

УДК 621.3.019:33

*Лебедев А.Т., д-р техн. наук; Подригало М.А., д-р техн. наук;
Полянский А.С., д-р техн. наук; Абрамов Д.В, канд. техн. наук;
Плетнев В.Н., Тесля В.О.*

ОЦЕНКА НАРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН ПО ВЫПОЛНЕННОЙ ДВИГАТЕЛЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Постановка проблемы. Нарботка является мерой оценки ресурса и соответственно, долговечности любой машины. Технический ресурс – наработка объект от начала его эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до предельного состояния. Ресурс выражается в единицах времени работы (обычно в часах), длины пути (в километрах) или в единице выпуска продукции (для технологического оборудования).

Оценка наработки мобильных машин (автомобилей и тракторов) по времени работы или пробегу не характеризует объективно процессы износа и старения, протекающих в их элементах. Поэтому рядом авторов предлагались различные критерии и поправочные коэффициенты, позволяющие уточнить ресурс с учетом условий эксплуатации мобильных машин.

В настоящей статье предложено оценивать наработку мобильных машин по величине механической работы, выполненной двигателем, что стало возможным, благодаря созданному в ХНАДУ бортовому измерительно – регистрационному комплексу. Комплекс включает в себя несколько трехкоординатных датчиков ускорений и компьютер. Предложен алгоритм расчета мощности двигателя и выполненной работы. При указанном подходе термин «наработка машины» соответствует физическому смыслу понятия «работа».

Анализ основных достижений и публикаций. Нарботка является мерой оценки ресурса, и, соответственно, до долговечности любой машины.

Технический ресурс (сокращенно ресурс) – наработка объекта от начала его эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до предельного состояния [1]. Ресурс выражается в единицах времени работы (обычно в часах), длины пути (в километрах) или в единице выпуска продукции (для технологического оборудования).

В часах работы измеряется наработка стационарных или малоподвижных объектов (стационарных двигателей, автокранов, тракторов, выполняющих технологические операции на малой скорости движения). По пробегу оценивается наработка автомобилей и других транспортных средств.

Поскольку, как время работы, так и пробег машины может происходить при различных нагрузках на двигатель. Ходовую часть и другие агрегаты, то рядом авторов [2, 3, 4, 5] были введены поправочные коэффициенты на величину времени работы или пробег автомобиля, позволяющие корректировать ресурс в зависимости от условий эксплуатации.

Профессор Н.Я. Говорущенко [2, 5] предложил систему коэффициентов, учитывающих транспортные климатические и дорожные условия.

В эксплуатации [3] процесс изнашивания и старения автомобиля происходит иначе, чем при полигонных испытаниях. Режим работы двигателя при полигонных испытаниях более стабилен, редко используются механизмы сцепления, переключения передач, шестерни промежуточных передач, тормоза, рулевое управление. Поэтому ресурс как двигателя, так и всех других агрегатов и узлов автомобиля при полигонных

испытаниях обычно бывает более высоким, чем в условиях эксплуатации. Как отмечается в работе [3], результаты ресурсных испытаний, проводимых на полигоне, позволяют путем поправочных коэффициентов лишь приближенно оценивать реальный срок службы автомобиля до потребности в ремонте.

А.М. Шейнин [4] на основе исследований проведенных в условиях эксплуатации, разработал метод установления предельного технического состояния (т.е. наработки) автомобиля, требующего ремонта по параметру возрастания расходования запасных запчастей. Учет условий эксплуатации производится при этом по коэффициентам приведения, установленным по соотношениям с расходом топлива в разных условиях. Указанное исследование, развитое указанным автором совместно с Н.П. Панкратовым [6], позволило научно – обоснованно нормировать пробеги автомобилей до первого ремонта, а также разрабатывать нормативы расхода запасных частей.

Авторами работы [7] предлагается в качестве критерия необходимости проведенного капитального ремонта полнокомплектного автомобиля использовать минимум удельных эксплуатационных затрат у автомобиля, эксплуатирующегося без проведения капитального ремонта. При превышении этого значения проведение полнокомплектного капитального ремонта нецелесообразно. В данном случае динамика изменения удельных эксплуатационных затрат характеризует динамику изменения технического состояния и, косвенно, - наработку машины.

