

Е. В. БУГАЕВА (УО «Белорусский государственный университет транспорта», Беларусь)

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ (КАЧЕСТВА) ИЗДЕЛИЯ С ПОЗИЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Розроблено методику двоетапного розв'язання задачі обґрунтування економічно доцільного рівня якості (надійності) технічних засобів транспорту за критерієм мінімізації витрат за період життєвого циклу виробу. На першому етапі із застосуванням математичного апарату знаходять величину витрат на розробку і виготовлення виробу, яка відповідає економічному оптимуму. На другому етапі визначають технічні параметри виробу, що відповідають цьому знайденому оптимальному значенню витрат, і враховується творчий характер удосконалення конструкції шляхом розробки і впровадження інновацій.

Ключові слова: підвищення якості виробів, експлуатаційні витрати, витрати на розробку

Разработана методика двухэтапного решения задачи обоснования экономически целесообразного уровня качества (надежности) технических средств транспорта по критерию минимизации затрат за период жизненного цикла изделия. На первом этапе с применением математического аппарата находится величина затрат на разработку и изготовление изделия, соответствующая экономическому оптимуму. На втором этапе определяются технические параметры изделия, соответствующие этому найденному оптимальному значению затрат, и учитывается творческий характер совершенствования конструкции путем разработки и внедрения инноваций.

Ключевые слова: повышение качества изделий, эксплуатационные затраты, затраты на разработку

The technique of two-step solution of the justification for an economically viable level of quality (reliability) of means of transport by the criterion of minimizing costs for the period of the product lifecycle. In the first stage, using the mathematical apparatus is the value of the costs of developing and manufacturing products, the corresponding economic optimum. The second stage determined the technical parameters of products corresponding to this found the optimal value for money and takes into account the creative improvement of the design through development and innovation.

Keywords: improvement of quality of products, operational expenses, expenses for working out

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями

Железнодорожный транспорт является крупным потребителем различных технических средств, а также их производителем. При этом нужны не просто вагоны, локомотивы, путевые машины – нужна техника, обеспечивающая минимизацию затрат на ее приобретение, а затем на ее владение за весь жизненный цикл изделия. Сегодня затраты на владение за весь срок службы техники во многих случаях значительно превышают затраты на ее разработку и изготовление. Поэтому закупка технических средств с ориентацией только на их стоимость ошибочна. Нужен всесторонний учет затрат как в сфере разработки и производства продукции, так и в сфере ее использования по назначению за весь срок службы.

Анализ исследований и публикаций в данной области

Вопросу сокращения затрат на единицу выпускаемой продукции или единицу времени работы технических средств транспорта уделялось много внимания еще в Советском Союзе. Результаты математического решения задачи обоснования оптимальной стоимости вагонов вошли в учебник «Вагонное хозяйство» для вузов МПС, который вышел в свет в 1988 г. (авторы д-р техн. наук, проф. Гридюшко В. И., канд. техн. наук, проф. Бугаев В. П., канд. техн. наук, проф. Криворучко Н. З.) [5]. На эту проблему обращено внимание в учебнике «Вагонное хозяйство» выпуска 2003 г. под редакцией д-ра техн. наук, проф. Устича П. А. [4]. Однако на государственном уровне эта проблема в Советском Союзе не получила поддержки и внимания, а осталась на стадии научных проработок. Разрушительные 90-е годы отодвинули на второй план решение этого вопроса. За прошедшее время развитые страны мира значи-

тельно продвинулись вперед по пути практического решения этих задач и внедрения полученных результатов в национальные и общеевропейские стандарты.

Научные разработки по оптимизации затрат в рамках жизненного цикла железнодорожного подвижного состава выполнены д-ром техн. наук, проф. Павловым Л. Н. [7], канд. техн. наук Подшиваловым А. Б., д-ром техн. наук Осяевым А. Т., канд. эконом. наук Ивановой Н. Г., инж. Семяновой Е. О., канд. эконом. наук Ставроной Е. К. и др.

Современный общеевропейский стандарт Def Stan 00-60, опирающийся на технологию CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support - непрерывная логистическая поддержка поставок и жизненного цикла), предписывает вместо целого ряда разнородных автономных функциональных подсистем создание единой функциональной системы на основе интегрированной логистической базы данных для всего комплекса логистических процессов.

