

Критерий эффективности при продлении срока эксплуатации ТПС



Александр КРАШЕНИНИН

Alexander S. KRASHENININ

Крашенинин Александр Семенович – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт подвижного состава» Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, Харьков, Украина.

Efficiency Criterion in Life Extension of Traction Rolling Stock

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 134)

Опыт эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) показывает, что в силу экономических и финансовых проблем возникает необходимость научного обоснования эффективности его использования в период времени, превышающий нормативный. Автором проведено исследование по определению критерия эффективности ТПС при ремонте, модернизации или замене. Приведенный на основании теории размерности критерий позволяет найти максимальную для реальных экономических условий эффективность эксплуатации тяговых средств.

Ключевые слова: железная дорога, экономика, финансы, окупаемость затрат, критерий эффективности, тяговый подвижной состав.

В условиях дефицита экономических и промышленных ресурсов актуальной для железных дорог становится необходимость модернизации тягового подвижного состава (ТПС). Ее проведение с учетом ряда факторов, позволяющих продлить срок использования ТПС, обеспечивает экономию значительных средств при проведении ТО и ТР [5].

Понятно, что это пока лишь напоминание о значимости экономической эффективности мероприятий по модернизации, ведь возможны случаи, когда подобные усилия не окупаются или, наоборот, стопорится модернизация, хотя она явно сулит эффект.

На практике при решении вопроса об эффективности модернизации старого ТПС, что продляет срок эксплуатации, должны сопоставляться показатели по трем вариантам: продолжение за счет ремонта и эксплуатации старого ТПС, его модернизация или замена новым.

Иногда обоснование экономической эффективности модернизации сводится к двум вариантам, то есть организации дальнейшего ремонта и эксплуатации ТПС или его модернизации. Это мотивируется отсутствием или нехваткой финансовых

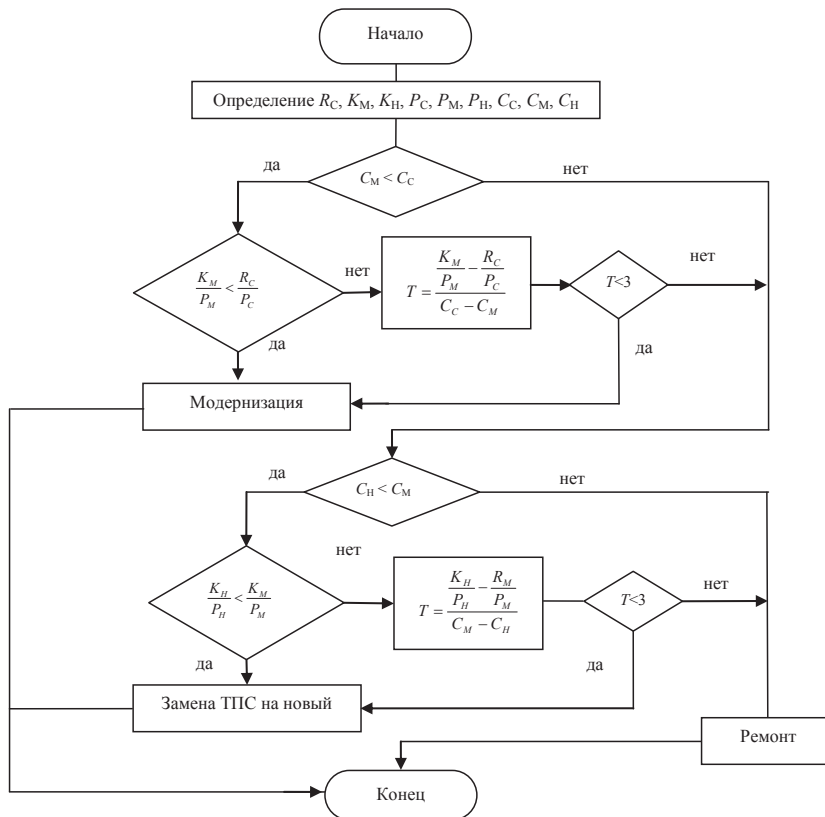


Рис. 1. Структурная схема вариантов продления, модернизации, замены ТПС.

средств на замену отработавшего образца [1, 9-11].

