

УДК 631.3:658.567.1

UDC 631.3:658.567.1

05.00.00 Технические науки

Engineering

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ МАШИН**

**THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE BOUNDARIES OF THE ADVISABILITY OF CAR RECYCLING**

Игнатов Владимир Ильич  
канд. техн. наук,  
научный сотрудник ГОСНИТИ  
Email: [ignatoww@inbox.ru](mailto:ignatoww@inbox.ru)

Ignatov Vladimir Ilyich  
Cand.Tech.Sci., researcher  
*GOSNITI, Russia*  
Email: [ignatoww@inbox.ru](mailto:ignatoww@inbox.ru)

Еремеев Николай Сергеевич  
доктор техн. Наук, профессор,  
генеральный директор ЦНИИМЭ  
Email: [tsniime@tsniime.ru](mailto:tsniime@tsniime.ru)

Eremeev Nikolay Sergeyeovich  
Dr.Sci.Tech., Professor, General Director  
*TSNIIME, Russia*  
Email: [tsniime@tsniime.ru](mailto:tsniime@tsniime.ru)

В настоящее время в России проблема утилизации техники не решена. В статье рассмотрены вопросы обоснования границ целесообразности утилизации машины: модель ценообразования при ремонте, варианты использования машин после ремонта, модели определения границы утилизации машины

Now in Russia there is a problem of utilization of vehicles. The article reveals questions of the advisability to study boundaries of cars recycling: pricing model with repair, options for vehicles used after repairs, the models for definition of the boundaries of cars recycling

Ключевые слова: МОДЕЛЬ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ, ГРАНИЦЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ МАШИНЫ

Keywords: PRICING MODEL, BORDERS FEASIBILITY OF CARS RECYCLING

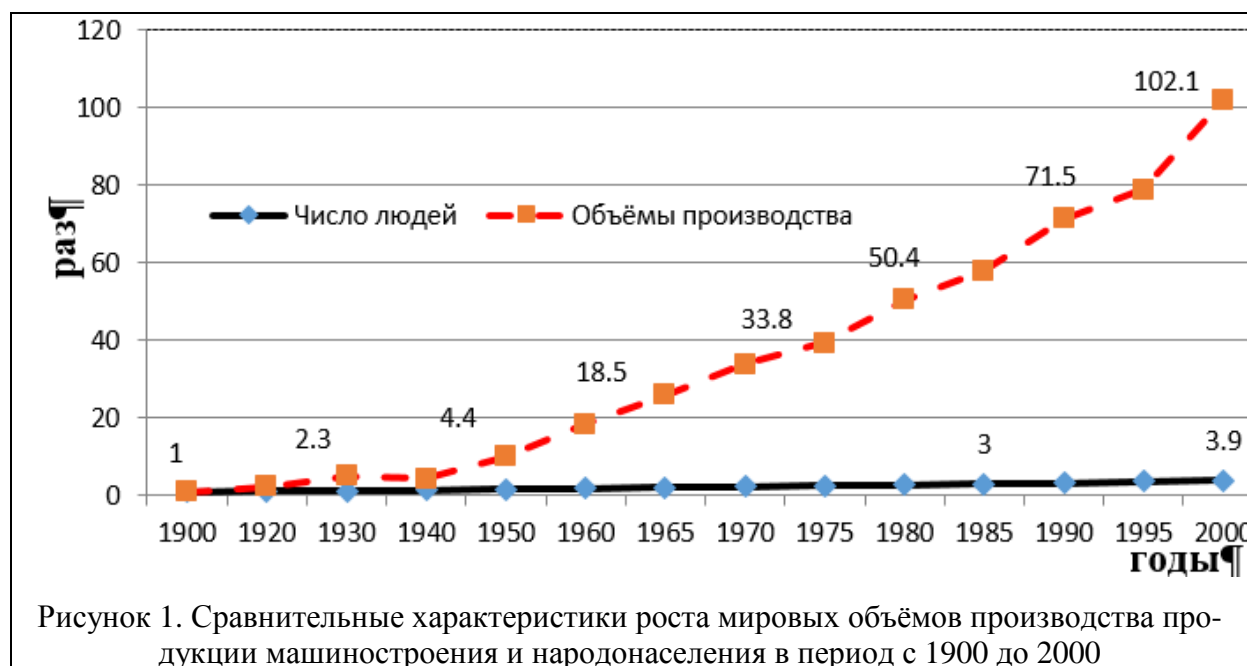
**Doi: 10.21515/1990-4665-122-023**

**ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ**

Отходы производства и потребления (далее – отходы) в последнее время во многих странах создали общемировую проблему и решаются во всех экономически развитых странах при участии государственных структур. Для этого более чем в 50 странах действуют национальные законы об отходах, которые обеспечивают законодательную базу их утилизации и решают ряд задач технико-экономического, социального и организационного планов. При этом борьба с образованием отходов совмещается с разработкой методов использования имеющихся в отходах компонентов, пригодных для повторного использования.

Утилизация выведенной из эксплуатации техники (ВЭТ) является относительно новой проблемой. Она связана с одной стороны с развитием промышленности и возрастающими потребностями в полезных ископае-

мых для производства различных видов техники, с другой – со старением продукции машиностроения и безвозвратными потерями материальных ресурсов. За последнее столетие объёмы мирового промышленного производства возросли более в чем в 100 раз (рисунок 1), а в США – более чем в 300 раз и темпы роста этого процесса не снижаются [1].



При этом рост объёмов производства продукции машиностроения (и другой продукции) опережает темпы роста населения планеты более чем в 26 раз (рис. 1). Такие темпы роста промышленности значительно истощают природные ресурсы, что приводит к усилению борьбы за них.

С.П. Капица признаёт [2], что в истории человечества уже имелись локальные случаи исчерпания ресурсов и дефицита территории, которые заканчивались в лучшем случае мирным переселением, но чаще – войнами.