Поскольку работа автомобиля или трактора непосредственно связана с использованием топлива, то авторами работ [5, 8] предложено в качестве оценки наработки количество топлива, израсходованного машиной с момента начала эксплуатации (или возобновления эксплуатации после капитально ремонта) до рассматриваемого момента времени. Следует отметить, что несмотря на более активную, по – сравнению с известными показателями, расход топлива связан нелинейно с развиваемой эффективной мощностью двигателя. Изменение технического состояния двигателя приводит к увеличению удельного расхода топлива.

О необходимости применения на автомобилях расходомеров топлива высказывается также П.П. Евсеев [9]. По его мнению, при наличии информации о мгновенном расходе топлива водитель может регистрировать пройденный путь, продолжительность движения, мгновенную и среднюю скорости движения, эффективность (рациональность) использования топлива. Однако для получения этой информации в бортовой компьютер необходимо вводить расчетные параметры, определяемые неточно.

Рассмотренные выше показатели наработки являются оценочными (неточными), поскольку однозначно не характеризуют процессы износа и старения, протекающие в узлах и агрегатах автомобилей и тракторов.

Наиболее точным и объективным показателем машин может быть механическая работа, выполненная двигателем с начала эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта мобильных машин. Об этом вскользь отмечал А.Н. Колегаев [9].

Попыткой решить проблему определения мощности двигателя мобильных машин были предприняты рядом авторов [10]. Однако реализовать полученные технические решения стало возможным только в стационарных условиях с использованием стендового оборудования. В дорожных условиях эту задачу решить сложно, ввиду трудностей, связанных с установкой датчиков угловой скорости и крутящего момента в уже готовую конструкцию.

В ХНАДУ разработан бортовой измерительно – регистрационный комплекс, включающий в себя несколько трехкоординатных датчиков ускорений и компьютер [11]. Этот комплекс позволяет определять линейные и угловые скорости и ускорения мобильных машин, а также мощность двигателя [12]. Однако для определения мощности двигателя при движении мобильных машин необходимо предварительно проводить

их свободный выбег. Это необходимо для предварительного определения параметров сопротивления движению машин, зависящих от скорости. При применении указанного бортового измерительно – регистрирующего комплекса нет необходимости что – либо переделывать в конструкции испытываемых машин.

Формулировка цели статьи. Целью исследования является разработка алгоритма оценки наработки мобильных машин в условиях эксплуатации по выполненной двигателем механической работе с использованием бортового измерительно-регистрирующего комплекса.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- составить уравнение динамики колесной мобильной машины;
- составить алгоритм расчета мощности и работы двигателя.

Изложение основного материала.

Уравнение тяговой динамики колесной машины (автомобиля или трактора). Попробуем решить указанную задачу методом парциальных ускорений [10]. Уравнение движения автомобиля имеет вид

$$m \dot{V} = P_K - \sum P_C, \quad (1)$$

где m - общая масса машины;

\dot{V} - ускорение машины;

P_K - тяговое усилие на ведущих колесах;

$\sum P_C$ - суммарная сила сопротивления движению.

Тяговая сила на ведущих колесах может быть определена как

$$P_K = \frac{Ne}{V} - \frac{M_{TP}^C}{r_\delta}, \quad (2)$$

где Ne - эффективная мощность, развиваемая на валу двигателя;

V - скорость машины;

r_δ - динамический радиус ведущих колес;

M_{TP}^C - момент сопротивления вращению колес, обусловленный сопротивлением вращению валов трансмиссии.

$$M_{TP}^C = M_{TPCT}^C + M_{TPКИН}^C - M_{TPДИН}^C, \quad (3)$$

M_{TPCT}^C - момент сопротивления в трансмиссии статический, обусловленный силами сухого трения;

$M_{TPКИН}^C$ - момент сопротивления в трансмиссии кинематический, обусловленный силами гидравлического (вязкого) трения.

$$M_{TPКИН}^C = K_1 \cdot V, \quad (4)$$

K_1 - коэффициент пропорциональности;

$M_{ТРДИН}^C$ - приведенный инерционный момент в трансмиссии, учитывающий влияние линейного ускорения машины (динамический момент сопротивления);

$$M_{ТРДИН}^C = -\frac{Y_{ПП}}{r_{\partial}} V, \quad (5)$$

$Y_{ПП}$ - приведенный к ведущим колесам момент инерции вращающихся масс трансмиссии автомобиля.