Выделение ранее неисследованной части проблемы

Во всех методических материалах по обеспечению стратегической конкурентоспособности [8], по теории надежности [2, 9] и в литературе по управлению качеством [1, 6] ставится цель минимизации суммарных затрат на разработку, изготовление, а затем на владение изделием за весь жизненный цикл. Имеется множество смысловых рекомендаций как достичь этого, но отсутствует численное решение задачи. Смешиваются возможности математического формализованного решения задачи и творческого инновационного подхода к совершенствованию любого изделия. Велики возможности математического моделирования, но творчество невозможно втиснуть в прокрустово ложе математических выражений. Необходим учет этих принципиальных различий.

В развитых странах мира широко внедрены методы интегрированной логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции. Введен в действие европейский стандарт EN50126 «Объекты железнодорожного транспорта. Требования и подтверждение надежности безотказности, ремонтпригодности и безопасности». Союзом европейской железнодорожной промышленности разработано «Руководство по стоимости жизненного цикла изделия». Все это подтверждает высокую актуальность решения поднятой проблемы.

Цель исследования

Разработать методику и провести численное решение задачи определения величины затрат на разработку и изготовление изделия экономически целесообразного уровня качества (надежности), а также разработать методику обоснования технических параметров изделия, соответствующих экономическому оптимуму.

Основной материал

Оптимальный уровень качества изделия с позиции потребителя – это такой уровень, который обеспечивает потребителю минимум затрат, связанных с приобретением изделия и владением ним за весь жизненный цикл.

Повышение качества (надежности) любой продукции происходит не в силу действия математических зависимостей, описывающих связь каких-либо затрат с показателями качества (надежности), а под воздействием творческого влияния специалистов на конструкцию изделия, его техническое обслуживание и ремонт. Имеющиеся математические зависимости – это всего лишь дескриптивные (описательные) модели, полученные с применением аппарата корреляционного анализа путем обработки большого объема статистического материала. Они используются для описания процесса изменений, но ни в коем случае не задают его.

Еще хуже обстоит дело, когда эта зависимость выводится из гипотетических предположений теории надежности, когда за сложными математическими выкладками вообще теряется даже упоминание о творческом характере совершенствования изделия. Творчество, разработка инноваций – не поддаются строгой математической формализации. Это, в лучшем случае, частично структурированные экономические проблемы. Следовательно, решение таких проблем должно быть разбито на этапы с учетом возможного построения математических моделей или основываться на учете творческого характера совершенствования изделий. Разработан двухэтапный подход решения проблемы.

Первый этап решения направлен на обоснование затрат в сфере разработки и изготовления изделия, при которых достигается экономический оптимум. Эта задача может быть формализована и для ее решения может применяться математический аппарат.

Второй этап решения проблемы направлен на совершенствование конструкции и определение конкретных значений технических пара-

метров, при которых достигается оптимум. Обоснование конкретных значений технических параметров – это есть результат творчества, результат инноваций. Этот этап не может быть полностью формализован. Рассмотрим эти этапы отдельно.

Первый этап. Повышение качества изделий машиностроения (вагонов, локомотивов и др.) может быть достигнуто разработкой и внедрением более совершенных конструкций и технологических процессов их изготовления, использованием более прочных, износостойких и коррозионностойких материалов и др. Все эти мероприятия требуют дополнительных затрат.

Суммарные затраты за период жизненного цикла изделия состоят из затрат на его разработку, изготовление (Z_n) и эксплуатацию ($Z_э$):

$$Z = Z_n + Z_э. \quad (1)$$

При установлении оптимального экономически обоснованного уровня качества изделия следует иметь в виду, что требования повышения безотказности и долговечности двояким образом связаны с затратами на его изготовление и эксплуатацию (рис. 1): при более высоких требованиях к безотказности и долговечности изделия, например вагона, необходимы более высокие затраты на его разработку и изготовление, но зато снижаются затраты на эксплуатацию.