Вместе с тем независимо от этих аргументов сопоставление вариантов модернизации и замены является обязательным условием. В некотором смысле это дает возможность определиться, какие подпорки планировать и что нужно, чтобы провести замену старого оборудования, когда в том есть резон. Аналогично нельзя ограничиваться сопоставлением только расходов на ремонт и замену старого ТПС на новый. Информативными показателями, позволяющими выполнить объективное сравнение вариантов, служит наличие капитальных вложений в соответствующие меры [2, 3].

Во многих случаях имеют место следующие соотношения таких показателей по вариантам:

$$R_C < K_M < K_H; C_H < C_M < C_C; \\ P_C < P_M < P_H, \quad (1)$$

где P_X, K_M, K_H – расходы на ремонт при продлении срока эксплуатации, модернизации, замене старого ТПС на новый;

C_H, C_M, C_C – себестоимость перевозок после проведения текущего ремонта, модернизации, замены старого ТПС на новый, в расчете на год;

P_C, P_M, P_H – производительность ТПС после текущего ремонта, модернизации, замены на новый.

Как видно, для третьей группы показателей необходимо повышение производительности ТПС, и поэтому поиск лучшего варианта следует выполнять не в абсолютных, а в удельных измерениях затрат.

На рис. 1 представлена структурная схема процедуры поиска лучшего варианта при различных соотношениях названных показателей.

Вместе с тем в такой постановке невозможно определить время, когда надо выполнять соответствующие мероприятия по модернизации или замене ТПС [4, 6, 8].

Как следует из рис. 2, динамика изменения характеристик $P(t), C(t)$ достаточно сложная, что требует проведения мониторинга как производительности ТПС, так



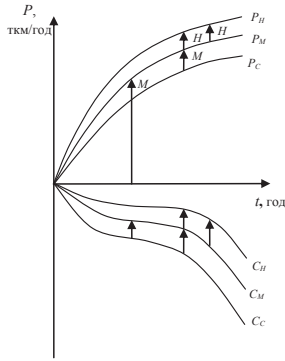


Рис. 2. Динамика изменения продуктивности ТПС и себестоимости перевозок

и себестоимости выполняемой работы за определенное время. Обеспечить это в ходе эксплуатации довольно трудно.

Можно отметить, что требуемая связь между P_M и P_C должна отвечать соотношению $P_M \geq \frac{K_M}{R_N} \cdot P_C$ (рис. 3).

Чтобы избежать неопределенности при поиске оптимальных соотношений между показателями цены, производительности или стоимости, воспользуемся методом размерностей.

Поиск критерия оценки проведения модернизации или замены старого ТПС на новый осуществим с помощью метода размерности в виде $K=f(P, R(K_M, K_C), C) \rightarrow \max$ (2)

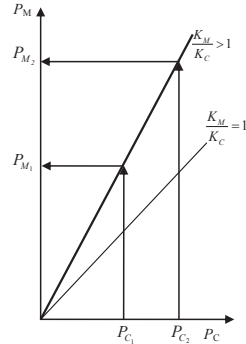


Рис. 3. Зависимость $P_M = f(P_C)$.

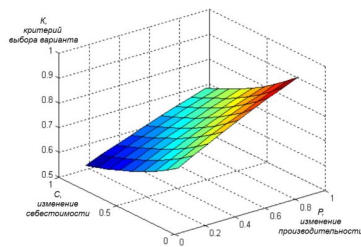
Представим размерность этого критерия с учетом смысла обеспечения эффективности перевозок как отношение производительности к показателям цены и себестоимости:

$$[K] = \left[\frac{ткм}{грн. \cdot \frac{грн}{ткм}} \right] = \left[\frac{(ткм)^2}{(грн)^2} \right]. \quad (3)$$

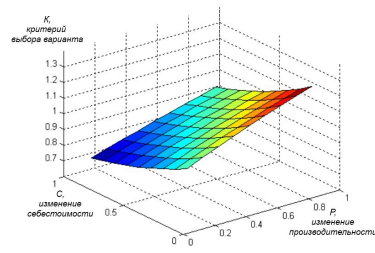
Отсюда получаем общий вид критерия как корня квадратного из квадрата размерности в окончательном виде:

$$K = \sqrt{\frac{P}{R \cdot C}}. \quad (4)$$

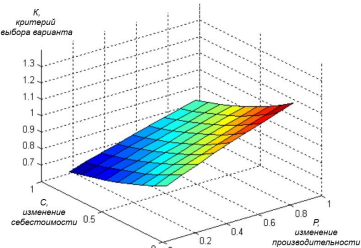
При определении усилий на проведение модернизации или замены старого ТПС на новый представим этот критерий в виде, удобном для моделирования:



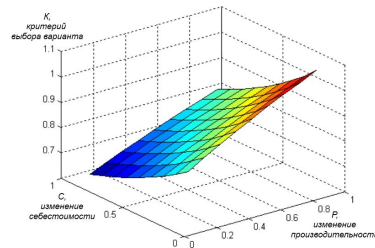
а) $\Delta K=0,1$



б) $\Delta K=0,3$



в) $\Delta K=0,5$



г) $\Delta K=0,9$

Рис. 4. Определение критерия K в зависимости от динамики ΔP и ΔC : а) $\Delta K=0,1$; б) $\Delta K=0,3$; в) $\Delta K=0,5$; г) $\Delta K=0,9$.

$$K_M = \sqrt{\frac{(P_C + \Delta P_M)}{(R_C + \Delta K_M)(C_C - \Delta C_M)}}; \quad (5)$$

$$K_H = \sqrt{\frac{(P_C + \Delta P_H)}{(R_C + \Delta K_H)(C_C - \Delta C_H)}}. \quad (6)$$

Для упрощения моделирования обозначим начальные значения производительности, затрат на ремонт и себестоимости перевозок как $P_C=1$, $R_C=1$, $C_C=1$, а соответствующие параметры их изменения определим в диапазоне $\Delta P=0, 1-0,9$; $\Delta K=0, 1-0,9$; $\Delta C=0, 1-0,9$. С помощью программы MathLab для каждого значения ΔK полученные графические зависимости, которые частично представлены на рис. 4.

На основе приведенных графических зависимостей можно констатировать, что проведение ремонта ($\Delta K=0,1$), модернизации ($\Delta K=0,3$) или замены ($\Delta K=0,5$) позволит практически во всем диапазоне повысить эффективность использования локомотивов. При $\Delta K=0,5$ наблюдается незначительное снижение эффективности относительно варианта $\Delta K=0,3$. Вместе с тем понятно, что модернизация по сравнению с заменой локомотивов способна достичь заметного повышения производительности с одновременным уничтожением удельных расходов. Справедливо считать, что вариант $\Delta K=0,9$ воспроизводит ситуацию замены локомотива, при котором цена нового примерно в 1,9 раз больше, чем суммарные мероприятия на проведение углубленного ремонта или модернизации локомотива. В зависимости от ожидаемых параметров динамики и по приведенным зависимостям можно принять решение о мерах по содержанию локомотивов [5, 7, 10].

ВЫВОДЫ

1. Сложность формирования базы данных по изменению параметров эффективности использования ТПС требует поиска альтернативных путей для решения задачи продления срока эксплуатации ТПС, его модернизации или замены на новый.

2. Предварительные расчеты с учетом срока окупаемости мероприятий по модернизации или замене ТПС следует выполнять с помощью алгоритма, учитывающего соотношение параметров, реализующих эффективность использования ТПС.

3. Формализованный процесс поиска срока проведения мероприятий по модернизации или замене ТПС определяется достижением максимума K при соответствующих вложениях ΔK в ремонт, модернизацию или замену тягового подвижного состава в диапазоне изменения производительности ΔP и себестоимости перевозок ΔC .

