

УДК 681.3.06

В.Б. АЛЬГИН, доктор техн. наук, А.В. ВЕРБИЦКИЙ  
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

## РАСХОД РЕСУРСА АВТОМОБИЛЯ. ЧАСТЬ I: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

*Проанализированы подходы и методы оценки физического износа (расхода ресурса) технических объектов. Приведены примеры расчета по различным методикам. Показано разнообразие трактовок физического износа (расхода ресурса) объектов техники. Введено понятие расхода ресурса автомобиля как средневзвешенной величины расхода ресурса его основных частей. Представлена нелинейная модель для определения расхода ресурса основной части автомобиля в зависимости от ее пробега и возраста.*

### Введение

Задачи оценки ресурса имеют место при проектировании и эксплуатации, а также при вторичном использовании объектов современной техники. Модели расхода ресурса разрабатываются и используются, во-первых, в рамках теории надежности (при оценке показателей долговечности) и, во-вторых, при оценке стоимости объектов.

В первом случае [1–5] в моделях воспроизводятся процессы нагружения и повреждающее действие нагрузок, устанавливаются распределения наработок до предельного состояния деталей, узлов, агрегатов и машин в целом. Большое значение при этом имеет учет критериев предельных состояний, которые описываются в технических условиях на рассматриваемый объект. Во втором случае физические процессы, приводящие к изменению ресурсных свойств, в явном виде не рассматриваются, хотя говорится о «физическом износе», который трактуется как показатель снижения стоимости объекта. В некоторых случаях понятия физического износа и расхода ресурса отождествляются.

Несмотря на развитость терминологического аппарата теории надежности понятие расхода ресурса машины в ней отсутствует. На практике возможна ситуация, когда одна или несколько составных частей машины являются слабыми звеньями и достижение ими предельных состояний приводит, по крайней мере — формально (на основании критерия предельного состояния), к исчерпанию ресурса машины. Вместе с тем, в автомобиле могут быть узлы, которые обладают определенным остаточным ресурсом, хотя по признакам предельного состояния автомобиль в целом ресурс исчерпал. Возможно, что на автомобиле имеются недавно замененные узлы, состояние которых не учитывается при определении предельного состояния автомобиля в целом. Как в этом случае трактовать расход ресурса автомобиля?

Целесообразно выработать понятие расхода ресурса машины как системы, которое позволяло бы учитывать ресурсы ее работоспособных составных частей. Этому вопросу посвящена первая часть статьи. В ней приведены результаты анализа различных методик по определению физического износа (расхода ресурса) техники. Даны примеры расчетов по различным методикам. Сопоставлены понятия физического износа, остаточного ресурса, ресурса до предельного состояния машины. Введено понятие расхода ресурса автомобиля, представлен общий вид зависимости для определения расхода ресурса его составных частей по их пробегу и возрасту.

### Анализ существующих методик оценки физического износа машин, оборудования и транспортных средств

В методической литературе Р-03112194-0376-98 [6], широко используемой при оценочной деятельности, приведены методы расчета физического износа транспортного средства, основанные на формулах (1) — (5).

Метод расчета *физического износа с контролем технического состояния* считается наиболее точным и обоснованным. Если нормативно-технической документацией (НТД) для транспортного средства установлен нормативный пробег до списания (капитального ремонта), то физический износ рассчитывается по формуле

$$I_{\phi} = \frac{L_{\text{эф}}}{L_n} \cdot 100, \% , \quad (1)$$

где  $L_{\text{эф}}$  — эффективный пробег транспортного средства с начала эксплуатации на дату оценки, тыс. км;  $L_n$  — нормативный пробег до списания (капитального ремонта) транспортного средства, тыс. км. При установлении НТД нормативного срока службы расчет данным методом проводится по формуле

$$I_{\phi} = \frac{T_{\text{эф}}}{T_n} \cdot 100, \% , \quad (2)$$

где  $T_{эф}$  — эффективный возраст транспортного средства на дату оценки, лет (моточасов);  $T_n$  — нормативный срок службы до списания (капитального ремонта) транспортного средства, лет (моточасов).