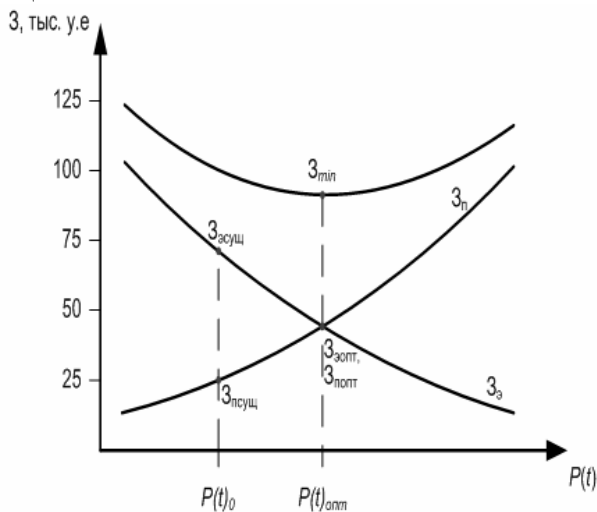


Рис. 1. Зависимость затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию изделия от его надежности

Характеристики надежности любых изделий, в том числе и вагонов, являются функцией большого числа переменных случайных и неслучайных факторов. Одним из условий использования аппарата оптимальных решений для задачи определения значений показателей надежности является их математическое описание и получение целевой функции $Y = (x_1, x_2, \dots, x_n)$,

значение которой максимизируется или минимизируется в зависимости от вида решаемой задачи путем подбора значений переменных x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) и получения зависимостей для m ограничений

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, \geq \} b_j, j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

где b_j – количественное значение ограничения j -го вида.

Рассмотрим одну из возможных постановок задачи. Требуется распределить затраты на разработку машины, ее изготовление, техническое обслуживание и ремонт. Из рассматриваемых затрат изучению и распределению подлежит лишь та часть, которая обусловлена необходимостью обеспечить определенный уровень безотказности, ремонтпригодности и долговечности машины. Затратам соответствует определенный эффект, выражающийся, например, в изменении количественных показателей надежности или оцениваемый другим способом.

Рассматриваемая задача распределения неоднородных средств может быть представлена в следующем виде:

$$R = \sum_{j=1}^m \varphi_j \left[\sum_{i=1}^n f(Z_{j,i}) \right] \rightarrow \min (\max),$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Z_{j,i} \leq Z(R); Z_{j,i} \geq 0; P(t) > P_3$$

или
 $T \geq T_3.$

Здесь R – целевая функция, характеризующая эффект от затрат средств на обеспечение безотказности и долговечности на этапах проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта. В качестве целевой функции могут, например, быть использованы комплексные показатели надежности – коэффициент готовности, коэффициент технического использования; $\varphi_j(x)$ – функция, характеризующая эффект затрат только на обеспечение безотказности или ремонтпригодности; $j = 1, 2$; $f(Z_{j,i})$ – функция, характеризующая эффект затрат на этапе проектирования и изготовления машины и на этапе эксплуатации и ремонта; $j = 1, 2$; $Z(R)$ – суммарные затраты на обеспечение требуемого уровня безотказности, ремонтпригодности и долговечности на всех этапах; $P(t)$ и P_3 – фактическое и заданное значения показателя безотказности.

В рассмотренном виде задача нормирования качества вагона представляет оптимизацию,

когда суммарные затраты необходимо распределить так, чтобы при обеспечении единичных показателей качества (безотказности) вагона – комплексный показатель качества (надежности) получил экстремальное (максимальное или минимальное) значение. Ограничениями в рассматриваемой задаче могут быть не только показатели безотказности, но и другие показатели надежности, например, долговечность, ремонтпригодность и др.

При этом возникают трудности получения аналитических зависимостей, описывающих связь между значениями показателей (качества) надежности и затратами, а также трудности представления целевой функции R в виде суммы. Это обусловлено следующими обстоятельствами. Причиной трудностей, возникающих при получении зависимостей между значениями показателей качества (надежности) и затратами на его обеспечение являются сложность выделения затрат на непосредственное обеспечение требований, например надежности, в том числе требований безотказности и долговечности, из суммы затрат на изготовление, техническое обслуживание и ремонт машины. Часто это преодолевают, представляя зависимость между стоимостью изготовления и затратами на эксплуатацию в виде

$$Z_n(R) = Z_{он} + k_n \left(\frac{R}{R_0} \right)^{\alpha_n}$$

или

$$Z_n(R) = Z_{он} \left(\frac{R}{R_0} \right)^{\alpha_n},$$

где $Z_n(R)$ – затраты на изготовление машины соответствующего качества (надежности);

R – показатель качества (надежности), которому соответствуют затраты $Z_n(R)$;

$Z_{он}$ – затраты на изготовление машины-аналога с надежностью R_0 .