Задаваясь относительной величиной ΔK , по данным статистики можно определить для различных соотношений ΔP , ΔC зону достижения максимальной эффективности эксплуатации ТПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин В. Г., Парамзин В. П., Четверов В. А. Надежность тягового подвижного состава: Учеб. пособие. – М.: Транспорт, 1981. – 184 с.
2. Колегаев Р. Н. Определение оптимальной долговечности технических систем. – М.: Советское радио, 1967. – 113 с.
3. Консон А. С. Экономика ремонта машин. – М. – Л.: Машгиз, 1960. – 235 с.
4. Козлов Б. А., Ушаков И. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: «Советское радио», 1975. – 472 с.
5. Крашенінін О. С., Харламов П. О. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку // Вісник Східноукраїнського університету ім. Володимира Даля. – 2012. – № 3(174). – С. 109-113.
6. Михлин В. М. Прогнозирование технического состояния машин. – М.: Колос, 1976. – С. 287.
7. Северцев Н. А. Надежность сложных систем в эксплуатации и обработке: Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1989. – 432 с.
8. Сухарев Э. А. Теория эксплуатационной надежности машин: Лекционный курс. – Рівне: Видавництво УДАВГ, 1997. – 162 с.
9. Тартаковский Э. Д., Грищенко С. Г., Калабухин Ю. Е., Фалендыш А. П. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: Монография. – Луганск: Ноулидж, 2011. – 174 с.
10. Янушкевич І. П., Крашенінін О. С. Методика визначення потенційних відмов в елементах несучих конструкцій локомотивів // 36. наук. праць УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 128. – С. 233-237.
11. Cantos, P. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / Pedro Cantos, Jos M. Pastor, Lorenzo Serrano // J. of Transport and Statistics. – 2000. – Vol. 3, № 3. – pp. 61-68. ●

Координаты автора: Крашенінін А. С. – info@kart.edu.ua.

Статья поступила в редакцию 11.12.2014, принята к публикации 02.03.2015.



ABSTRACT

Operating experience of traction rolling stock shows that due to economic and financial problems it is necessary to study the effectiveness of its use in the period, exceeding the standard. The author

conducted a research to determine the effectiveness criterion of TRS regarding repair, modernization or replacement. Criterion, based on the dimension theory, enables us to find maximum operation efficiency of traction means in real economic conditions.

Keywords: railway, economics, finance, cost recovery, efficiency criterion, traction rolling stock.

Background. Given the lack of economic and industrial resources the need for modernization of traction rolling stock (hereinafter referred to as TRS) becomes relevant to railways. Its implementation, taking into account a number of factors, allowing extending the service life of TRS provides significant savings during maintenance and repair [5].

Clearly, this is a reminder of the importance of the cost-effectiveness of measures to modernize, because cases may arise where such efforts do not pay off, or vice versa, modernization stops, although it clearly promises an effect.

In practice, when deciding on the effectiveness of the modernization of the old TRS, which extends its service life, indicators of three options must be compared: extension of service life due to repair and operation of old TRS, its modernization or replacement with a new one.

Sometimes the rationale of economic efficiency of modernization boils down to two options, i.e. organization of future repair and operation of TRS or its modernization. It is motivated by a lack of funds to replace the exhaust sample [1, 9-11].

However, regardless of these arguments comparison of modernization and replacement is a prerequisite. In a sense, this makes it possible to determine which bearers should be planned and what is necessary to hold the replacement of old equipment, when in fact there is a reason for it. Similarly, a comparison cannot be limited only to the cost of repair and replacement of the old TRS with the new one. Informative indicators to perform an objective comparison of the options are availability of capital investments in appropriate measures [2, 3].

Objective. The objective of the author is to find an efficiency criterion in life extension of traction rolling stock.

Methods. The author uses general scientific methods, mathematical methods, simulation, dimension theory.

Results. In many cases, we have the following relation of these indicators on the options:

$$R_c < K_M < K_H; C_H < C_M < C_C; P_C < P_M < P_H, \quad (1)$$

where P_x, K_M, K_H are costs of repair in extension of life, modernization, replacement of old TRS with the new one;

C_H, C_M, C_C are cost of transportation after repair, modernization, replacement of old TRS with the new one, on an annual basis;

P_C, P_M, P_H are performance of TRS after repair, modernization, replacement with the new one.

As can be seen, for the third group of indicators it is necessary to increase productivity of TRS, so the search for the best option should be conducted not in absolute, but in specific dimensions of costs.

Pic. 1 shows a block diagram of a procedure of finding the best embodiment with different ratios of these indicators.

At the same time in this formulation it is impossible to determine time when it is necessary to take relevant measures to upgrade or replace TRS [4, 6, 8].

As follows from Pic. 2, the dynamics of changes in the characteristics $P(t), C(t)$ is quite complicated, which requires the monitoring of performance of TRS, and the cost of the work over time. It is quite difficult to ensure this during operation.