Таким образом, проблема утилизации техники приобретает не только экологический, но и экономико-политический характер, поскольку существенно снижает нагрузку на природу и, следовательно, мировую напряжённость с материальными ресурсами.

Россия, так же, как и другие страны, в начале XXI века активизировала работы по формированию нормативно-законодательной и экономической базы для создания системы утилизации различных видов техники: в 2000 г. регламентированы работы по утилизации авиационной техники [3]; в 2012 г. введён утилизационный сбор на колёсную технику [4]; в том же году были регламентированы работы по утилизации вооружения и военной техники [5]; в 2016 был введён утилизационный сбор на самоходную технику [6], начаты работы по созданию системы утилизации выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники (ВЭСХТ)

Всё это говорит о том, что Правительство России, используя опыт технически развитых стран, проводит политику, направленную на формирование правовой и экономической базы для создания систем утилизации ВЭТ различных видов. В соответствии с этой политикой в различных организациях России ведутся работы, направленные на создание систем такого рода.

При этом следует учесть, что непосредственно процессу проведения утилизации должны предшествовать несколько подготовительных этапов. А именно: 1) определения предельного (граничного) состояния машины, при котором дальнейшая эксплуатация машин будет признана невозможной или нецелесообразной и для восстановления её работоспособности требуется проведение ремонта определённой глубины (текущего, среднего, капитального); 2) определение цены проведения планируемых ремонтных работ; 3) определение остаточной стоимости этой машины до и после проведения ремонта; 4) принятие владельцем машины (на основе информации, полученных на предыдущих этапах) обоснованного альтернативного решения о дальнейшем использовании машины.

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МАШИНЫ

О важности вопроса определения границ предельного состояния машины говорит продолжающиеся в течении многих десятилетий попытки обоснования этих границ с использованием статистических, аналитических, графических и графоаналитических методов [7].

Одной из первых работ такого рода была работа Дж.Тейлора [18] по определению оптимального срока службы, при котором достигается минимум затрат  $\Phi(n)$  на ее приобретение, эксплуатацию и ремонт, приходящихся на единицу продукции (наработки). Задача сводится к минимизации следующего выражения:

$$\Phi(n) = \frac{S_n (1+p)^n - S_{ocm} + \sum_{i=1}^n (1+p)^{n-i} Q_i}{\sum_{i=1}^n (1+p)^{n-i} T_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\Phi(n)$  – приведенные удельные затраты;  $n$  – год использования;  $S_n$  – цена новой машины;  $S_o$  – остаточная стоимость машины к концу  $n$ -го года (выручка от реализации подержанной машины);  $Q_i$  – эксплуатационные затраты, включающие устранение неисправностей и ремонты в  $i$ -ый год;  $T_i$  – наработка машины в  $i$ -ый год эксплуатации;  $p$  – процент на капитал.

Если в (1) предположить, что  $p=0$ , т.е. не учитывать влияние разновременности затрат, то она превратится в простое и широко распространенное соотношение:

$$\Phi(n) = \frac{S_n - S_{ocm} + \sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \rightarrow \min, \quad (2)$$

Именно в таком виде принципиальная схема этой модели была применена многими авторами.

Вид функции  $Q(t)$  задавался авторами различно. В соответствии с этим менялись и конечные формулы для определения оптимальной долговечности. А.И. Селиванов [12], в частности, используя зависимость для

описания динамики эксплуатационных расходов в виде  $Q=a+bt+ct^\alpha$ , получил следующее выражение для оптимального срока службы:

$$T_c^* = \alpha \sqrt[\alpha]{\frac{a}{(\alpha-1)c}}, \quad (3)$$

В работе Г. Готеллинга [8] оптимальный срок службы машин определяется не из условия минимизации издержек, а из условия максимизации экономического эффекта от использования машин.

В ряде работ рассматривается важный вопрос о доверительных интервалах срока службы.

В общем случае теоретическую модель можно существенно улучшить, минимизируя удельные затраты, за счет дополнительного учета потерь от простоя отказавшей машины, стоимости новой и утилизируемой машин и др. При этом более точно определится эффективность использования машины, что существенно сближает задачи на минимум затрат и на максимум эффекта, а при равенстве объемов выполненных машиной работ делает эти две постановки идентичными.

Так, например, если машина при мгновенном значении эксплуатационных затрат  $Q(t)$  обладает мгновенной производительностью величиной  $X(t)$  единиц продукции и если цена единицы продукции составляет  $W$  денежных единиц, то полный чистый эффект за  $T_c$  лет составит:

$$B(T_c) = \int_0^{T_c} [Wx(t) - Q(t)] e^{-\delta t} dt + S(T_c) e^{-\delta T_c}, \quad (4)$$

где  $e^{-\delta t}$  – непрерывный аналог формулы сложных процентов, с помощью которой все затраты и доходы приводятся к одному моменту времени, причем  $\delta = \ln(1+p)$ ;  $S(T_c)$  – стоимость замены.

Дифференцируя выражение (4) по  $T_c$  и приравнявая производную нулю, получаем уравнение для определения  $T_c^*$ . Сложность определения оптимального срока службы по (4) заключается в том, что в большинстве случаев, доход от использования машин, зависит от многих, не поддающихся точному учету случайных факторов.

Современные рыночные механизмы, изменив соотношения стоимости машин и производимой ими продукции в пользу первых, уменьшили в значительной степени эффективность профилактических ремонтных воздействий, при которых недоиспользуется ресурс превентивно заменяемых составных частей.

Нами предлагается несколько иной подход к определению оптимального срока службы машин  $T_c$ , исходя из издержек  $C_{\Sigma}(t)$ , сопровождающих процесс приобретения и использования машины с одной стороны, и валового дохода  $W(t)$ , приносимого машиной за время её использования  $t$  с другой, с учётом нескольких дополнительных факторов, влияющих на величину  $T_c$ .