Также может быть использован *нормативный метод с корректированием*. Если НТД установлен нормативный пробег до списания (капитального ремонта), то расчет проводится по формуле

$$I_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{L_n K_1 K_2 K_3} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Здесь  $L_{\phi}$  — фактический пробег с начала эксплуатации транспортного средства на дату оценки, тыс. км;  $K_1, K_2, K_3$  — коэффициенты корректирования нормативного пробега (нормативного срока службы) до списания в зависимости от условий эксплуатации, модификации транспортного средства и организации его работы, природно-климатических условий соответственно. При установлении НТД нормативного срока службы расчет данным методом проводится по формуле

$$I_{\phi} = \frac{T_{\phi}}{T_n K_1 K_2 K_3} \cdot 100, \% \quad (4)$$

где  $T_{\phi}$  — фактический возраст (срок службы) транспортного средства на дату оценки, лет (моточасов);

*Расчет физического износа с учетом возраста и пробега* транспортного средства с начала эксплуатации [6] проводится по формуле

$$I_{\phi} = 100(1 - e^{-\Omega}), \% \quad (5)$$

где  $e$  — основание натуральных логарифмов,  $e \approx 2,72$ ;  $\Omega$  — функция, зависящая от возраста и фактического пробега транспортного средства с начала эксплуатации.

Вид функции  $\Omega$  для различных видов транспортных средств определяется в соответствии с таблицей 1.

В учебной литературе, связанной с оценкой стоимости машин, оборудования и транспортных средств [7], приводится принцип наилучшего и наиболее эффективного использования, который требует, чтобы оценка стоимости объекта, который может быть использован по-разному, проводилась при условии его наилучшего и наиболее эффективного использования. Отмечается, что реализация данного принципа сопровождается трудностями, когда объект обладает многофункциональностью, применяется в различных областях. Например, трактор может быть использован в строительстве, сельскохозяйственных и промышленных ра-

Таблица 1 — Параметрическое описание функции  $\Omega$ , зависящей от фактического возраста  $T_{\phi}$  и фактического пробега с начала эксплуатации  $L_{\phi}$ , для различных видов транспортных средств

Вид транспортного средства	Вид зависимости $\Omega$
Легковые автомобили отечественные	$\Omega = 0,07 T_{\phi} - 0,0035 L_{\phi}$
Грузовые бортовые автомобили отечественные	$\Omega = 0,1 T_{\phi} + 0,003 L_{\phi}$
Тягачи отечественные	$\Omega = 0,09 T_{\phi} + 0,002 L_{\phi}$
Самосвалы отечественные	$\Omega = 0,15 T_{\phi} + 0,0025 L_{\phi}$
Специализированные отечественные	$\Omega = 0,14 T_{\phi} + 0,002 L_{\phi}$
Автобусы отечественные	$\Omega = 0,16 T_{\phi} + 0,001 L_{\phi}$
Легковые автомобили европейского производства	$\Omega = 0,05 T_{\phi} + 0,0025 L_{\phi}$
Легковые автомобили американского производства	$\Omega = 0,055 T_{\phi} + 0,003 L_{\phi}$
Легковые автомобили азиатского производства (кроме Японии)	$\Omega = 0,065 T_{\phi} + 0,0032 L_{\phi}$
Легковые автомобили производства Японии	$\Omega = 0,045 T_{\phi} + 0,002 L_{\phi}$
Грузовые автомобили зарубежного производства	$\Omega = 0,09 T_{\phi} + 0,002 L_{\phi}$
Автобусы зарубежного производства	$\Omega = 0,12 T_{\phi} + 0,001 L_{\phi}$

ботах. Рассматриваются методы: эффективного возраста, средневзвешенного хронологического возраста и ряд других.

*Метод эффективного возраста (срока службы)* основан на понятии эффективного возраста. Эффективный возраст  $T_{эф}$  — это возраст, соответствующий физическому состоянию машины, отражающий фактическую наработку машины за срок  $T$  и учитывающий условия ее эксплуатации.

