

УДК 656.002.25

## ОЦЕНКА СТАРЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Ю.Г. ЧЕПИК**

*Белорусский государственный университет транспор-  
та, г. Гомель*

Износ транспортных средств, их модернизация, ограниченность капиталовложений требует определения оптимальных затрат по замене транспорта (основных фондов). Решение данной проблемы можно осуществить несколькими путями. Первый вариант – это поузловой метод учета технического (физического) износа транспорта. Этот метод требует больших трудозатрат по формированию информационной базы данных. Второй вариант-метод эффективного воспроизводства транспортных средств в определенных экономических условиях на протяжении жизненного цикла. Предлагаемый метод менее трудоемкий по созданию информационной базы данных и дает неплохие результаты. В распоряжении автора была информация по вагонам Российской железной дороги. На базе этой информации была отработана методика оценки износа транспортных средств. В работе [5] автор попытался обосновать теоретически замену транспортных средств (вагонов) через механизм их эффективного воспроизводства с учетом жизненного цикла транспортных средств в текущих экономических условиях. При замене (модернизации) транспортных средств приходится решать следующие вопросы:

1. В каком виде воспроизводить существующие транспортные средства?
2. Как определить оптимальный момент замены (модернизации) существующих транспортных средств новыми?

Решение второго вопроса зависит от решения первого. Вопрос состоит в том, как определить границы эффективного использования существующих транспортных средств в данных экономических условиях с точки зрения собственника основных фондов. Теперь определим экономический критерий замены текущих типов транспортных средств новыми. В плановых расчетах эффективности замены транспортных средств мы будем искать минимум затрат воспроизводства транспортных средств, а не минимум затрат производства транспортных средств, т. е. минимум предстоящих затрат, а не минимум предстоящих и прошлых затрат. Предстоящие затраты состоят:

1. При использовании новых транспортных средств:
  - а) из капитальных вложений на покупку транспортных средств;
  - б) из эксплуатационных затрат, включая амортизацию.
2. При использовании существующих транспортных средств затраты состоят только из эксплуатационных расходов без затрат на реновацию, но с включением затрат на текущий и будущий ремонт. Т. е. из состава затрат по использованию существующих транспортных средств исключаются первоначальные капитальные вложения и расходы на их реновацию.
3. При использовании модернизированных транспортных средств с продлением срока службы затраты состоят:
  - а) из капитальных вложений на модернизацию транспортных средств плюс остаточная стоимость до конца нормативного срока службы вагонов;

б) из эксплуатационных затрат без затрат на реновацию, но с включением затрат на текущий ремонт.

Эта особенность расчетов эффективности замены текущих транспортных средств новыми должна учитываться всегда. Упущение из виду последних замечаний ведет к преждевременной замене текущих транспортных средств новыми. Данная модель рассматривается как экспертная система, имитирующая различную экономическую ситуацию, в том числе и введение меняющейся ставки банковского процента и учета величины инфляции. Последнее замечание представляет собой предмет отдельного исследования. В предложенной модели процент банковской ставки считается неизменным на протяжении жизненного цикла вагона, величина инфляции не учитывается. В работе [5] приведена основополагающая формула, определяющая замену текущих транспортных средств.

$e_c$  – себестоимость перевозок на существующем типе транспортных средств без затрат на реновацию.

$C_n$  – себестоимость перевозок на новом типе транспортных средств.

$K_n$  – капиталовложения в новый тип транспортных средств (их первоначальная цена).

$r_k$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Целесообразность использования существующего типа транспортных средств выразится неравенством:

$$e_c \leq \min(C_n + K_n * r_k); \quad (1)$$

$$V > 0$$

Оптимальный момент замены существующего типа транспортных средств на новый наступает тогда, когда

$$e_c = \min(C_n + K_n * r_k) \quad (2)$$

Рассмотрим условия для определения точки физического (технического) износа транспортного средства без учета изменения технического прогресса техники в прошлом и будущем. Принимаем, что за время эксплуатации транспортного средства не изменяются существенно экономические условия его эксплуатации, т.е. изменения банковского процента и величина инфляции не берется в расчет на протяжении жизненного цикла вагона.