Издержки, связанные с приобретением машины и ее технической эксплуатацией  $C_{\Sigma}(t)$ , можно выразить в следующем виде:

$$C_{\Sigma}(t) = S_{m0} \exp[\alpha(t) - \delta(t)] + \int_0^t S_T(\tau) \exp[\alpha(\tau) - \delta(\tau)] \tau d\tau, \quad (5)$$

где  $S_{m0}$  – стоимость замены машины на новую в момент  $t_0$ , руб.;  $S_T(\tau) = k S_{m0} \tau^{\beta}$  – интенсивность изменения издержек технической эксплуатации машины в зависимости от ее возраста;  $\exp t - e^t$ ;  $k$  – отношение стоимости технической эксплуатации за  $\Delta t = 1$  к цене новой машины в момент  $t_0$ ;  $\alpha(t)$  – динамика изменения индекса заводских цен на новые машины;  $\delta(t)$  – дисконтный фактор;  $\tau$  – переменная интегрирования, изменяющаяся в интервале от 0 до  $t$ .

Валовой доход, приносимый машиной за время её использования  $t$ , выразим через  $W(t)$ , следующим образом:

$$W(t) = y \int_0^t S_{n0} \exp[\psi(\tau) - \delta(\tau)] \tau d\tau. \quad (6)$$

где  $y$  – производительность, которую мы принимаем здесь постоянной и независимой от возраста машины, м<sup>3</sup>/год;  $S_{n0} e^{\psi(\tau)\tau}$  – цена единица стоимости произведённой машиной продукции в функции времени, руб.;  $S_{n0}$  – то же в момент  $t_0$ ;  $\psi(\tau)$  – фактор изменения цен на продукцию, производимую этой машиной.

Задача заключается в определении  $t = T_c^*$ , при котором приведенные к начальному моменту  $t_0$  суммарные удельные издержки  $\Theta$  на техническую эксплуатацию машины и ее замену в момент  $0 + T_c$  за срок службы в рас-

чете на единицу приведенной к стоимости произведенных за это время продукции будут минимальны. Поделив (5) на (6), получим, после некоторых преобразований, сформулированный выше критерий оптимального срока службы сельскохозяйственной машины в следующем виде:

$$\Theta = S_{m0}^0 \frac{\left\{ \exp[\alpha(t) - \delta(t)]t + k \int_0^t (\tau^\beta \exp(\alpha(\tau) - \delta(\tau)) \tau) d\tau \right\}}{\left\{ \int_0^t \exp[\psi(\tau) - \delta(\tau)] \tau \cdot d\tau \right\}} \rightarrow \min \quad (7)$$

Здесь  $S_{m0}^0 = \frac{S_{m0}}{S_{л0}}$  – эквивалент стоимости машины  $S_m$  (в единицах стоимости сельскохозяйственной продукции: тонн убранного зерна, усл. га и т.п.) в момент  $t_0=0$ .

Корень уравнения (7) и есть такой оптимальный срок службы  $T_c$ , при котором доля времени, затрачиваемого на производство продукции, эквивалентной по стоимости издержкам на реновацию и техническую эксплуатацию машины будет минимальна.

В развернутом виде оптимизируемая функция будет иметь вид.

$$\Theta = \frac{\frac{S_{m0}^0}{y} \exp\left(\int_0^t ((\alpha_0 - g_\alpha) e^{-\alpha_0 \tau} + g_\alpha) d\tau - ((\delta_0 - g_\delta) e^{-\delta_0 \tau} + g_\delta) d\tau\right)}{\int_0^t \exp\left(\left(\int_0^x ((\psi_0 - g_\psi) e^{-\psi_0 \tau} + g_\psi) d\tau - \int_0^x ((\delta_0 - g_\delta) e^{-\delta_0 \tau} + g_\delta) d\tau\right) x\right) dx} +$$

$$+ \frac{k(\alpha) \int_0^t \tau^\beta \exp\left(\left(\int_0^t ((\alpha_0 - g_\alpha) e^{-\alpha_0 \tau} + g_\alpha) - \int_0^t ((\delta_0 - g_\delta) e^{-\delta_0 \tau} + g_\delta) d\tau\right) x\right) dx}{\int_0^t \exp\left(\left(\int_0^x ((\psi_0 - g_\psi) e^{-\psi_0 \tau} + g_\psi) d\tau - \int_0^x ((\delta_0 - g_\delta) e^{-\delta_0 \tau} + g_\delta) d\tau\right) x\right) dx} \rightarrow \min \quad (8)$$

Анализ формулы (8) позволяет проанализировать зависимость оптимального срока службы техники от уровня паритета цен и дисконтного фактора как средних значений соответствующих параметров, описывающих инфляционные (дефляционные) процессы при эксплуатации машин за рассматриваемый в решаемой задаче период. Кроме того, (8) даёт возмож-

ность определить влияние темпов изменения этих параметров во времени, т.е. позволяет учитывать динамику в изменениях цен (см. рис. 4...6 [9]).

Предлагаемая модель была апробирована для определения оптимального срока службы лесозаготовительных машин. Эта теоретическая модель, при наличии соответствующей информации, может быть использована для решения аналогичных задач практически для всех видов самоходной техники. Однако отсутствие необходимой статистической базы ограничивает возможности как предлагаемой модели определения оптимального срока службы машина, так и других известных моделей.

Тем не менее, задача определения момента достижения машиной предельного состояния, который являлся бы объективным обоснованием для проведения капитального ремонта машин, в том числе сельскохозяйственных, потребовала разработки относительно простых и эффективных методов её решения.