Обычно для определения  $T_{эф}$  экспертно оценивают остающийся срок службы  $T_{ост}$  объекта до его изъятия из эксплуатации и списания. В том случае

$$T_{эф} = T_n - T_{ост} \quad (6)$$

где  $T_n$  — нормативный срок службы. Определение  $T_{ост}$  предполагает, что *известно как машина будет эксплуатироваться с момента оценки до самого окончания ее срока службы (сменность, нагрузка, условия работы и т.п.)*. Возможны иные пути нахождения  $T_{эф}$ . Например, метод корректировки хронологического возраста  $T$  с помощью ряда коэффициентов. Произведение этих коэффициентов называется коэффициентом использования машины  $K_{исп}$ . Таким образом

$$T_{эф} = K_{исп} T \quad (7)$$

*Метод средневзвешенного хронологического возраста* может быть применен, если после нескольких лет эксплуатации, замен и ремонтов ряда ее деталей и узлов возраст их оказался разным. В этом случае коэффициент физического износа

$$k_{физ} = \frac{T_{ср.взв}}{T_n} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i d_i}{T_n} \quad (8)$$

где  $T_{ср.взв}$  — средневзвешенный хронологический возраст машины;  $T_i$  — хронологический (или эффективный) возраст  $i$ -го агрегата;  $d_i$  — доля  $i$ -го агрегата в восстановительной стоимости машины;  $n$  — количество разновозрастных агрегатов в машине.

В научных работах [8, 9], связанных с оценочной деятельностью и вопросами экономической сущности износа машин и оборудования, содержится детальный анализ методов определения физического износа. В [8] указано, что под воздействием естественных факторов и в результате эксплуатации машины и оборудование накапливают физический износ. Существуют различные методы его определения. Главными условиями применения методов являются цель оценки и необходимая точность. Для оценки износа применяются нормативный, ресурсный, экспертный методы; метод поэлементного расчёта; метод эффективного возраста; затратный, рыночный, доходный методы.

В *инструктивных документах и правилах* описаны методы, основанные на следующих формулах.

Расчетный процент износа определяется в соответствии с [10] по формуле

$$I_p = (I_1 P_{\phi} + I_2 D_{\phi}), \% \quad (9)$$

где  $I_1$  — показатель износа по пробегу (в % на 1000 км пробега);  $P_{\phi}$  — фактический пробег на день осмотра, тыс. км, с начала эксплуатации или после капитального ремонта;  $I_2$  — показатель старения по временному фактору (% в год);  $D_{\phi}$  — фактическая длительность эксплуатации (в годах) с начала эксплуатации или после капитального ремонта.

В некоторых инструктивных материалах для определения расхода ресурса применялась формула

$$P_p = I_1 K_K P_\Phi + I_2 D_\Phi, \% \quad (10)$$

где  $I_1$  – показатель износа по пробегу, %/тыс.км;  $K_K$  – корректировочный коэффициент, учитывающий тип машин и характер их использования;  $P_\Phi$  – фактический пробег с начала эксплуатации или после капитального ремонта, тыс.км;  $I_2$  – показатель старения по временному фактору, учитывается при годовом пробеге менее 2500 км и равен 3 %/год;  $D_\Phi$  – фактический срок службы, лет.

Физический износ автотранспортного средства [11]

$$I_{\text{физ}} = (I_2 D_\Phi + I_1 (P_\Phi - P_c D_\Phi)) A_3, \% \quad (11)$$

где  $I_1$  – коэффициент корректирования износа в зависимости от величины отклонения фактического пробега автотранспортного средства от среднегодового (равный 0,25% или 0,1% за 1000 км перепробега или недопробега соответственно);  $P_\Phi$  – фактический пробег автотранспортного средства с начала эксплуатации, тыс.км;  $P_c$  – среднегодовой пробег, тыс.км.;  $I_2$  – величина износа автотранспортного средства за год эксплуатации, %;  $A_3$  – коэффициент корректирования износа, учитывающий тип региона, в котором эксплуатировался объект.