Обозначим капитальные затраты на покупку транспортного средства через  $K$ , количество тонно-километров, перевезенных этим транспортным средством в течение срока службы через  $V$ , эксплуатационные расходы, кроме собственно амортизации, приходящиеся на последний тонно-километр, через  $f(v)$ . Вся сумма эксплуатационных расходов для перевозки  $V$  тонно-километров за время эксплуатации транспортного средства выразится так:

$$\int_0^V f(v) \delta v \quad (3)$$

Тогда средняя за все время эксплуатации транспортного средства (жизненного цикла транспортного средства) себестоимость тонно-километра составит:

$$C_{\text{СРЕДН}} = \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V} + \frac{K}{V} \quad (4)$$

Найдем условия минимума средней себестоимости, выраженные в формуле (4). Дифференцируя выражение (4) по  $V$  и приравнявая первую производную нулю, получим:

$$\frac{f(v)}{V} - \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V^2} - \frac{K}{V^2} = 0 \quad (5)$$

После преобразований получим:

$$f(v) = \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V} + \frac{K}{V} \quad (6)$$

Левая часть равенства (6) представляет эксплуатационные расходы (кроме собственно амортизации), приходящиеся на последний тонно-километр, а правая часть равенства выражает среднюю полную себестоимость тонно-километра за все время эксплуатации транспортного средства (время жизненного цикла транспортного средства). Если учесть некоторые погрешности экономической статистики и динамику показателей во времени, уравнение (6) можно переписать в следующем виде:

$$\left( \frac{\int_0^V f_x(v) \partial v}{V_x} + \frac{K}{V_x} \right) - f_x(v) = |\Delta_x| \quad (7)$$

где  $x=1, 2, 3, \dots, n$

$n$  – время эксплуатации транспортного средства в годах (время жизненного цикла транспортного средства).

$f_x(v)$  – эксплуатационные расходы, кроме собственно амортизации, приходящиеся на последний тонно-километр в год эксплуатации  $x$ .

$V_x$  – объем тонно-километров, перевезенных транспортным средством за время эксплуатации  $x$ .

При исследовании разности значений  $\Delta_x$  во времени в формуле (7), нужно найти такую величину, когда она будет минимальной по абсолютной величине. Это и будет точка физического износа транспортного средства, без учета технического прогресса, изменяющейся банковской ставки и инфляции. Учитывая ранее изложенное, можно сказать, что для нахождения точки физического износа нужно найти экстремальное значение функционала

$$\left( \frac{\int_0^V f_x(v) \partial v}{V_x} + \frac{K}{V_x} \right) - f_x(v) = |\Delta_x| \xrightarrow{x \rightarrow n} \min \quad (7a)$$

