy: Uchebnoe posobie. (Mathematical methods in management theory and operation research: Study manual). Voronezh: SEE HPE «Voronezh State Technical University», 2008. 128 p.

5. Kravchenko I.N., Gaidar S.M., Larin P.G. Obosnovanie faktorov, okazyvayushchikh vliyaniye na nadezhnost' spetsial'noy tekhniki v osobykh usloviyakh ekspluatatsii (Determining the factors affecting the reliability of special equipment in special operating conditions) // Fundamental Research. 2014. № 3 (part 2). Pp. 262–266.

6. Maksimenko A.N. Povysheniye etapa ekspluatatsii zhiznennogo tsikla gidrofitsirovannykh mashin (Increasing the operational phase of the life cycle of

hydraulically equipped machines) / A.N. Maksimenko, V.V. Kutuzov, D.V. Bezdnikov, A.N. Fedosov, V.V. Sentyurov // Construction Science and Technology. 2011. № 4. P. 42–45.

7. Kim B.G. K razvitiyu teorii i praktiki sistem obespecheniya ispravnosti i rabotosposobnosti parkov mashin (On the development of theory and practice of ensuring efficient vehicle stock operability and serviceability) // Construction Mechanization. 2012. № 9. P. 7–11.

8. Kravchenko I.N. Organizatsiya tekhnicheskogo servisa parkov spetsializirovannykh mashin: Monografiya (Technical service organization of specialized vehicle stock: Monograph) / I.N. Kravchenko, R.R. Shaybakov, P.G. Larin et al. M.: Publishing House «Eco-Press», 2013. 208 p.

9. Kutuzov V.V. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii stroitel'nykh i dorozhnykh mashin s uchetom izmeneniya ikh tekhnicheskogo sostoyaniya (Improving the efficiency of road machines operation of construction, with account of their technical condition modification): Dis. ...PhD (Eng). M.: MADI, 2012. 255 p.

Igor N. Kravchenko – PhD (Eng) – Higher Doctorate, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49; phone: 8 (985) 994-02-20; e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru.

Pavel G. Larin – postgraduate student, Military-Technical University, Balashikha, Karbysheva ul., 8a; phone: 8-926-941-55-36; e-mail: larin.p2014@yandex.ru.

Victor M. Korneyev – PhD (Eng), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49; phone: 8-916-610-75-81; e-mail: tsmio@rambler.ru.

Eduard A. Ziyatdinov – engineer, The 3rd Central Research Institute of the Russian Defence Ministry, Moscow, Yeniseyskaya ul, 7; phone: 8 (916) 455-18-57; e-mail: strelec-ed@mail.ru.

Received on November 13, 2015