Расход ресурса специфических товаров, техники и имущества, для которых назначены один или несколько показателей ресурса, срок службы (хранения) до списания согласно [12]:

$$P_p = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{P_{\text{ф.н}}}{P_{\text{н.н}}}}{N} 100, \% \quad (12)$$

где  $P_p$  – расход ресурса в процентах;  $n$  – показатель ресурса, срока службы (хранения), по которому проводится расчет;  $P_{\text{ф.н}}$  – фактическое значение показателя ресурса, срока службы (хранения) на момент составления акта (в часах, моточасах, циклах работы, километрах пробега, единицах объема, годах);  $P_{\text{н.н}}$  – значение назначенного показателя ресурса, срока службы (хранения) до списания (в часах, моточасах, циклах работы, километрах пробега, единицах объема, годах);  $N$  – количество параметров, определяющих ресурсы, сроки службы (хранения).

На основании описанных методик проведены расчеты физического износа автомобилей, полученные результаты сведены в таблицу 2.

Представленные в таблице значения физического износа имеют существенное расхождение и дают основание для вывода о том, что необходима доработка методик и

увязка моделей и данных, лежащих в их основе, с процессами расхода ресурса машин и их составных частей.

### Понятие расхода ресурса автомобильной техники

Очевидно, что физический износ, используемый при оценке стоимости машин, и механический износ в результате трения имеют различный смысл.

В механике (трибомеханике) под изнашиванием понимают процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела. Износ – результат изнашивания, определяемый в установленных единицах. Износ может выражаться в единицах длины, объема, массы и других. Количественно эти параметры в процессе эксплуатации, как правило, изменяются незначительно. Например, автомобильный двигатель средней мощности после полного износа имеет потерю массы не более 1% от исходной, а грузовой автомобиль средней грузоподъемности – не более 3 кг [14].

В оценочной практике широко используется определение физического износа через остаточный ресурс. Анализ определений физического износа и остаточного ресурса показывает, что они не являются взаимодополняющими понятиями, хотя по смыслу сумма этих величин должна быть равна начальному ресурсу объекта.

Поэтому принципиальным положением является трактовка понятия расхода ресурса (и соответственно, остаточного ресурса, как дополняющего параметра).

Базовые понятия не подлежат строгому определению. Они вводятся путем пояснений, а затем являются основой для последующих выводов в рамках рассматриваемой проблематики.

Введем понятие расхода ресурса автомобиля как базовое. Под расходом ресурса  $K_{AT}$  образца автомобильной техники (АТ) будем понимать *средневзвешенный расход ресурса его основных частей*

$$K_{AT} = \sum_{i=1}^N \xi_i K_{pi} \quad (13)$$

где  $K_{pi}$  – расход ресурса  $i$ -й основной части образца АТ;  $\xi_i$  – удельный показатель, имеющий смысл *доли или вклада расхода ресурса  $i$ -й основной части в совокупном расходе ресурса АТ.*

В качестве  $\xi_i$  предлагается использовать *относительную массу*, т.е. массовую долю основной части в общей сумме масс основных частей автомобиля.

Подобный по структуре показатель используется в методе средневзвешенного хронологического воз-

Таблица 2 – Расчет физического износа, %

Автомобиль, пробег, срок эксплуатации	Использованная формула						
	(3)	(5)	(9)	(10)*	(11)	(12)	
ВАЗ – 2105, 90 000 км, 8 лет	40	58,3	39,4	51	36	54,395	36,67
ВАЗ – 2105, 90 000 км, 15 лет	40	74,5	51,6	51	36	93,525	51,25
ВАЗ – 2105, 260 000 км, 8 лет	115,56	77,0	94,64	119	104	91,375	74,44
ВАЗ – 2105, 260 000 км, 15 лет	115,56	85,9	101,75	119	104	111,8	89,03
ЗИЛ - 130, 60 000 км, 10 лет	13,95	69,3	28,5	30	15	-	27,81
ЗИЛ - 130, 60 000 км, 20 лет	13,95	88,7	44,2	30	15	-	48,64
ЗИЛ - 130, 260 000 км, 10 лет	60,46	83,1	67,9	80	65	-	51,07
ЗИЛ - 130, 260 000 км, 20 лет	60,46	93,8	84,6	80	65	-	71,90

Примечание: В расчетах, основанных на формуле (10), рассмотрены два случая: 1) при эксплуатации автомобиля в течении 5-ти лет автомобиль имел пробег менее 2500 км, 2) автомобиль эксплуатировался равномерно, и его среднегодовой пробег составлял более 2500 км.