Суммарная сила сопротивления движению машины

$$\sum P_C = mgf + kFV^2, \quad (6)$$

где f - коэффициент сопротивления качению колес машины;

kF - фактор аэродинамического сопротивления (к-коэффициент сопротивления воздуха;

F - площадь лобового сопротивления или мидель);

g - ускорение свободного падения, $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

Коэффициент сопротивления воздуха

$$K = 0,5C_X \cdot S, \quad (7)$$

где C_X - собственно коэффициент лобового аэродинамического сопротивления (коэффициент обтекаемости);

S - плотность воздуха.

Коэффициент сопротивления качению f зависит от скорости движения машины. Эта зависимость имеет вид [13]

$$f = f_0(1 + AV^2), \quad (8)$$

где f_0 - коэффициент сопротивления качению при скорости V , не превышающей 16,7 м/с;

A - коэффициент, учитывающий влияние V^2 на увеличение f .

Выражение (1) с учетом (2) – (5), (6) и (8) примет следующий вид

$$mV = \frac{Ne}{V_a} - \frac{g}{\delta_{ep}} \left(f_0 m + \frac{M_{ТР.СТ}^C}{g \cdot r_{\partial}} \right) - \frac{K_1}{\delta_{ep} \cdot r_{\partial}} V - \frac{kF + Af_0 mg}{\delta_{ep}} V, \quad (9)$$

где δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс трансмиссии и двигателя,

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{Y_{ПП}}{mr_{\partial}^2}. \quad (10)$$

Из уравнения (9) определим эффективную мощность двигателя

$$Ne = mV \left[V \delta_{ep} + gf + \frac{M_{ТР.СТ}^C}{m \cdot r_{\partial}} + \frac{K_1}{m \cdot r_{\partial}} V + \left(Agf_0 + \frac{kF}{m} \right) V^2 \right]. \quad (11)$$

Выражение (9) является уравнением динамики колесной машины, а выражение (11) характеризует ее мощностной баланс.

Алгоритм расчета эффективных мощности и работы двигателя. Выражение (11) является исходным для решения поставленной задачи. Бортовой измерительно-регистрационный комплекс ХНАДУ (11) позволяет измерить и зарегистрировать в компьютере линейную скорость V и линейное ускорение \dot{V} машины с заданным шагом времени Δt . Поэтому преобразуем выражение (11) у виду

$$Ne = c_1 \dot{V}V + c_2 V + c_3 V^2 + c_4 V^3, \quad (12)$$

где $c_1; c_2; c_3; c_4$ – коэффициенты, определяемые расчетом в процессе движения машины,

$$c_1 = m \delta_{gp} - \text{приведенная масса машины}; \quad (13)$$

$$c_2 = m \ gf + \frac{M_{TPCT}^C}{r_2} - \text{приведенная статическая сила сопротивления качению колес}; \quad (14)$$

$$c_3 = \frac{K_1}{r_\partial} - \text{показатель вязкого трения в трансмиссии}; \quad (15)$$

$$c_4 = Amgf_0 + kF - \text{сумма факторов аэродинамического сопротивления и динамического увеличения силы сопротивлению качению}. \quad (16)$$

В известном методе [12] часть необходимых параметров измерялась при предварительном выбеге машины, а часть – вводилась в процессе движения при получении информации от датчиков ускорений.

Предварительный выбег машины можно исключить, если принять допущение того, что при малом интервале измерения ΔT , развиваемая в этот промежуток времени мощность Ne остается постоянной в течение всего указанного интервала. Таким образом, принимая в уравнении (12) величину $Ne = const$ для интервала ΔT , получим систему пяти линейных уравнений с пятью неизвестными

$$\begin{aligned} Ne &= c_1 \dot{V}_1 V_1 + c_2 V_1 + c_3 V_1^2 + c_4 V_1^3, \\ Ne &= c_1 \dot{V}_2 V_2 + c_2 V_2 + c_3 V_2^2 + c_4 V_2^3, \\ Ne &= c_1 \dot{V}_3 V_3 + c_2 V_3 + c_3 V_3^2 + c_4 V_3^3, \\ Ne &= c_1 \dot{V}_4 V_4 + c_2 V_4 + c_3 V_4^2 + c_4 V_4^3, \\ Ne &= c_1 \dot{V}_5 V_5 + c_2 V_5 + c_3 V_5^2 + c_4 V_5^3. \end{aligned} \quad (17)$$