В начале 90-х годов прошлого столетия была сделана попытка определения критерия наступления предельного состояния для сельскохозяйственных машин. Была сформирована «Методика разработки нормативов сроков службы тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве» [10]. Однако эта методика не дала ожидаемых результатов по многим причинам и используется, в основном, в бухгалтерских целях.

Тем не менее, теоретические разработки, касающиеся определения технического состояния машины и её составных частей, которые проводились в большинстве технически развитых стран, в том числе и в России, были положены в основу развития и совершенствования методов диагностирования. Диагностика является в настоящее время одним из наиболее эффективных методов определения фактического (в том числе предельного) состояния машины и её элементов (узлов, агрегатов и деталей).

Инициаторами этого направления стали сами производители техники. Обеспечение быстрого определения и устранения возникающих отка-



зов, поддержание машины в работоспособном состоянии и определение стоимости этих работ являются в настоящее время основными требованиями потребителей техники и важнейшими конкурентообразующими факторами для её производителей.

Диагностирование машин и оборудования применяется практически при всех видах ТО и ремонта. Кроме традиционных работ (периодические ГО, текущий и капитальный ремонты, хранение машин), в последнее время диагностирование нашло применение в процессе предпродажного обслуживания, техосмотре, оценке стоимости при приобретении и продаже поддержанных машин и агрегатов. Применение электронных средств диагностирования уменьшает трудоемкость определения технического состояния объектов диагностирования в 2...2,5 раза, автоматизированных систем диагностирования – до 5 раз. Эти возможности диагностирования используются, в основном производителями автотранспорта и в значительно меньшей мере используются производителей СХТ. В настоящее время ряд нормативных документов требуют выполнения требований по организации и проведению дефектации изделия в сборе, а также сборочных единиц и деталей (см. п.п. *а, б* п. 7.1.5.4 [11]).

## ***2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ РЕМОНТА МАШИНЫ***

Использование производителями техники методов диагностики существенно упростит процесс определения технического состояния машина в сборе и её отдельных элементов, а также позволит определять цену ремонта на ранних этапах проведения ремонтных работ. Для этой цели может быть использована разработанная нами модель ценообразования при проведении капитального ремонта самоходной техники [7, 13, 14]. При её построении мы использовали два обобщенных параметра состояния объекта [12]. Одним из них является нормированный суммарный запас годности

системы  $\Gamma_{\Sigma}$  в момент контроля  $t_{ki}$ . Вторым – значение гарантийной наработки без отказа  $\tau_2$ .

$$\Gamma_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Gamma_i = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot r_i, \quad (9)$$

где  $r_i$  – остаточный ресурс  $i$ -го элемента в момент контроля, нормированный в долях его исходного ресурса;  $n$  – число  $i$ -х элементов в рассматриваемом объекте, ресурс которых оценивается в момент контроля;  $\gamma_i$  – коэффициент, характеризующий весомость  $i$ -го элемента в машине как системе.

Коэффициент  $\gamma_i$  в первом приближении можно оценивать отношением стоимости  $i$ -го элемента  $C_i$  к стоимости (цене) новой машины в целом  $C_m$ , включив в стоимость замены элемента затраты на разборочно-сборочные и пр. работы, то есть

$$\gamma_i = \frac{C_{si}}{\sum_{i=1}^n C_{si}} = \frac{C_{si}}{C_{sm}} \quad \text{а} \quad \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1 \quad (10)$$

Величину противоположную запасу годности можно рассматривать как характеристику изношенности которого будем обозначать  $\Gamma_{\Sigma}^*$

$$\Gamma_{\Sigma i} + \Gamma_{\Sigma i}^* \equiv 1 \quad (11)$$

В общем случае цена необезличенного ремонта машины  $Ц_{рм}$  включает в себя следующие статьи затрат (рисунок 2):

$$Ц_{рм} = C_{пост} + C_{пер\ i} = C_{пост} + (C_{вд\ i} + C_{нд\ i} - C_{yi}), \quad (12)$$

$C_{пост}$  – условно постоянные затраты;  $C_{пер\ i}$  – переменные затраты, которые требуются для ремонта машины, имеющей уровень износа  $\Gamma_{\Sigma i}^*$ ;  $C_{вд\ i}$  – стоимость восстановленных деталей;  $C_{нд\ i}$  – стоимость новых деталей;  $C_{yi}$  – стоимость утильных деталей при том же  $\Gamma_{\Sigma i}^*$ .

На оси абсцисс показана цена новой машины в относительных единицах, т.е.  $Ц_{нм}=1$ . На оси ординат – уровень потери её годности  $\Gamma_{\Sigma i}^*$ . Все виды затрат, связанных с ремонтом изношенной машины «привязываются» к цене новой машины и откладываются на этой же оси как относительная величина  $Ц_{рм} / Ц_{нм}$ .

На рисунке имеются две гипотетические оси А и Б.