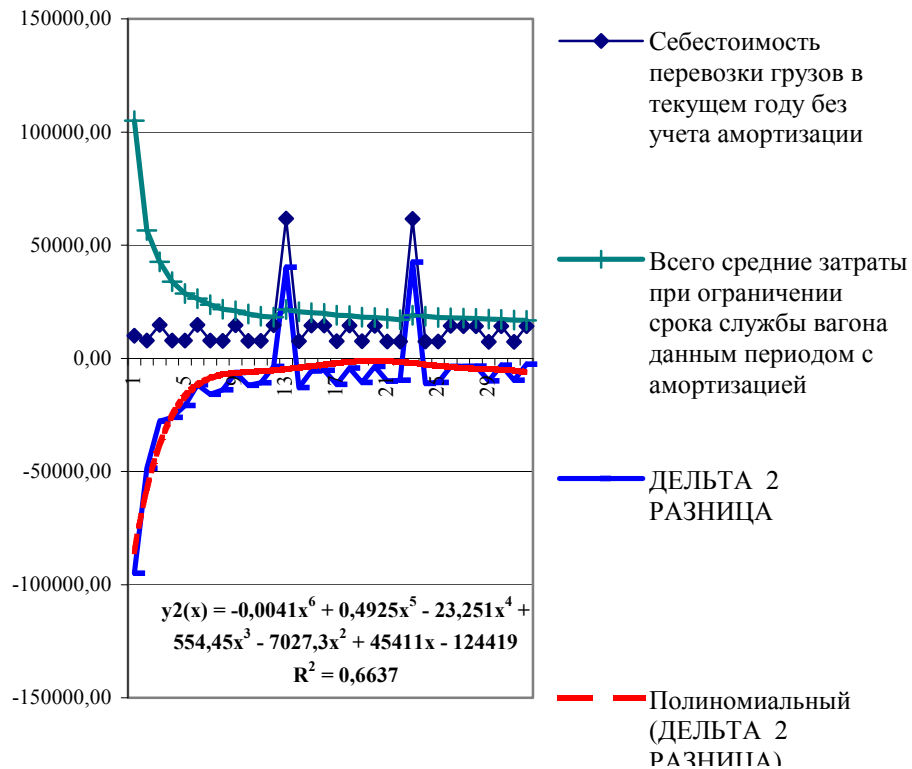


Рис. 1. Динамика затрат для крытого вагона по годам эксплуатации

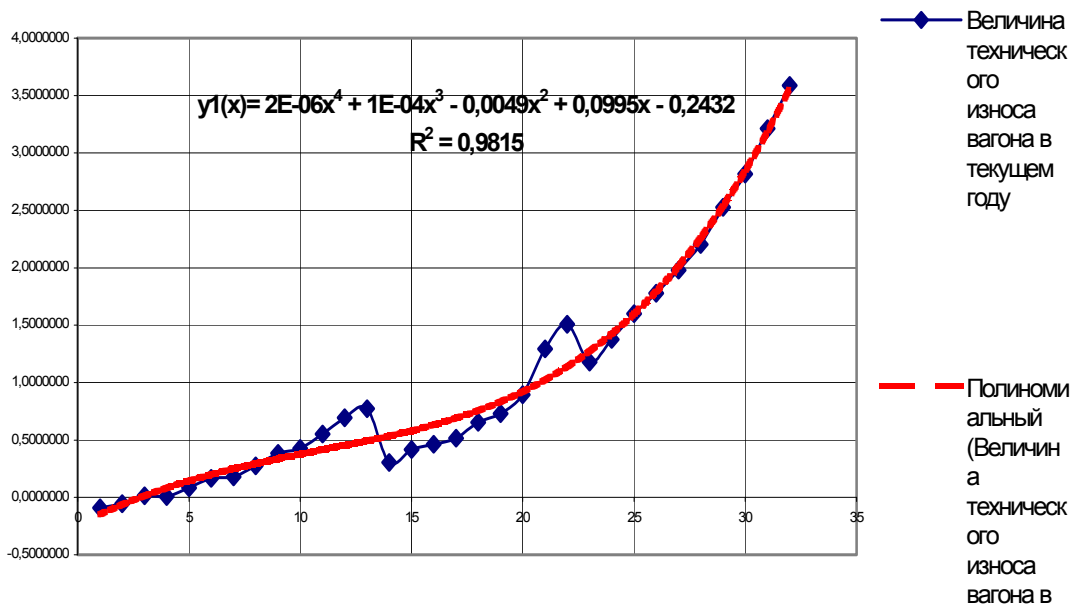


Рис. 2. Технический износ крытого вагона по годам эксплуатации

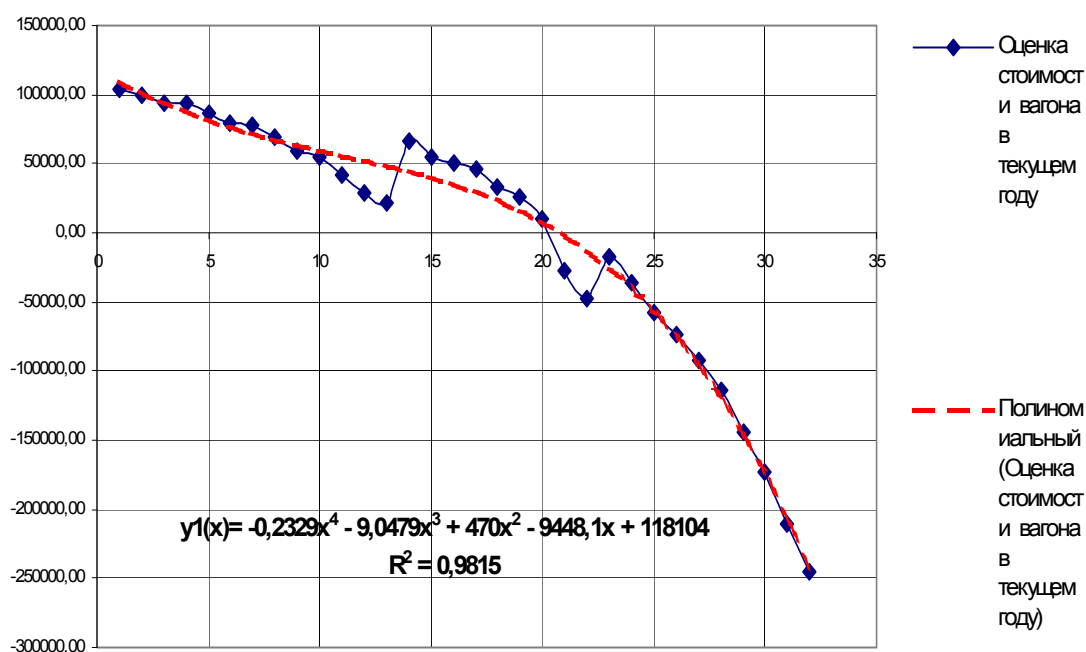


Рис. 3. Оценка стоимости крытого вагона по годам эксплуатации