It may be noted that the required relationship

$$\text{between } P_M \text{ and } P_C \text{ must meet the ratio } P_M \geq \frac{K_M}{R_N} \cdot P_C$$

(Pic. 3).

In order to avoid uncertainty in the search for optimal ratio between price, performance or cost we use the method of dimensions.

The search for criterion for assessing the modernization or replacement of the old TRS with the new is accomplished by a method of dimension in a form

$$K=f(P, R(K_M, K_C), C) \rightarrow \max (2)$$

Let's represent the dimension of this criterion, taking into account the meaning of ensuring the efficiency of transportation as the ratio of performance to price and cost parameters (hryvnia – UAH)::

$$[K] = \left[\frac{tkm}{hryvnia} \cdot \frac{hryvnia}{tkm} \right] = \left[\frac{(tkm)^2}{(hryvnia)^2} \right]. \quad (3)$$

Hence we get a general view of the criterion as a square root of the square of the dimension in the final form:

$$K = \sqrt{\frac{P}{R \cdot C}}. \quad (4)$$

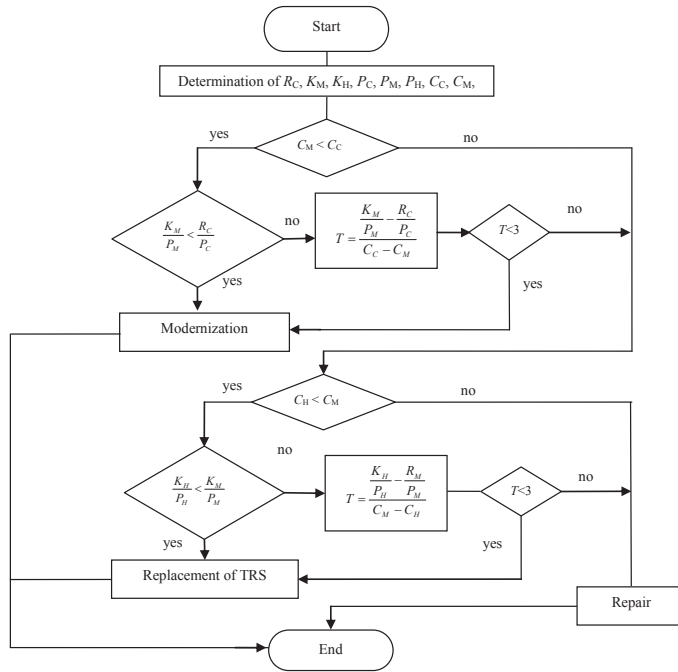
In determining the effort to modernize or replace old TRS with a new one we will present this criterion in a form suitable for simulation:

$$K_M = \sqrt{\frac{(P_C + \Delta P_M)}{(R_C + \Delta K_M)(C_C - \Delta C_M)}}; \quad (5)$$

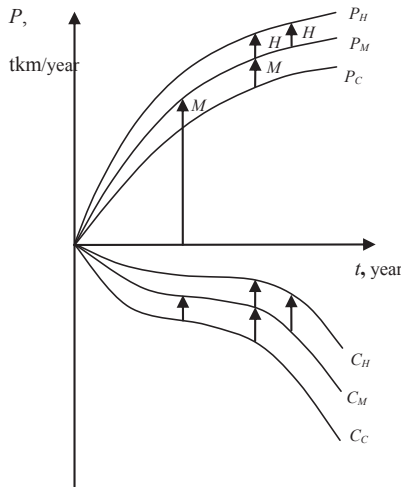
$$K_H = \sqrt{\frac{(P_C + \Delta P_H)}{(R_C + \Delta K_H)(C_C - \Delta C_H)}}. \quad (6)$$

To simplify the simulation we denote initial values of performance, repair costs, and the cost of transportation like, $P_C=1, R_C=1, C_C=1$ and define corresponding parameters of their changes in the range $\Delta P=0, 1-0,9; \Delta K=0, 1-0,9; \Delta C=0, 1-0,9$. With the program MathLab values obtained for each value of ΔK graphic dependences are partially shown in Pic. 4.