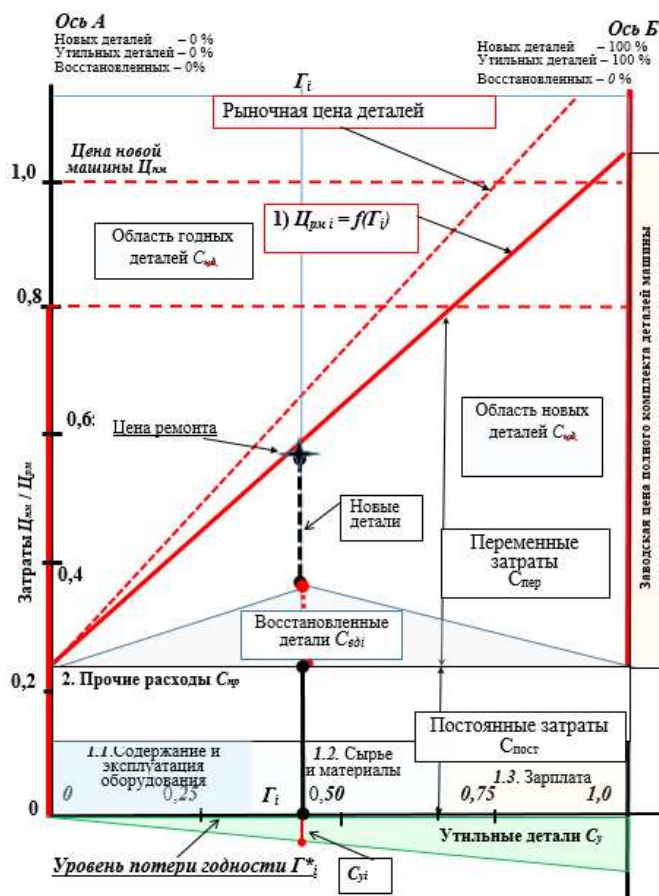


Рисунок 2. Модель формирования цены отремонтированной машины

Ось А соответствует ситуации, когда новую машину разбирают и собирают заново из тех же деталей. Ось Б отражает ситуацию, когда разбирают машину, в которой все детали утильные. Исходя из этого

$$C_{рм\ мин} = C_{пост} + C_{пер\ i} \tag{13}$$

$$C_{рм\ max} = C_{пост} + (C_{вд\ i} + C_{нд\ i} - C_{y\ i}) \tag{14}$$

$C_{пост}$  – условно постоянные затраты;  $C_{пер\ i}$  – переменные затраты, которые требуются для ремонта машины, имеющей уровень износа  $\Gamma_{\Sigma i}^*$ ;  $C_{вд\ i}$  – стоимость восстановленных деталей;  $C_{нд\ i}$  – стоимость новых деталей;  $C_{y\ i}$  – стоимость утильных деталей при том же  $\Gamma_{\Sigma i}^*$ .

Во всех промежуточных состояниях цена ремонта зависит от уровня износа пришедшей в ремонт машины

$$C_{рм\ i} = f(\Gamma_{i}^*) \tag{15}.$$

Более подробно построение модели ценообразования изложено в [13, 14, 15].

Как показывали исследования [15, 16, 17], при проведении капитального ремонта фактическая цена проведения капитального ремонта, которая соответствовала уровню износа машин и определялась нами на ремонтных предприятиях [17], существенно отличалась от нормативной, которая действовала на этих предприятиях. В структуре деталей самоходных машин, которые приходили в капитальный ремонт и списывались, имеется достаточно большое количество годных без ремонта и годных после восстановления деталей (таблица 1).

Таблица 1 – Структура годности деталей и узлов тракторов ДТ-75, % [16]

Характеристика машин	Количество обследованных тракторов	Детали (узлы) по оптовым ценам запчастей,		
		годные без ремонта	годные после ремонта	утильные
Поступившие в 1-й капитальный ремонт	30	43,0	41,2	15,8
Списанные полностью	40	36,7	43,0	20,3

Зная эту структуру, цену новой машины, затраты на проведение ремонтных работ и стоимость каждой группа деталей, из которых будет собираться машина в процессе проведения ремонта, можно определить остаточный уровень годности машины.

### 3. ОСТАТОЧНАЯ СТОИМОСТЬ МАШИНЫ

По исследованиям, проводимых в ГОСНИТИ, связь между износом  $U_i$  и остаточной стоимостью сельскохозяйственных машин (СХМ)  $C_{ост i}$  может быть выражена зависимостью [18]

$$C_{ост i} = (1 - U_i) \times K_{nu} , \tag{16}$$

где  $K_{nu}$  - коэффициент, учитывающий потребительский интерес.

Нормативы определения общего износа полнокомплектных машин по годам их эксплуатации, приведены в [19]. Исходя из этих нормативов, можно оценить остаточную стоимость пришедшей в ремонт машины.

Учитывая связь остаточной стоимости машины  $C_{ост}$  с годностью  $G_i$

(уровнем износа  $\Gamma_i^*$ ), по этим данным построена зависимость  $C_{ост} = f(\Gamma_i^*)$  (рисунок 3а).

На рисунке 3а в соответствии с (16) показана зависимость остаточной стоимости трактора К-701, которая близка к линейной.

Несколько иная картина наблюдается на рынке подержанной техники. На основании стоимости новых и продаваемых машин путем обобщения прайс-листов, представленных фирмами-изготовителями и продавцами техники была определена стоимость машин, продаваемых на вторичном рынке. По этим данным были построены зависимости  $C_{ост} = f(\Gamma_i^*)$  (рисунок 3б). Как видно из этого рисунка, остаточная стоимость машины существенно падает уже при незначительном снижении годности,

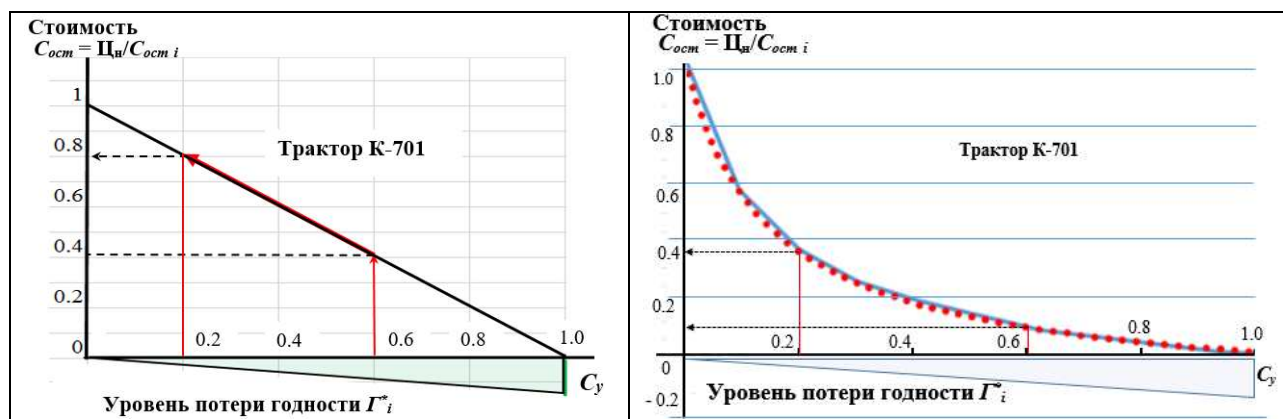


Рисунок 3. Модель изменение остаточной стоимости машин: а) по нормативным данным; б) по стоимости на вторичном рынке