раста машины в том случае, если учитывается ситуация, когда после нескольких лет эксплуатации, замен и ремонтов ряда деталей и узлов их возраст оказался разным. При этом в качестве удельного показателя  $\xi_i$  используется доля  $i$ -го агрегата в *восстановительной стоимости* машины [7], см. также приведенную выше формулу (8).

Сходный по структуре показатель приведен в [8] при рассмотрении метода поэлементного расчета оборудования. Метод основан на определении износа отдельных элементов с последующим их суммированием с учетом удельной величины элементов в *себестоимости* машин и оборудования.

Оба рассмотренных подхода ориентированы на стоимостную трактовку остаточного ресурса. Однако с технической точки зрения нет оснований полагать, что ресурс напрямую связан со стоимостью, и чем дороже составная часть объекта, тем большим ресурсом она обладает. Наоборот, в машинах выдерживается примерно одинаковый технологический уровень для различных их составных частей с тем, чтобы не было резкого отличия в их ресурсных показателях, так как это экономически нецелесообразно. Поэтому вводимому показателю следует придать иной, *нестоимостной смысл*.

Показатель  $\xi_i$ , который принимается в разрабатываемых подходах и методиках, имеет смысл *доли массы*, приходящейся на данную основную часть, в общей массе основных частей машины. *Физический смысл вводимого показателя* можно установить из следующих рассуждений. В составной части выделим элементарные объемы, каждый из которых может находиться в неповрежденном и поврежденном состояниях. При этом расход ресурса свяжем с числом поврежденных элементарных объемов. Полагая, что основные части машин выполнены в основном из металла, можно перейти от элементарных объемов к массе составных частей.

Данное рассуждение не совсем строгое, однако использовать простое осреднение расходов ресурса частей или их стоимостные характеристики для получения общего расхода ресурса машины представляется менее корректным. Несложно привести примеры, доказывающие, что стоимость напрямую не связана с ресурсом, хотя определенная корреляция между стоимостью и массой составной части имеется.

Таким образом, вводимое понятие расхода ресурса подкрепляется физическим смыслом — степенью повреждения основных частей объекта. Можно полагать, что ремонты и другие восстановительные действия приводят к уменьшению расхода ресурса. Теоретически машина может обладать неограниченным сроком службы, вследствие регулярного обновления ее составных частей и, тем самым, повышения остаточного ресурса, имеющего смысл ресурсного потенциала частей машины.

#### Расход ресурса основной части образца АТ

Расход ресурса (износ)  $K_p$  основной части образца АТ определяется как функция ее наработки и возраста. Определение  $K_p$  основано на предлагаемой следующей зависимости

$$K_p = 1 - (1 - K_L)(1 - K_T), \quad (14)$$

где  $K_L$  — расход ресурса в относительных единицах по пробегу;  $K_T$  — расход ресурса в относительных единицах по возрасту.

Формула подобной структуры в ряде случаев используется для вычисления совокупного износа при оценке неживимости, машин и оборудования

$$I_{об} = 1 - (1 - I_{ф})(1 - I_{фун})(1 - I_{в}). \quad (15)$$

Здесь  $I_{об}$  — общий или совокупный износ;  $I_{ф}$  — физический износ;  $I_{фун}$  — функциональный износ;  $I_{в}$  — внешний износ.

Корректность приведенной формулы (15) для расчета совокупного износа подвергается сомнению в работе [13]. Указывается, что физический, функциональный и внешний износы имеют различную физическую природу и должны иметь различную базу для вычислений. По мнению автора, формула лишь имеет одно кажущееся достоинство: с ее помощью всегда можно получить совокупный износ  $I_{об}$  материального объекта меньше единицы при любых величинах  $I_{ф}$ ,  $I_{фун}$ ,  $I_{в}$  меньших единицы. Но указанное достоинство — лишь иллюзия, т.к. не всегда совокупный износ материального объекта меньше единицы [13].

С данными рассуждениями можно в определенной степени согласиться. Однако не за каждой формулой проявляется отчетливый физический смысл. Во многих случаях эмпирические формулы дают приемлемые по точности результаты за счет подбора входящих в них параметров.