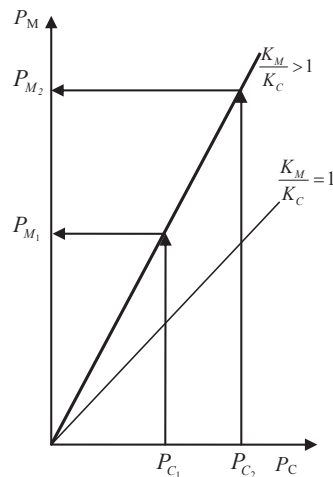
On the basis of graphic dependences it can be stated that repairs ($\Delta K=0, 1$), modernization ($\Delta K=0,3$) or replacement ($\Delta K=0,5$) allows virtually in the entire range to increase the efficiency of locomotives' use. At $\Delta K=0,5$ there is a slight decrease in efficiency relative to the option $\Delta K=0,3$. However, it is clear that the modernization as compared with replacement of lo-



Pic. 1. Block diagram of options of life extension, modernization, replacement of TRS.



Pic. 2. The dynamics of changes in TRS productivity and cost of transportation.



Pic. 3. Dependence $P_M = f(P_C)$.

comotives can achieve a significant increase in performance with simultaneous destruction of unit costs. It is clear to consider that the option d) $\Delta K = 0,9$ reproduces the situation of locomotive's replacement, in which the price of a new one is about 1,9 times more than the total measures for in-depth repair and modernization of the locomotive. Depending on expected parameters of the dynamics and according to given dependencies it is possible to decide on measures to maintenance of locomotives [5, 7, 10].

Conclusions.

1. The complexity of developing a database to modify the parameters of effective use of TRS requires a search for alternative ways to solve the problem of

extending the life of TRS, its modernization or replacement with a new one.

2. Preliminary calculations with account for the payback period of measures to modernize or replace TRS should be performed using an algorithm that takes into account the ratio of parameters, realizing efficient use of TRS.

3. A formal process of searching for the term of the measures to modernize or replace TRS are determined by the achievement of maximum of K with corresponding investments ΔK in repair, modernization or replacement of traction rolling stock in the range of changes of performance ΔP and cost of transportation ΔC .



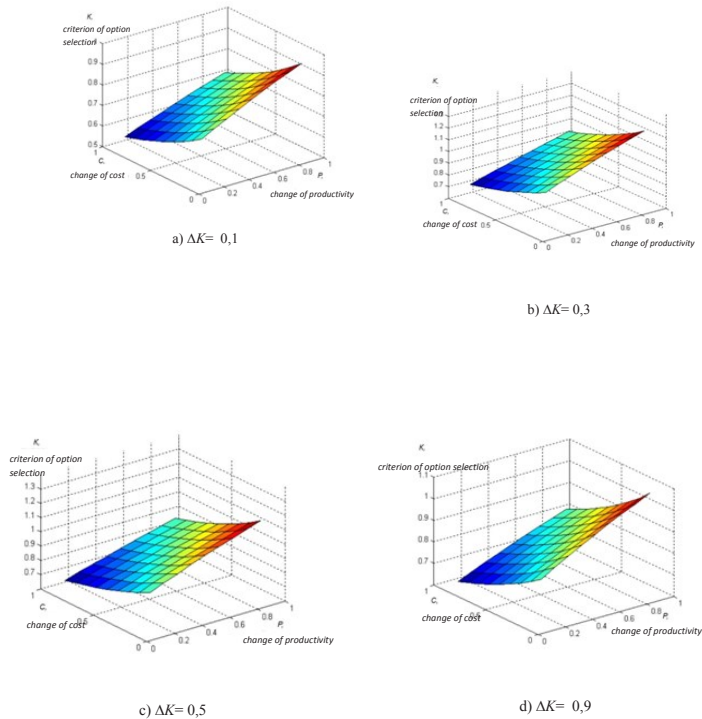


Fig. 4. Determination of criterion K , depending on the dynamics of ΔP and ΔC : a) $\Delta K=0,1$; b) $\Delta K=0,3$; c) $\Delta K=0,5$; d) $\Delta K=0,9$.

Assuming the relative value ΔK , according to statistics it is possible to define for different ratios of ΔP , ΔC the area to maximize the operational efficiency of TRS.