Это связано с тем, что вторичный рынок во всех странах мира функционирует на протяжении многих десятилетий и учитывает как риски продавца, так и риски покупателя. Поскольку машины обычно продаются с закончившимся гарантийным сроком службы, то покупатель после приобретения такой машины берёт на себя все расходы по поддержанию её работоспособности.

#### 4. ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИНЫ И МОДЕЛИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ

Определённый интерес представляет рассмотрение вариантов использования машины после повышения уровня её работоспособности путём ремонта:

- 1) последующая продажа на вторичном рынке;
- 2) дальнейшее её использование владельцем по прямому назначению.

Целесообразность проведения ремонта для первого варианта определяется ожидаемыми доходами владельца от продажи отремонтированной машины  $D_{нрм}$  по более высокой цене  $C_{ост}^P$  (за счёт повышения уровня годности отремонтированной машины) которые получит её собственник, затратив на её ремонт средства, равные цене этого ремонта  $C_p$ .

По логике вещей,  $D_{нрм}$  должен быть больше, чем разность остаточных стоимостей машины после ремонта  $C_{ост}^P$  и до ремонта  $C_{ост}^i$

$$D_{нрм} = \Delta C_{ост} = C_{ост}^P - C_{ост}^i > C_p. \quad (17)$$

Если

$$\Delta C_{ост} < C_p, \quad (18)$$

то восстановление работоспособности машины путём её ремонта теряет смысл, и целесообразнее машину утилизировать и получить определённый доход  $D^y$  от этой утилизации за счёт продажи годных (восстановленных) деталей. При этом равенство между доходом от утилизации  $D^y$  и доходом от продажи  $\Delta C_{ост}$

$$D^y = D_{нрм} = \Delta C_{ост} \quad (19)$$

может служить критерием определения границы годности машины, при котором варианты целесообразности ремонта и утилизации равнозначны.

Здесь следует отметить, что в некоторых случаях продавцы подержанной машины проводят её (машины) предпродажный ремонт, однако глубина этого ремонта (а, следовательно, и уровень восстановления годно-

сти) невелики. Полномасштабный капитальный ремонт продавцам невыгоден, поскольку при этом выполняется условие (18).

Эта ситуация показана на рисунке 4а, на котором в качестве примера совмещены модели ценообразования при ремонте (см. рис. 2) и остаточной стоимости (см. рис. 3а) трактора К-701, продаваемого на вторичном рынке.

В результате такого «ремонта» процессы старения в деталях, уже частично потерявших годность, (которые не были заменены или восстановлены), приведут к быстрой потере такой машиной запаса годности, а, следовательно, и к снижению эффективности её использования. В конечном результате владелец такой машины должен будет проводить ремонтные воздействия для восстановления её работоспособности, т.е. реализовывать второй вариант использования машины.

При втором варианте основным критерием определения границы целесообразности проведения ремонта является величина прибыли, которую может получить владелец. Этот вариант проведения ремонта целесообразен тогда, когда планируемые доходы от эксплуатации машины после ремонта  $P_p^{после}(T)$  за определённый момент времени  $T$ , например, за год, два, будут больше за счёт улучшения её параметров (производительности, объёмов и стоимости выполненных работ и пр.) после ремонта, чем доходы от той же машины  $P_p^{до}(T)$ , которую планируют подвергнуть ремонту.

Реализация в качестве экономического критерия итоговой прибыли от эксплуатации техники в виде функции времени определяется выражением.

$$P_p^{после}(T) = D_p(T) - Z_p(T) - Y_{np}(T) > P_p^{до}(T) \quad (20)$$

где:  $D(T)$ ,  $Z(T)$  – соответственно доходы и затраты от производственной деятельности за расчетный период  $T$ ;  $Y_{np}(T)$  – величина ущерба, вызванная простоем техники.

При этом основным критерием целесообразности ремонта являются ожидаемые результаты увеличения прибыли  $\Delta\Pi(T)$  от использования ма-

шины до ремонта  $P_p^{до}(T)$  и после него  $P_p^{после}(T)$ , которые быть должны быть больше цены ремонта, т.е.

$$\Delta P(T) = P_p^{после}(T) - P_p^{до}(T) > C_p. \quad (21)$$

В то же время проведение полнокомплектного ремонта СХТ с большим уровнем потери годности  $\Gamma_i^*$ , который раньше проводился на ремонтных заводах, чаще всего неэффективен, поскольку фактически

$$\Delta P(T) < C_p. \quad (22)$$

Рассмотрим это утверждение на модели, представленной на рис. 4б. Как показали результаты исследований ремонтных заводов, проводящих полнокомплектный ремонт [15, 16, 17], цена ремонта при восстановлении машин с большим  $\Gamma_i^*$  может приближаться к стоимости новой машины.