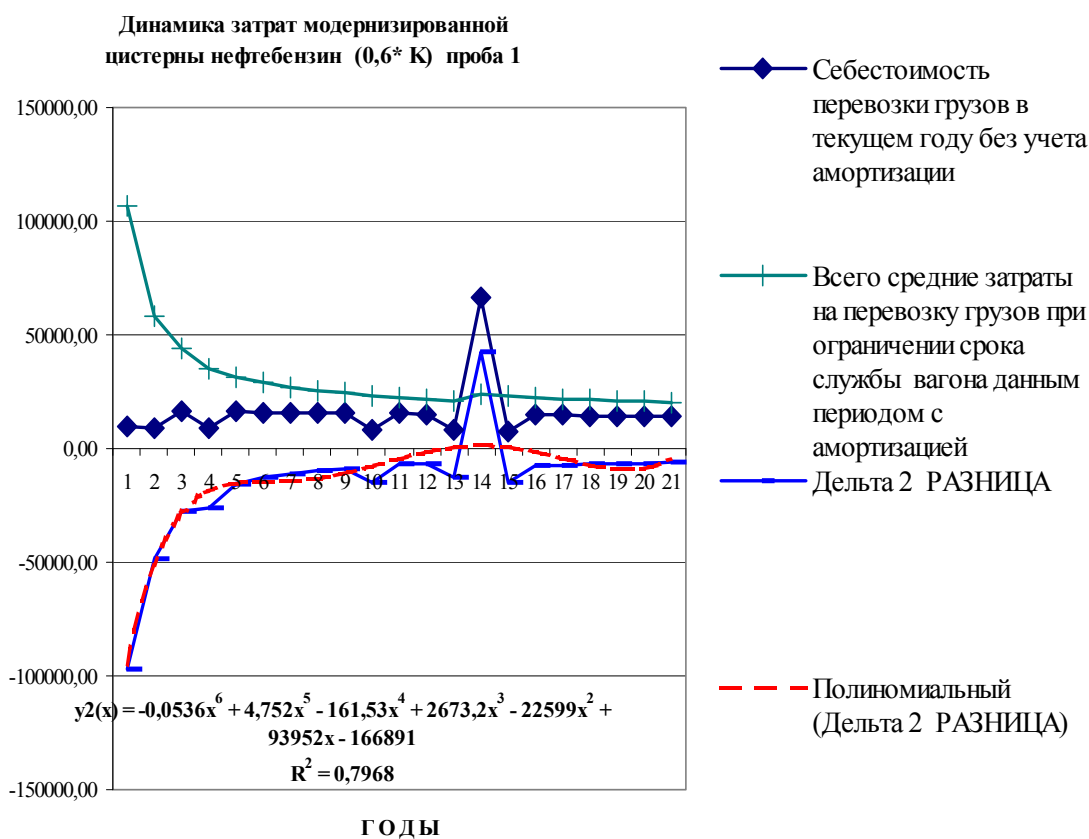


Рис. 4. Динамика затрат для цистерны четырехосной нефтебензин по годам эксплуатации

На графиках видно, что для каждого типа транспортного средства указанная величина носит сугубо индивидуальный характер и имеет устойчивую тенденцию при данных экономических условиях (Рисунок 1, 4).