Аналогичные зависимости могут быть использованы и для определения затрат на техническое обслуживание и ремонт, т. е.

$$Z_s(R) = Z_{ос} + k_s \left(\frac{R}{R_0} \right)^{\beta_s}$$

или

$$Z_s(R) = Z_{ос} \left(\frac{R}{R_0} \right)^{\beta_s},$$

где k, α, β – коэффициенты связи.

Для сложных и высоконадежных технических систем значения коэффициентов α и β обычно колеблются от 0,5 до 1,5. В зависимости от вида показателя качества (надежности) они могут принимать положительные и отрицательные значения.

Суммарные затраты на обеспечение требуемого уровня надежности могут быть представлены в виде суммы затрат на обеспечение безотказности и долговечности:

$$Z(R) = Z(\lambda) + Z(\mu) - Z(\lambda, \mu), \quad (2)$$

где $Z(\lambda)$ – затраты на обеспечение требуемого уровня безотказности и попутное обеспечение долговечности;

$Z(\mu)$ – затраты на обеспечение долговечности и попутное обеспечение безотказности;

$Z(\lambda, \mu)$ – часть суммарных затрат на одновременное обеспечение безотказности и долговечности.

Недостатком зависимости (2) является трудность выделения составляющих из суммарных затрат $Z(\lambda), Z(\mu), Z(\lambda, \mu)$.

В результате решения уравнения (1) будет получено требуемое (оптимальное) значение показателя качества (надежности). Получение аналитических зависимостей, связывающих увеличение затрат на проектирование и изготовление вагонов с улучшением показателей надежности, затруднено. Такие зависимости могут быть получены только после разработки конкретных предложений по улучшению конструкции отдельных узлов вагона и изучения их влияния на перечисленные затраты. Более точно суммарные затраты на проектирование и изготовление вагонов с улучшенными показателями надежности могут быть найдены как сумма затрат на внедрение конкретных конструктивных решений для совершенствования вагона.

Величина затрат на разработку и изготовление изделия есть функция от качества этого изделия: $Z_n = f(\text{качество})$.

Величина эксплуатационных затрат за жизненный цикл изделия также есть функция его качества: $Z_s = f(\text{качество})$. Поэтому можем записать: $Z_s = f(Z_n)$.

Затраты на эксплуатацию изделия заданного качества имеют конкретное количественное выражение, и эта зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$Z_{\text{э}} = a \left(\frac{b}{Z_{\text{п}}} \right)^c, \quad (3)$$

где a , b , c – коэффициенты связи.

Тогда суммарные затраты на проектирование, изготовление и эксплуатацию изделия за жизненный цикл могут быть определены по формуле

$$Z = a \left(\frac{b}{Z_{\text{п}}} \right)^c + Z_{\text{п}}. \quad (4)$$

Минимум функции (4) находим из условия

$$\frac{dZ}{dZ_{\text{п}}} = ab^c (-c) Z_{\text{п}}^{-c-1} + 1 = 0.$$

Отсюда $ab^c c Z_{\text{п}}^{-c-1} = 1$.

Следовательно,

$$Z_{\text{п опт}} = (ab^c c)^{\frac{1}{c+1}} = \sqrt[c+1]{ab^c c}. \quad (5)$$

В такой постановке решение задачи производится не в координатах вероятность безотказной работы изделия – затраты, а в координатах затраты на изготовление изделия – общие затраты.

Определим отношение величин эксплуатационных затрат к затратам на разработку и изготовление вагона. Величина эксплуатационных затрат в этой точке

$$Z_{\text{э опт}} = ab^c \left(Z_{\text{п опт}} \right)^{-c}. \quad (6)$$

Находим отношение

$$\frac{Z_{\text{э опт}}}{Z_{\text{п опт}}} = \frac{ab^c (ab^c c)^{-\frac{c}{c+1}}}{(ab^c c)^{\frac{1}{c+1}}} = \frac{1}{c}. \quad (7)$$

Таким образом, получим

$$\frac{Z_{\text{э опт}}}{Z_{\text{п опт}}} = \frac{1}{c}.$$

Опыт определения оптимальной надежности изделий, подобных грузовому вагону, и публикации зарубежных исследователей по нахождению оптимальной надежности подвижного состава содержат сведения о том, что в точке достижения оптимума наблюдается примерное равенство расходов на разработку и изготовление подвижного состава и эксплуатационных затрат за весь срок службы. Это будет обеспечиваться при $c = 1$.