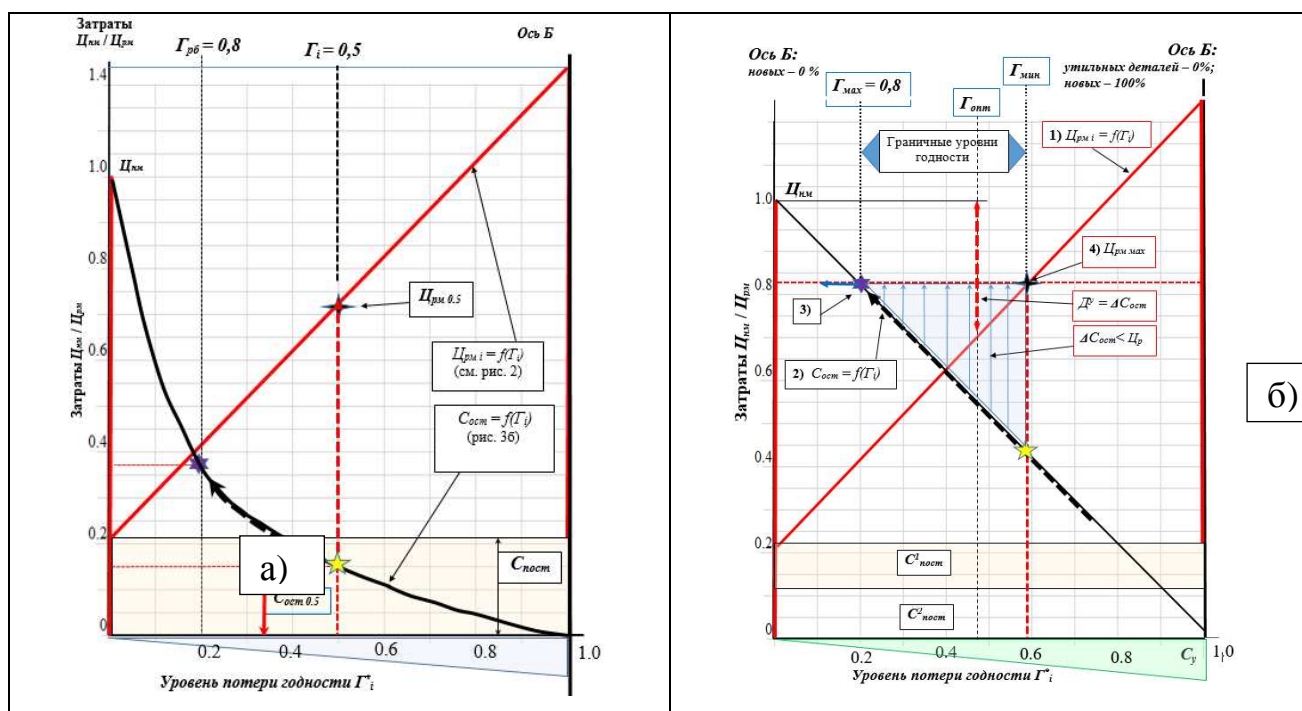


Рисунок 4. Модель целесообразности утилизации при различных вариантах её использования: а) при продаже на вторичном рынке; б) для дальнейшего использования по назначению.

При этом нормативный послеремонтный ресурс (который в первом приближении можно рассматривать как уровень годности машины  $\Gamma_i$ ) составлял 80% от ресурса новой машины при нормативной цене ремонта около 50% от цены новой машины. Это связано с тем, что при сборке от-



ремонтированной машины используются детали годные без ремонта и восстановленные, имеющих годность ниже единицы.

Исходя из этого можно определить интервал годности машин, внутри которого капитальный ремонт теоретически может проводиться: минимальное граничное значение этого интервала  $\Gamma_{мин} = 0,4$  ( $\Gamma_{мин}^* = 0,6$ ), при котором цена ремонта  $C_{pi}=0,8C_n$  (см. рис. 4б) и максимальное  $\Gamma_{мин} > 0,8$  ( $\Gamma_{мин}^* > 0,2$ ), при котом эффект от ремонта минимальный. Теоретически существует оптимальная величина годности  $\Gamma_{opt}$ , при которой соблюдается условие (20). Эта величина находится в районе  $\Gamma_{opt} \approx 0,5$ . Но при этом затраты на ремонт для восстановления годности машины до значения  $\Gamma_i = 0,8$  составят около 70% от стоимости новой машины. И это сдерживает проведение такого ремонта. При меньших затратах на ремонт будет выполняться условие (18).

Если учесть, что в настоящее время в АПК средние плановые затраты финансовых средств на один ремонт трактора (по данным формы отчётности МСХ РФ «1-рем» на 01.01.20015 г.) составляют около 7% от стоимости машины, (фактические – 2,8 %), а для комбайнов около 5% и 2,8 % соответственно, то говорить об существенном повышении технической готовности, производительности и прибыли от такой машины и соблюдение условия (21) не приходится. По сути дела, проводимые работы мало чем отличаются от косметического ремонта, который проводится при предпродажном ремонте, т.е. владелец машины после её кратковременной эксплуатации снова столкнётся с необходимостью ремонта, и при этом, скорее всего, будет выполняться условие (22).

Всё вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что при любом предполагаемом варианте использования машины владелец столкнётся с необходимостью проведения её ремонта. Однако, как видно из приведённого теоретического анализа, полнокомплектный ремонт машины при год-

ности  $G_i < 0,5$  нецелесообразен, поскольку при этом будут выполняться условия (18) и (22).

Тем не менее, ремонт СХТ с низким уровнем годности продолжает проводиться, и это ведёт к дальнейшему старению парка и снижению экономических показателей сельскохозяйственных предприятий, использующих этот парк.

Поэтому, при всех прочих равных условиях, утилизация техники с низким уровнем годности (и получение дохода  $D'$ , который может быть использован для приобретения новых машин, обладающих производительностью, многократно превышающей производительность морально и физически изношенных машин), может послужить дополнительным фактором развития и повышения конкурентоспособности АПК.