Степень технического износа предлагается считать для каждого типа транспортного средства по следующей формуле:

$$N_m(x_1) = 1 - \frac{K_m(x_1)}{K_c} \quad (8)$$

где:  $x = 1, 2, \dots, x_m$  – время жизненного цикла транспортного средства до года технического износа транспортного средства ( $x_m$ );

$K_c$  – первоначальная цена транспортного средства;  $K_m(x_1)$  – оценка стоимости транспортного средства в год эксплуатации ( $x_1$ ) в предположении отсутствия морального износа в прошлом и будущем, без изменяющейся банковской ставки и инфляции, которую предлагаем считать по следующей формуле:

$$K_m(x_1) = \sum_{x=x_1}^{x_m} (C_c + r_k * K_c - e_c(x)) * (1 + r_k)^{(x_1-x)} \quad (9)$$

$C_c$  – первоначальные полные эксплуатационные затраты на данном типе транспортного средства;  $e_c(x)$  – эксплуатационные расходы на текущем типе транспортного средства в год ( $x$ ) без собственно амортизации

Исходя из вышеизложенного автор попытался проанализировать процесс старения следующих типов грузовых вагонов: крытый, платформа, полувагон, цистерна четырехосная нефтебензин, вагон-зерновоз, вагон-цементовоз, вагон-минераловоз, платформа фитинговая, вагон для рулонной стали, автомобилевоз, муковоз, цистерна содовоз, цистерна для пищевых продуктов, битумные вагоны, хоппер-дозатор, думкар, рефрижераторная секция, автономный рефрижераторный вагон, транспортеры четырехосные, транспортеры восьмиосные, транспортеры двенадцатиосные, транспортеры шестнадцатиосные, контейнеры масса брутто 3т, 5т, 20т, 24т. С начала автором были определены для каждого типа вагона точки технического износа в соответствии с подходом, изложенным в работе [6].

Расчитанные по вышеуказанной формуле (9) оценки стоимости вагона в текущем году и построенные по этим данным кривые хорошо аппроксимируются логарифмическими уравнениями и полиномами четвертой, пятой и шестой степени с коэффициентами достоверности аппроксимации 0,85-0,95. Для каждого типа вагона уравнения сугубо индивидуальны. По данным уравнениям можно делать оценочный прогноз эксплуатационных затрат для вагона на протяжении его жизненного цикла.

Степень технического износа вагона, посчитанная по формуле (8), также хорошо аппроксимируется полиномом четвертой, пятой и шестой степени с коэффициентом достоверности аппроксимации 0,9-0,95. Полученные полиномы позволяют хорошо вычислять степень технического износа каждого типа вагона в каждый год эксплуатации. В соответствии с вышеперечисленными формулами были проведены расчеты для указанных ранее типов вагонов, которые были сведены в таблицу 1.

Данные в таблице 1 рассортированы в порядке убывания срока службы вагонов. Информация в таблице 1 показывает, что в основном для всех типов вагонов год технического износа вагона меньше года экономического предела технического износа вагона. Под экономическим пределом технического износа мы понимаем такой момент времени, когда будет выполнено условие в уравнении (10):

$$e_c - C_c = K_c * r_k \tag{10}$$

$e_c$  – себестоимость перевозок на существующем типе транспортных средств без затрат на реновацию.

$C_c$  – себестоимость перевозок на текущем типе транспортных средств.

$K_c$  – капиталовложения в текущий тип транспортных средств (первоначальная цена).

Таблица 1

**Величина технического износа вагонов за время эксплуатации**

Номер порядковый	Тип грузового вагона	Срок службы вагона в годах	Год технического износа вагона	Год экономического предела технического износа вагона	Величина технического износа вагона в последнем году эксплуатации по сравнению с первоначальной ценой вагона	Номер группы
1	Транспортеры четырехосные	34	20	**	5,6	А
2	Транспортеры восьмиосные	34	20	*	6,6	А
3	Транспортеры двенадцатиосные	34	19	*	6,7	А
4	Транспортеры шестнадцатиосные	34	19	*	3,9	А
5	Крытые вагоны	32	20	*	3,6	А
6	Платформа	32	18	29	5,4	А
7	Цистерна четырехосная нефтебензин	32	16	*	4,2	А
8	Платформа фитинговая	32	17	18	6,0	В
9	Вагон для рулонной стали	32	17	*	4,5	А
10	Вагон зерновоз	30	16	*	6,7	В
11	Автомобилевоз	30	15		5,4	В
12	Муковоз	30	16	*	5,4	В
13	Цистерна для пищевых продуктов	30	18	11	4,2	А
14	Вагоны битумные	30	15	*	7,7	В
15	Вагон цементовоз	25	13	23	4,0	В
16	Вагон минераловоз	25	15	*	3,2	В
17	Цистерна содовых	25	13	*	3,3	В
18	Хопер дозатор	25	14	*	4,2	В
19	Рефрижераторная секция	25	13	*	4,8	В
20	Автономная рефрижераторная секция	25	13	*	5,6	В
21	Полувагон	22	11	*	2,1	В
22	Думкар	22	12	*	3,8	В
23	Контейнер массы брутто 3 тонны	16	11	*	1,8	В
24	Контейнер массы брутто 5 тонн	16	12	*	1,7	В
25	Контейнер массы брутто 20 (24) тонны	15	9	*	2,6	В

\* расчет точки экономического предела технического износа требует расширения временных рамок анализа.