Таким образом, полученное решение существенно упрощает нахождения величины затрат на изготовление и владение изделием в оптимальной точке:

$$Z_{\text{п опт}} = \sqrt[c+1]{Z_{\text{э суц}} \cdot Z_{\text{п суц}}^c \cdot c}. \quad (8)$$

Для $c \approx 1$ получим, что цена изделия в оптимальной точке может быть найдена как

$$Z_{\text{п опт}} = \sqrt{Z_{\text{э суц}} \cdot Z_{\text{п суц}}}. \quad (9)$$

Например, $Z_{\text{п суц}} = 25$ тыс. у. е.,
 $Z_{\text{э суц}} = 50$ тыс. у. е.

получим

$$Z_{\text{п опт}} = \sqrt{25 \cdot 50} = 35,4 \text{ тыс. у. е.}$$

Таким образом, требуется значительное повышение надежности изделия, а затраты на его разработку и изготовления возрастут с 25 тыс. у. е. для существенного положения до 35,4 тыс. у. е. для оптимальной точки.

Изменение затрат на изготовление вагона и повышение его надежности зависит от инновационности решения и последовательности внедрения конкретных мероприятий по улучшению конструкции элементов вагона и технологии их изготовления. Очередность внедрения улучшенных узлов вагона будет влиять на изменение затрат и значения коэффициентов в формулах (3)–(7). Следовательно, это будет оказывать влияние на получаемые результаты расчета. Поэтому их следует рассматривать как приближенные, пригодные для общей оценки изменения затрат на постройку вагона, при которых будет достигнут положительный эффект.

Значительно упрощается решение только части проблемы – это определение затрат. Определение технических параметров изделия, при которых достигается экономический оптимум, остается нерешенной. Но решенная часть задачи значительно сужает область поиска, и концентрирует внимание разработчиков изделия на более узком фронте технико-экономических задач совершенствования узлов и деталей изделия.

Второй этап. Вагон состоит из множества узлов и деталей. Если он не отвечает перспективному уровню надежности, то это еще не значит, что все элементы его конструкции плохие. Большинство узлов и деталей обычно отвечают предъявляемым требованиям. Вагон следует рассматривать как систему взаимосвязанных элементов. Подход к вагону, как к управляемой системе, позволяет решать многие задачи. Недостаточная надежность вагона обусловливается отказами его отдельных узлов и деталей. Поэтому решать проблему повышения надежности вагона следует улучшением не всех, а только части узлов и деталей. Для этого необходимо определить, какие узлы следует

улучшить в первую очередь, чтобы при малых затратах получить максимальный эффект.

Затраты времени и средств на техническое обслуживание и ремонт одних элементов конструкции вагона невелики, а других – составляют значительную сумму. В ряде случаев дополнительные затраты на повышение надежности какого-либо узла могут оказаться больше, чем полученный экономический эффект.

Иногда экономически выгоднее в первую очередь повысить надежность узлов и деталей, которые в сравнении с другими имеют меньшее количество отказов. Решить эту задачу позволяет анализ отказов и эксплуатационных затрат на их устранение по всем узлам вагона.

Пути повышения надежности вагона многообразны и включают в себя обеспечение оптимальных эксплуатационных свойств, на основе которых формируются конструктивные, а затем и технологические требования к малонадежным деталям. Современные технические возможности позволяют создать деталь вагона с наперед заданными характеристиками. Вопрос заключается лишь в целесообразности денежных затрат. Сравнительный технико-экономический анализ надежности какой-либо детали позволяет выбрать оптимальные ее показатели, обеспечивающие наивысшую эффективность применения. Правильное определение оптимальных эксплуатационных свойств деталей приводит к значительному сокращению суммарных затрат на изготовление, а в последующем – на техническое обслуживание и ремонт вагонов. Имея в виду, что затраты на техническое обслуживание и ремонт грузовых вагонов за весь срок службы в несколько раз превышают затраты на их изготовление, необходимо больше внимания уделять соответствию конструкции вагона реальным условиям эксплуатации и системе проведения технического обслуживания и ремонта.