Измеряя с помощью бортового измерительно-регистрационного комплекса значения линейных ускорений \dot{V} и скорости V с промежутками, равными шагу времени Δt можно для каждого интервала ΔT после получения системы (17) линейных уравнений получить искомые параметры Ne и $c_1; c_2; c_3; c_4$. В пределах одного интервала измерений ΔT указанные параметры принимаются постоянными. Для рассматриваемого случая интервал измерения будет равен

$$\Delta T = 4\Delta t. \quad (18)$$

Рассматриваем пять моментов времени:

$t_1, t_2 = t_1 + \Delta t, t_3 = t_2 + \Delta t = t_1 + 2\Delta t, t_4 = t_3 + \Delta t = t_1 + 3\Delta t,$ и $t_5 = t_4 + \Delta t = t_1 + 4\Delta t$. Этим моментам времени соответствуют параметры, соответственно $\dot{V}_1; \dot{V}_2; \dot{V}_3; \dot{V}_4; \dot{V}_5; V_1; V_2; V_3; V_4; V_5$. Для последующей обработки результатов расчета определяются расчетные (средние) параметры времени, линейных уравнений и скоростей движения

$$\bar{t} = t_1 + \frac{\Delta T}{2} = t_1 + 2\Delta t = t_3, \quad (19)$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4 + \dot{V}_5}{5}, \quad (20)$$

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{5}. \quad (21)$$

Если преобразовать систему уравнений (17) к виду

$$\begin{aligned} c'_1 \dot{V}_1 V_1 + c'_2 \dot{V}_1 + c'_3 V_1^2 + c'_4 V_1^3 - 1 &= 0, \\ c'_1 \dot{V}_2 V_2 + c'_2 \dot{V}_2 + c'_3 V_2^2 + c'_4 V_2^3 - 1 &= 0, \\ c'_1 \dot{V}_3 V_3 + c'_2 \dot{V}_3 + c'_3 V_3^2 + c'_4 V_3^3 - 1 &= 0, \\ c'_1 \dot{V}_4 V_4 + c'_2 \dot{V}_4 + c'_3 V_4^2 + c'_4 V_4^3 - 1 &= 0, \end{aligned} \quad (22)$$

то для решения поставленной задачи будет достаточно 4 уравнений. В системе уравнений

$$c'_1 = c_1 / Ne, \quad (23)$$

$$c'_2 = c_2 / Ne, \quad (24)$$

$$c'_3 = c_3 / Ne, \quad (25)$$

$$c'_4 = c_4 / Ne. \quad (26)$$

В данном случае, для получения результата необходимо идентифицировать хотя бы один из искомых коэффициентов $c_1; c_2; c_3; c_4$. Удобнее всего это сделать для коэффициента c_4 , зависящего только от скорости V и почти не изменяющего свои параметры в процессе эксплуатации. Этот коэффициент можно определить заранее (путем проведения выбега и занести в память компьютера).

Интервал измерения в рассматриваемом случае

$$\Delta T = 3\Delta t. \quad (27)$$

Расчетные параметры времени, скорости и ускорения

$$\bar{t} = t_1 + \frac{\Delta T}{2} = t_1 + 1,5\Delta t, \quad (28)$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4}{4}, \quad (29)$$

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4}. \quad (30)$$

Полученные в результате решения системы уравнений (17) и (22) значения мощности двигателя заносятся в память компьютера. Поскольку нами принято допущение того, что $Ne = const$ в течение интервала времени ΔT , то работу двигателя на указанном интервале можно определить как

$$\Delta Ae = Ne \cdot \Delta T \quad (31)$$

Работа двигателя, выполненная за время T

$$Ae_T = \Delta T \sum_{i=1}^{T/\Delta T} Nei, \quad (32)$$

где Ne_i - мощность двигателя, определенная i -ом интервале измерения ΔT .