Возвращаясь к предложенной формуле (14) для расчета расхода ресурса, можно отметить следующее. Оба входящих в нее параметра  $K_L$  и  $K_T$  в соответствии с рядом физических моделей утраты работоспособности совместно определяют ресурс технических объектов. И в этом отношении они освобождаются от замечаний, относящихся к формуле (15) для  $I_{об}$ .

Кроме того, покажем, что распространенная формула (5) для расчета физического износа, которая лежит в основе расчетов износа по методике [6], является частным случаем предлагаемой формулы (14) и имеет сходную с ней структуру. Для этого представим параметр  $\Omega$  в виде суммы  $\Omega = \Omega_1 + \Omega_2$ , тогда

$$e^{-\Omega} = e^{-\Omega_1} e^{-\Omega_2} = e^{-aL} e^{-bT} = (1 - K_L)(1 - K_T), \quad (16)$$

где  $K_L = 1 - e^{-aL}$  представляет собой износ по пробегу  $L$ ,  $K_T = 1 - e^{-bT}$  — износ по времени (возрасту)  $T$ .

Отсюда следует, что формула (5) является частным случаем зависимости (14) при использовании экспоненциальных законов.

Необходимо также отметить, что формула (5) для расчета  $I_{ф}$  и, соответственно, формула (14), могут быть интерпретированы как вероятность безотказной работы объекта  $P$ , которая определяется действием двух независимых факторов

$$P = 1 - P_1 P_2, \quad (17)$$

где  $P_1 = P_L$  — вероятность безотказной работы объекта по наработке,  $P_2 = P_T$  — вероятность безотказной работы объекта по времени.

При экспоненциальных законах распределения для  $P_1$  и  $P_2$  получим

$$P = 1 - e^{-aL} e^{-bT} = 1 - e^{-\Omega}, \quad (18)$$

где  $\Omega = aL + bT$ .

Как отмечается в комментарии к [6], принципиальным в Методике [6] является положение о снижении стоимости транспортного средства в процессе эксплуатации по экспоненциальному закону и это положение

реализовано в методе расчета физического износа транспортного средства с учетом возраста и пробега с начала эксплуатации, который приводится в формуле (5).

В связи со сказанным, следует выделить и учесть недостатки подхода, основанного на экспоненциальном законе. Они состоят в следующем:

1. Значения износа по формуле (5) из-за использования экспонент не достигают 100%. В расчетной методике необходимо иметь возможность получать любые значения, в том числе близкие или равные 100%-му расходу ресурса. Это целесообразная и необходимая ситуация в расчете, хотя в реальной эксплуатации объект до такой стадии может не дойти.

2. Нельзя полагать, что экспоненциальный закон (5) для физических износов является универсальным и пригодным для всех объектов. Корректнее говорить не об экспоненциальном законе, а о нелинейном характере расхода ресурса (физического износа) транспортных средств. В этом смысле предлагаемая зависимость (14) более универсальна. Она обеспечивает нелинейный характер изменения расхода ресурса даже при линейных законах изменения  $K_L$  и  $K_T$ . Кроме того, по предлагаемой формуле (14) могут быть получены значения расхода ресурса 100%, если хотя бы один из законов для  $K_L$  или  $K_T$  не будет экспоненциальным, а, например, линейным. Последнее представляется для  $K_L$  вполне обоснованным.

3. Спорным моментом формулы (5) является отсутствие в ней какой-либо связи с регламентированными пробегами автомашины и ее агрегатов до капитального ремонта. Это в определенной степени оправдано для автомобильной техники физических лиц, но не для техники, находящейся в организациях, где действует порядок вывода машин и агрегатов в капитальный ремонт в зависимости от норм их пробега до капитального ремонта.

4. Анализ формулы (5) по вкладу составляющих от пробега и возраста показывает, что в ней преобладает вклад составляющей от возраста объекта. Кроме того, данная формула ориентирована на расчет износа транспортного средства в целом. Поэтому в случае расчета расхода ресурса основных частей автотранспортной техники, можно полагать, что формула (5) пригодна для основных частей типа кабина и кузов. Для остальных основных частей следует использовать иные законы расхода ресурса, поскольку для них преобладают составляющие, связанные с пробегом (наработкой), а не возрастом.