REFERENCES

1. Galkin, V.G., Paramzin, V.P., Chetverov, V.A. Reliability of traction rolling stock: a tutorial [*Nadezhnost' tjavogovo podvizhnogo sostava: uchebnoe posobie*]. Moscow, Transport publ., 1981, 184 p.
2. Kolegaev, R. N. Determining the optimal durability of technical systems [*Opredelenie optimal'noj dolgovechnosti tehniceskikh sistem*]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1967, 113 p.
3. Konson, A. S. Economics of machines' repair [*Ekonomika remonta mashin*]. Moscow-Leningrad, Mashgiz publ., 1960, 235 p.
4. Kozlov, B.A., Ushakov, I. A. Manual for calculation of reliability of electronics and automation equipment [*Spravochnik po raschetu nadezhnosti apparatury radioelektroniki i avtomatiki*]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1975, 472 p.
5. Krashenin, A.S., Kharlamov, P.O. Assessment of the efficiency of the system of prolongation of the lifecycle of TRS over period fixed by regulations and renewal of operation fleet [*Ocinka effektivnosti sistemi podovzhennja terminu sluzhbi TRS bil'sh normativnogo i onovlennja*

ekspluatacijnogo parku]. *Visnik Shidnoukrajns'kogo universitetu im. Volodimira Dalja*, 2012, Iss. 3 (174), pp. 109-113.

6. Mikhlina, V.M. Prediction of technical condition of machines [*Prognozirovanie tehniceskogo sostojanija mashin*]. Moscow, Kolos publ., 1976, 287 p.

7. Severtsev, N.A. Reliability of complex systems in operation and testing: a tutorial [*Nadezhnost' slozhnyh sistem v ekspluatácii i otrabotke: Ucheb. posobie*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 1989, 432 p.

8. Sukharev, E.A.. The theory of operational reliability of machines: a lecture course [*Teorija ekspluatacionnoj nadezhnosti mashin: Lekcionnyj kurs*]. Rivne, Vidavnictvo UDAVG, 1997, 162 p.

9. Tartakovsky, E.D., Grishchenko, S.G., Kalabukhin, Yu.E., Falendysh, A. P. Methods for assessing the life cycle of traction rolling stock of railways: Monograph [*Metody ocenki zhiznennogo cikla tjavogovo podvizhnogo sostava zheleznyh dorog: Monografija*]. Lugansk, Noilidzh publ., 2011, 174 p.

10. Yakunshевич, I.P., Krashenin, A. S. Metodika viznachennja potencijnih vidmov v elementah nesuchih konstrukcij lokomotiviv. Collection of scientific works [*Zb. nauk. prac'*], UkrDAZT, 2012, Iss. 128, pp. 233-237.

11. Cantos, Pedro, Pastor, Jos M., Serrano, Lorenzo. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European. *Journal of Transport and Statistics*, 2000, Vol. 3, Iss. 3, pp. 61-68. ●

Information about the author:

Krashenin, Alexander S. – D. Sc.(Eng.), professor at the department of Operation and repair of rolling stock of Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, Ukraine, info@kart.edu.ua.

Article received 11.12.2014, accepted 02.03.2015.

T

ТРАНЗИТ 138

Экономический пояс Шелкового пути.



ЕАЭС 146

В Казахстане оценивают потенциал.

АВТОПАРК 156

IT-решения для управления перевозками.

КОНФЛИКТНЫЕ ТОЧКИ 172

Пешеходы и транспорт: интенсивность движения.

КОНТЕЙНЕРИЗАЦИЯ 184

Пригодность продукции к транспортировке.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ • ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

TRANSIT 138

Economic belt of Silk road

EURASIAN ECONOMIC UNION 146

Kazakhstan assesses capacity.

MOTOR FLEET 156

IT-solutions for freightage control.

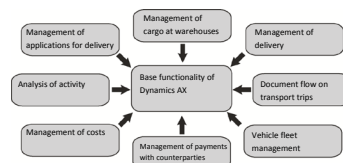


Fig. 5. The composition of solution IT-Box Freight Transportation, Logis

CONFLICT POINTS 172

Pedestrians and vehicles: traffic intensity factors.

CONTAINERIZATION 184

Goods' readiness for transportation.