Время T должно выбираться из условия наименьшей погрешности измерения и частоты снятия водителем информации с индикатора работы. Будем считать работу двигателя Ae_T , выполненную за некоторый оптимальный (расчетный) период времени T квантом работы двигателя. В этом случае, суммарная наработка двигателя (мобильной машины) с начала эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта будет определяться путем постоянного последовательного суммирования указанных расчетных квантов работы двигателя.

Выводы.

1. Существующие показатели наработки мобильных машин являются косвенными, поскольку однозначно не характеризуют процессы износа и старения, протекающие в узлах и агрегатах. Выполненная двигателем работа с начала эксплуатации или возобновление эксплуатации машины после ремонта является объективным показателем наработки, определяющим долговечность изделия.

2. Предложенная математическая модель и алгоритм расчета эффективной мощности и работы двигателя мобильных колесных машин, в сочетании с использованием бортового измерительно-регистрационного комплекса, включающего в себя датчики линейных ускорений и компьютер, могут уже сегодня использоваться на автомобилях и тракторах для оценки их наработки в процессе эксплуатации.

Литература: 1. Решетов Д.Н. Надежность машин /Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.В.Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988.-238с. 2. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобиля / Н.Я. Говорущенко. – К.: Вища школа. 1971.-231с. 3. Автомобильные транспортные средства /Д.П. Великанов, В.И. Бернацкий, Б.Н. Нифонтов, И.П. Плеханов; под ред. Д.П. Великанова. – М.: Транспорт, 1977.-326с. 4. Шейнин А.М. Методы определения и поддержания надежности автомобиля в эксплуатации /А.М. Шейнин – М.: Транспорт. – 1969.-98с. 5. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХНАДУ, 1998.-468с. 6. Панкратов Н. Управление использованием ресурса автомобилей в рядовых условиях эксплуатации / Н. Панкратов, А. Шейнин // Автомобильный транспорт.-1969.-№10.-с.18. 7. Сорокин Б.Д. К вопросу о сроке службы грузовых автомобилей / Б.Д. Сорокин, И.И. Пугачев // Вопросы развития автомобильных транспортных средств; под ред. Д.П. Великанова. – М.: Транспорт, - 1978.-с. 155-167. 8.Бажинов О.В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»/ О.В. Бажинов. – Харків, 2001.-32с. 9. Колегаев Р.Н. Определение оптимальной долговечности технических систем / Р.Н. Колегаев. – М. Советское радио, 1967.-112с. 10. Пат. 2266527 Российская Федерация, МПК 601L3/24,G01M15/00. Способ определения мощности двигателя внутреннего сгорания / Щетинин Н.В., Арженковский А.Г., Мальцев Д.О., Казаков Д.В., Морозов А.А., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное об-

разовательное учреждение высшего профессионального образования «Азово - Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГОУ ВПО АЧГАА). - №0004122376/28, заявл. 21.06.2004; опубл. 20.12.2005. 11. Подригало М.А. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин/ М.А. Подригало, А.І. Коробко, Д.М. Клец, В.І. Гацько// Тракторна енергетика в рослинництві. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2009.- Вип.89.- с.87-89. 12. Подригало М.А. Метод определения энергетических и динамических показателей автомобиля с помощью датчиков линейных ускорений / М.А. Подригало, Д.М. Клец, А.Н. Мос-товая // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Науковий жур-нал.- 2010- №7 [149].- с. 40-44. 13. Бортницький П.И. Тягово-скоростные качества автомоби-лей. Справочник / П.И. Бортницький, В.И. Задорожный. –К.: Вища школа, 1978. – 176с.