Из приведенных соображений следует, что при оценке расхода ресурса машин по их составным частям применение формулы (14) для определения расхода ресурса  $K_p$  основных частей обеспечивает широкие возможности, и она может быть использована в качестве базовой зависимости.

## Список литературы

1. Альгин, В.Б. Динамика, надежность и ресурсное проектирование трансмиссий мобильных машин / В.Б. Альгин. — Минск: Наука и техника, 1995. — 256 с.
2. Альгин, В.Б. Схемы предельных состояний и расчет ресурса машин / В.Б. Альгин, А.В. Вербицкий, А.И. Суровцев // Совр. методы проектирования машин. Расчет, проектирование и технология изготовления: сб. науч. тр. в 3-х т. — Минск: Технопринт, 2002. — Вып. 1, Т. 2. — С. 344—348.
3. Альгин, В.Б. Программный комплекс для расчета ресурса механических систем / В.Б. Альгин, А.И. Суровцев // Механика машин. Теория и практика: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10—11 февр. 2003 г. — Минск: Белавтотракторостроение, 2004. — С. 286—297.
4. Альгин, В.Б. Проектирование оптимальных машин и проблема ресурса / В.Б. Альгин // Совр. методы проектирования машин: респ. межвед. сб. науч. тр.: в 7 т. / под общ. ред. П.А. Витязя. — Минск: Технопринт, 2004. — Вып. 2, Т. 1: Перспективные направления создания машин. — С. 93—100.
5. Кинематический, динамический и ресурсный расчеты в механике машин / В.Б. Альгин [и др.] // Теорет. и прикладная механика, 2005. — Вып. 19. — С. 42—50.
6. Методика оценки остаточной стоимости транспортных средств с учетом технического состояния Р 03112194-0376-98 с комментарием / коммент. Ю.В. Андрианова. — 2-е изд. — М.: ФГУП НИИАТ; Автоплюс-Плюс, 2005. — 176 с.
7. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств / А.П. Ковалев [и др.]. — М.: Интерреклама, 2003. — 488 с.
8. Имшенецкий, А.Н. Основы экономической оценки износа машин и оборудования в промышленности: автореф. дис. ... канд. экон. наук / А.Н. Имшенецкий. — Владимир, 2001.
9. Третьяков, Э.А. Методологические аспекты комплексной оценки факторов, влияющих на износ машин и оборудования / Э.А. Третьяков, А.Н. Имшенецкий / Вестн. машиностроения. — 2001. — № 11. — С. 66—71.
10. Правила определения стоимости транспортных средств. Утв. М-вом транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 30 июня 1997 г. (в ред. пост. М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 24 мая 2002 г., № 14) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pravo.kulichki.ru/zak/year1997/doc33763.htm>.
11. Методическое руководство по определению стоимости автотранспортных средств с учетом естественного износа и технического состояния на момент предъявления: РД 37.009.015-98. — М., 2006. — 79 с.
12. Инструкция о порядке определения расхода ресурса специфических товаров, техники, специального имущества и имущества общего назначения, закрепленного за Министерством обороны Республики Беларусь на праве оперативного управления. Утв. приказом М-ва обороны Респ. Беларусь, 27 июля 2006 г., № 27 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.levonevski.net/pravo/temy/tema30/glav/docm0437.html>.
13. Зайцев, Ю.С. Особое мнение об одном распространенном способе расчета износа материальных объектов / Ю.С. Зайцев // МОК-информ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.valnet.ru/m7-300.phtml>.
14. Триботехника: конспект лекций для студ. всех спец. направления «Инженерная механика» // сост. Л.Л. Роганов, Р.А. Кравченко. — Краматорск: ДГМА, 2003. — 77 с.

Algin V.B., Verbitski A.V.

### The life expense of the car. Part I: The basic concepts

Approaches and methods for an estimation of physical wear (life expense) for technical objects are analyzed. Calculation examples by various techniques are resulted. A variety of treatments for physical wear (life expense) of technical objects is shown. The concept of the life expense for the car as a weight-average value for the life expenses of its basic parts is entered. The nonlinear model of life expense determination for the basic part of the car depending on its run and age is presented.

Поступила в редакцию 12.03.2009