Повышение качества изготовления каждой конкретной детали – это творческий процесс, который не может быть формализован и втиснут в рамки математических зависимостей. В результате этого творческого процесса мы получим конкретные технические решения, на основе которых может быть вычислено значение экономического эффекта от применения детали улучшенной конструкции или повышенного качества изготовления. ГОСТ 27310-89 регламентирует работы анализа видов, последствий и критичности отказов техники. В результате мы получаем исходные данные для решения задачи по экономическому критерию. Имея эти исходные данные, мы можем

применить тот или иной математический аппарат для нахождения оптимального решения задачи в целом. Так, для оптимизации последовательности повышения надежности конструкции изделия нашел широкое применение метод неопределенных множителей Лангранжа, весовых коэффициентов. Кроме этого, широко используется аппарат дискретного динамического программирования и другие математические методы. Для этого применяется весь арсенал средств CALS-технологий.

Рассмотренная часть задачи относится к частично или слабо структурированным проблемам и может быть решена в три этапа:

- 1) творческая работа по совершенствованию конструкции детали, технологии изготовления и организации производства;
- 2) формализованный расчет экономической эффективности повышения качества (надежности) отдельной детали узла;
- 3) применение выбранного математического метода для нахождения оптимального варианта сочетания повышения качества (надежности) узлов и деталей объекта в целом по критерию минимизации затрат в пределах найденного экономического оптимума увеличения общих затрат на изготовление объекта.

Как было указано выше, решение рассматриваемой проблемы осуществляется на основе исходных данных, имеющих дескриптивный характер и установленных на основе корреляционного анализа.

В результате выполнения творческой работы по совершенствованию конструкции и повышению качества деталей и узлов могут быть найдены лучшие решения, которые могут изменить коэффициенты в этих моделях. Поэтому возможно появится необходимость пересчета задачи, решенной на предыдущем этапе. Следовательно, возможен не один, а несколько этапов итерационного решения проблемы в целом.

Выводы

Разработанная методика позволяет, зная затраты на разработку и изготовление изделия на текущий момент и прогнозируемые затраты на владение за весь срок службы, определить затраты на изготовление изделия при оптимальной надежности. Это значительно сужает сферу поиска решений по совершенствованию конструкции, проводимого на втором этапе. Совершенствование самой конструкции предлагается проводить в такой последовательности:

1) творческая работа по совершенствованию конструкции детали, технологии изготовления и организации производства;

2) формализованный расчет экономической эффективности повышения качества (надежности) отдельной детали узла;

3) применение выбранного математического метода для нахождения оптимального варианта сочетания повышения качества (надежности) узлов и деталей объекта в целом по критерию минимизации затрат в пределах найденного экономического оптимума увеличения общих затрат на изготовление объекта.

Таким образом, обращается внимание на то, что совершенствование конструкции – это творческий процесс, который не может быть полностью формализован.

Выполнение работ, предусмотренных на двух этапах, гарантирует достижение оптимального уровня качества (надежности) с позиции потребителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристов, А. В. Управление качеством [Текст] / А. В. Аристов. – М.: ИНФРА – М, 2008. – 240 с.

2. Бром, А. Е. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции [Текст] / А. Е. Бром, А. А. Колобов, И. Н. Омельченко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 296 с.

3. Бугаева, Е. В. Влияние морального старения и экономической оценки пассажирских вагонов на стратегию воспроизводства и обновления [Текст] / Е. В. Бугаева // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – № 3. – С. 85–88.

4. Вагонное хозяйство [Текст] / учебник под ред. д.т.н., проф. П. А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.

5. Гридюшко, В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, Н. З. Криворучко. – М.: Транспорт, 1988. – 295 с.

6. Канне, М. М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества [Текст] / М. М. Канне, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схуртладзе. – СПб.: Питер, 2009. – 560 с.

7. Павлов, Л. Н. Концепция стоимости жизненного цикла как инструмент взаимодействия поставщиков и потребителей в условиях рыночной экономики в Европе [Текст] / Л. Н. Павлов. // Железнодорожный транспорт. – 2006 г. – №9. – С. 75-77.

8. Фатхутдинов, Р. А. Стратегический маркетинг [Текст] / Р. А. Фатхутдинов. – СПб.: Питер, 2008. – 368 с.

9. Шаламов, А. С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции [Текст] / А. С. Шаламов. – М.: Университетская книга, 2008. – 464 с.

Поступила в редколлегию 22.04.2010.

Принята в печать 28.03.2011.