Bibliography (transliterated):1. Reshetov D.N. Nadezhnost' mashin /D.N. Reshetov, A.S. Ivanov, V.V.Fadeev. – М.: Vysshaja shkola, 1988.-238s. 2. Govoruwenko N.Ja. Osnovy teorii jekspluatacii avtomobilja / N.Ja. Govoruwenko. – К.: Viwa shkola. 1971.-231s. 3. Avtomobil'nye transportnye sredstva /D.P. Velikanov, V.I. Bernackij, B.N. Nifontov, I.P. Plehanov; pod red. D.P. Velikanova. – М.: Transport, 1977.-326s. 4. Shejnin A.M. Metody opredelenija i podderzhanija nadezhnosti avtomobilja v jekspluatacii /A.M. Shejnin – М.: Transport. – 1969.-98s. 5. Govoruwenko N.Ja. Sistemotehnika transporta / N.Ja. Govoruwenko, A.N. Turenko. – Har'-kov: HNADU, 1998.- 468s. 6. Pankratov N. Upravlenie ispol'zovaniem resursa avtomobilej v rjadovyh uslovijah jekspluatacii / N. Pankratov, A. Shejnin // Avtomobil'nyj transport.-1969.-№10.-s.18. 7. Sorokin B.D. K vo-просу o sroke sluzhby gruzovyh avtomobilej / B.D. Soro-kin, I.I. Pugachev // Voprosy razvitija avto- mobil'nyh transportnyh sredstv; pod red. D.P. Velikanova. – М.: Transport, - 1978.-s. 155-167. 8. Bazhinov O.V. Naukovi osnovi ocinki resursu silovih agregativ transportnih mashin z urahuvannjam umov ekspluatacii: avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja doktora tehn. nauk: spec. 05.22.20 «Ek- spluatacija ta remont zasobiv transportu»/ O.V. Bazhinov. – Harkiv, 2001.-32s. 9. Kolegaev R.N. Opredelenie optimal'noj dolgovechnosti tehniceskix sistem / R.N. Kolegaev. – М. Sovetskoe radio, 1967.-112s. 10. Pat. 2266527 Rossijskaja Federacija, MPK 601L3/24,G01M15/00. Sposob opre- delenija mownosti dvigatelja vnutrennego sgoranija / Wetinin N.V., Arzhenovskij A.G., Mal'cev D.O., Kazakov D.V., Morozov A.A., zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazova- tel'noe uchrezhdenie vysshogo professional'nogo obrazovanija «Azovo - Chernomorskaja gosudar- stvennaja agroinzhenernaja akademija» (FGOU VPO AChGAA). - №0004122376/28, zajavl. 21.06.2004; opubl. 20.12.2005. 11. Podrigalo M.A. Metrologichne zabezpechennja dinamichnih vi- probuvan' tjagovo-transportnih mashin/ М.А. Podrigalo, А.І. Korobko, D.М. Klec, V.І. Gac'ko// Trak- torna energetika v roslinnictvi. Visnik HNTUSG im. Petra Vasilenka. – 2009.- Vip.89.- s.87-89. 12. Podrigalo M.A. Metod opredelenija jenergeticeskix i dinamiceskix pokazatelej avtomobilja s pomow'ju datchikov linejnyh uskorenij / М.А. Podrigalo, D.М. Klec, А.Н. Mos-товая // Visnik Shidnoukraїns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. Naukovij zhurnal.- 2010- №7 [149].- s. 40-44. 13. Bortnickij P.I. Tjagovo-skorostnye kachestva avtomobilej. Spra-vochnik / P.I. Bortnickij, V.I. Zadorozhnyj. –К.: Viwa shkola, 1978. – 176s.

Лебедев А.Т., Подригало М.А., Полянський О.С., Абрамов Д.В., Плетньов В.М., Тесля В.О.

ОЦІНКА НАРОБІТКУ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ПО ВИКОНАНОЇ ДВИГУНОМ МЕХАНІЧНОЇ РОБОТИ

Запропоновано математичну модель й алгоритм розрахунку ефективної потужності роботи двигунів мобільних колісних машин. З використанням моделі й алгоритму розроблений бортовий вимірювально-реєстраційний комплекс для оцінки їхнього наро- бітку в процесі експлуатації.

Lebedev A.T., Podrygalo M.A., Polyansky A.S., Abramov D.B., Pletnev V.N., Teslya V.O.
ESTIMATION OF LIFELENGH OF THE MOBILE MACHINESFOR TNGINTS
FUNCTIONING IS OFFEREL

The mathematical model and calculations algorithm of the efficient power of the mo- bile wheel machines engines functioning is offered. With use of this model and algorithm is designed the on-board measuring-registration complex for estimation of their lifelength in usage process.