Формула (10) показывает, что экономия эксплуатационных расходов равна капитальным затратам на текущую технику (при условии отсутствия технического прогресса, т.е. отсутствует моральный износ для данного оборудования в прошлом и будущем, без учета изменения банковской ставки и инфляции).

Нужно отметить, что в точке физического (технического) износа данного типа транспортного средства совокупная экономия средств на воспроизводство с начала эксплуатации данного типа транспортного средства, рассчитанная по формуле (9) будет равна нулю. Для вагонов типа муковоз, цементовоз и для контейнеров массы брутто 5 т год технического износа вагона и год экономического предела технического износа вагона совпадают. Для цистерны содовоз год экономического предела технического износа вагона наступает раньше, чем год технического износа вагона. Рассмотрим пределы технического износа по каждой возрастной группе вагонов. Для вагонов, предельный срок эксплуатации которых достигает 34 года, величина технического износа достигает 3,9 – 6,7. Это означает, что за весь срок эксплуатации данного типа вагона эксплуатационные расходы составят 3,9 – 6,7 первоначальной стоимости данного типа вагона, т.е. такой объем затрат ляжет на себестоимость перевозок за весь срок эксплуатации. Причем график величин технического износа вагона в текущем году хорошо аппроксимируется полиномами четвертой, пятой и шестой степени со степенью достоверности аппроксимирующей функции равной 0,85 – 0,96. Вагоны, предельный срок эксплуатации которых достигает 32 года. Величина технического износа для них достигает 3,6 – 6,0 первоначальной цены вагона. Для вагонов, предельный срок эксплуатации которых достигает 30 лет, величина технического износа достигает 4,2 – 7,7 первоначальной стоимости соответствующего типа вагона. У вагонов с предельным сроком эксплуатации 25 лет технический износ составляет 3,2 – 5,6 первоначальной стоимости данного типа вагона. Вагоны с предельным сроком эксплуатации 22 года. Величина технического износа для них составляет 2,1 – 3,8 первоначальной цены вагона. Для контейнеров, с предельным сроком эксплуатации 16 лет, технический износ составил 1,7 – 1,8 первоначальной цены соответствующего типа контейнера. У контейнера, со сроком эксплуатации 15 лет, технический износ составил 2,6 первоначальной стоимости контейнера. Приведенные выше цифры позволяют оценить величину эксплуатационных расходов на период эксплуатации вагонов и контейнеров относительно их первоначальной цены. Эти цифры позволяют прогнозировать себестоимость перевозок для данного типа вагона и контейнера на время их жизненного цикла. Данный подход позволяет с хорошими результатами оценить величину достаточности капитального ремонта 1, капитального ремонта 2, капитально-восстановительного ремонта с продлением срока службы, величину объема на модернизацию вагона с точки зрения его технического износа и продления срока службы с учетом требований безопасности движения.

### Литература

1. Л.В. Канторович, Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Москва. Издательство Академии наук СССР. (1960).
2. В.С. Немчинов, Избранные произведения. В 6-ти томах. Москва. Наука. (1967).
3. В.В.Новожилов, Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. Москва. Экономика. (1967).
4. МПС Российской Федерации, Департамент вагонного хозяйства, Методические рекомендации по определению ставок арендной платы за грузовые вагоны и



контейнеры инвентарного парка железных дорог Российской Федерации. Москва. (1999).

5. Ю.Г. Чепик, Основные принципы разработки экспертной системы по оценке остаточных ресурсов железнодорожных вагонов с точки зрения экономики. ЈУЖЕЛ, Сборник радова PROCEEDINGS 4-6 Октобар 2000, Врњачка Бања, Југославија.

6. Ю.Г. Чепик, Экономические методы оценки физического износа грузовых вагонов. Сборник «Социально-экономические приоритеты региональной экономики: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции, 15-17 ноября 2001 года (под общей редакцией Т.В. Карпей. Гомель: ГГУ им.Ф. Скорины, 2001 г)

*Получено 05.12.2001 г.*