### Литература

1. Мировая экономика: глобальные тенденции за 100 лет / Под ред. И.С. Королева. – М.: Юристъ, 2003. – 604 с.
2. С.П. Капица, «Феноменологическая теория роста населения Земли», *УФН*, 166:1 (1996), с. 63-80
3. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2000 г. № 995 «О порядке утилизации и реализации авиационной техники, снятой с эксплуатации»
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 августа 2012 г. № 870 "Об утилизационном сборе в отношении колесных транспортных средств
5. Постановление Правительства РФ от 13 июня 2012 г. N 581 «О лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники»
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2016 г. № 81 «Об утилизационном сборе в отношении самоходных машин и (или) прицепов к ним и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»
7. Игнатов В.И. Научные основы формирования стратегии технического обслуживания и ремонта лесных машин: монография / В.И.Игнатов, Н.С.Еремеев, А.А.Селиванов – М.: МГУЛ, 2000. – 338 с.
8. Hotelling H. A general mathematical theory of depreciation. – *Journal of the American Statistical Association*, September 1925, 20 (151), pp.340–353
9. Еремеев Н.С. Повышение эффективности технической эксплуатации лесозаготовительных машин на основе управления их остаточным ресурсом. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М. 2005 – 35 с.
10. Методика разработки нормативов сроков службы тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве. – М.: НИИПиН, 1982. – 54 с.
11. ГОСТ 2.602-2013 ЕСКД. Ремонтные документы.

12. Селиванов А.И. Основы теории старения машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 408 с.
13. Игнатов В.И. Техническая эксплуатация и технология ремонта машин и оборудования лесного комплекса: учебник/ В.И. Игнатов, В.А. Макуев, А.В. Сиротов – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 489 с.
14. Игнатов В.И. Техничко-экономическое обоснование принятия решения о целесообразности проведения ремонта или утилизации техники / В.И. Игнатов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2016.№08. – С. 32-42.
15. Конкин Ю.А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1983. – 414 с.
16. Игнатов В.И. Организация необезличенного капитального ремонта лесозаготовительных машин. – М.: МГУЛ, 1988. – 55 с.
17. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебное пособие / под ред. В.И. Черноиванова. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ-ЧГАУ. 2003. – 992 с.
18. Taylor J.C. A statistical theory of depreciation. The journal of the American statistical Association. December, 1923

### References

1. Mirovaja jekonomika: global'nye tendencii za 100 let / Pod red. I.S. Koroleva. – М.: Jurist#, 2003. – 604 s.
2. S.P. Kapica, «Fenomenologicheseskaja teorija rosta naselenija Zemli», UFN, 166:1 (1996), s. 63-80
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21 dekabnja 2000 g. № 995 «O porjadke utilizacii i realizacii aviacionnoj tehniki, snjatoj s jekspluatacii»
4. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30 avgusta 2012 g. № 870 "Ob utilizacionnom sbore v otnoshenii kolesnyh transportnyh sredstv
5. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 13 ijunja 2012 g. N 581 «O licenzirovanii razrabotki, proizvodstva, ispytanija, ustanovki, montazha, tehničeskogo obslužhivanija, remonta, utilizacii i realizacii vooruzhenija i voennoj tehniki»
6. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 6 fevralja 2016 g. № 81 «Ob utilizacionnom sbore v otnoshenii samohodnyh mashin i (ili) pricepov k nim i o vnesenii izmenenij v nekotorye акты Pravitel'stva Rossijskoj Federacii»
7. Ignatov V.I. Nauchnye osnovy formirovanija strategii tehničeskogo obslužhivanija i remonta lesnyh mashin: monografija / V.I.Inatov, N.S.Eremeev, A.A.Selivanov – М.: MGUL, 2000. – 338 s.
8. Hotelling H. A general mathematical theory of depreciation. – Journal of the American Statistical Association, September 1925, 20 (151), pp.340–353
9. Eremeev N.S. Povyšenie jeffektivnosti tehničeskij jekspluatacii lesozagotovitel'nyh mashin na osnove upravlenija ih ostatočnym resursom. Avtoreferat dissertacii na soiskanie učennoj stepeni doktora tehničeskijh nauk. M. 2005 – 35 s.
10. Metodika razrabotki normativov srokov služby traktorov i zernoboročnyh kombajnov v sel'skom hozjajstve. – М.: NIIPiN, 1982. – 54 s.
11. GOST 2.602-2013 ESKD. Remontnye dokumenty.
12. Selivanov A.I. Osnovy teorii starenija mashin. – М.: Mashinostroenie, 1971. – 408 s.

13. Ignatov V.I. Tehniceskaja jekspluatacija i tehnologija remonta mashin i oborudovaniya lesnogo kompleksa: uchebnik/ V.I. Inatov, V.A. Makuev, A.V. Sirotov – M.: GOU VPO MGUL, 2006. – 489 s.

14. Ignatov V.I. Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie prinjatija reshenija o celoobraznosti provedenija remonta ili utilizacii tehniki / V.I. Ignatov // Sel'skohozejstvennaja tehnika: obsluzhivanie i remont. 2016.№08. – S. 32-42.

15. Konkin Ju.A. Jekonomika remonta sel'skohozejstvennoj tehniki. – M.: Kolos, 1983. – 414 s.

16. Ignatov V.I. Organizacija neobezlichennogo kapital'nogo remonta lesozagotovitel'nyh mashin. – M.: MGUL, 1988. – 55 s.

17. Tehniceskoe obsluzhivanie i remont mashin v sel'skom hozjajstve: uchebnoe posobie / pod red. V.I. Chernovanova. – Moskva-Cheljabinsk: GOSNITI-ChGAU. 2003. – 992 s.

18. Taylor J.C. A statistical theory of depreciation. The journal of the American statistical Association. December, 1923