

Кривошапов С.И.

Харьковский национальный автомо-
бильно-дорожный университет
e-mail: keat@khadi.kharkov.ua

**ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН
НА НОРМИРОВАНИЕ РЕСУРСА**

УДК 629.113.004

Рассмотрены методы нормирования ресурса транспортных машин. Разработана модель аналитического определения корректировочного коэффициента для изменения пробега до капитального ремонта машин с учетом дорожных условий эксплуатации. На примере автомобиля ЗИЛ-431510 проведен расчет изменения ресурса по пробегу для различных скоростей и степени неровности дорожного полотна.

Ключевые слова: транспортное средство, долговечность, ресурс, условия эксплуатации, моделирование.

Введение

Транспортные машины работают в разных условиях эксплуатации. Принято выделять дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культуру труда. Но наибольшее влияние на надежность транспортных машин в период эксплуатации оказывает состояние дороги.

На Украине 172,4 тыс. км. дорог, из них с твердым покрытием — 164,1 тыс. км. [1]. Значительная часть – это дороги местного значения, на их долю приходится 91,7 % от общей длины. Более 23,8 % сельских дорог не имеют твердого покрытия. Но даже дороги с твердым покрытием далеко не всегда соответствует заявленным требованиям. По некоторым оценкам [2] около 97 % дорог на Украине находятся в ужасном состоянии (по состоянию на 2016 год).

Качество дорожного покрытия оказывает влияние на нагрузочную характеристику, которая в свою очередь изменяет показатели долговечности двигателя и автомобиля в целом. Однако это плохо отражено в действующей на Украине законодательной базе.

Анализ литературных источников

Система технического обслуживания (ТО) на Украине заложена в положении [3], которое устанавливает виды и периодичность проведения технических воздействий. К сожалению, возможность корректировки ресурса или трудоемкости ТО и капитального ремонта (КР) в зависимости от условий эксплуатации транспортных средств в действующем законодательстве не предусмотрено совсем.

В методике [4], которая была актуальна до 1998 года, учитывала дорожные условия эксплуатации через коэффициент K_1 . Все дороги разбиты на 5 категорий, от цементобетонных и асфальтобетонных дорог первой категории, до естественных грунтовых дорог, не имеющих твердого покрытия, соответствующей пятой категории. Для 5-й категории дорог периодичность ТО и пробег до КР сокращались на 40 %, удельная трудоемкость текущего ремонта увеличивалась в 1.5 раза, расход запчастей увеличивался в 1.65 раза.

В методике [5] предусмотрено корректирование периодичности ТО и пробег до КР по единому показателю, который определяется через среднюю и максимальную техническую скорость. В сложных условиях эксплуатации (5-ая категория) пробег предложено корректировать коэффициентом, равным 0.59 от нормативного значения, а расход топлива, затраты на запчасти и трудоемкость работ увеличивать в 1.7 раза.

В работах классической теории надежности используются другие методы опреде-

ления периодичности ТО и КР, основанных на вероятностном подходе и анализе статистических данных, полученных в результате ресурсных испытаний.

Цели и задачи исследования

Целью исследования является совершенствование расчетных методов нормирования периодичности технических воздействий и ресурса машин, работающих в сложных условиях эксплуатации. Для этого необходимо составить математическую модель, которая свяжет характеристику состояния дороги с изменением пробега автомобиля между ТО или ресурсом.

Постановка проблемы

В действующей системе технического обслуживания периодичность и ресурс транспортных машин нормируется в километрах пройденного расстояния. В сложных дорожных условиях эксплуатации, увеличиваются колебательные процессы в подвеске автомобиля, что приводит к возрастанию динамических нагрузок элементов ходовой части автомобиля. Повышенные потери изменяют силовой баланс на колесах, а также нагрузочный режим трансмиссии и двигателя автомобиля. Интенсивность изнашивания в силовых агрегатах также будет изменяться, что повлечет за собой снижения долговечности и необходимость корректировки периодичности ТО и сокращения ресурса.

Составление математической модели

Дороги оцениваются различными качественными и количественными параметрами [6], большинство из которых закладываются во время строительства дороги. В процессе эксплуатации со временем состояние дороги ухудшается, образуются деформация и разрушение поверхности. Ровность дорожного полотна оценивается по показаниям толчкомера, установленного на автомобиле или ПКРС-2, значение которого не должно превышать 1050 см/км [7].

Силовое воздействия поверхности дороги, оказываемое на деформированное колесо, оценивается коэффициентом сопротивления качению колеса. Его разделяют на статическую и динамическую составляющую:

$$f = f_0 + f_{\text{дон}}, \quad (1)$$

где f_0 - коэффициент сопротивления качению колеса при минимальной скорости движения; $f_{\text{дон}}$ - дополнительный коэффициент качению колеса при движении по неровным дорогам.

В работе [8] приведена следующая формула, связывающая коэффициент сопротивления качению колеса с ровностью дороги:

$$f_{\text{дон}} = \Delta_1 \cdot \frac{S^2 \cdot V_a}{G_a} + \Delta_2 \cdot \frac{S}{G_a}, \quad (2)$$

где Δ_1 и Δ_2 - конструктивные коэффициенты; S - показатель ровности дороги, см/км; G_a - вес автомобиля, Н; V_a - скорость автомобиля, км/ч.

Значение коэффициентов Δ_1 и Δ_2 зависит от параметров подвески автомобиля:

$$\Delta_1 = 2.16 \cdot 10^{-9} \cdot c + 1.7 \cdot 10^{-9} \cdot c_1 \quad \text{и} \quad \Delta_2 = 0.56 \cdot 10^{-4} \cdot R_p, \quad (3)$$

где c и c_1 - соответственно, сопротивления в амортизаторах и шинах, Н·с/м; R_p - сила трения в рессорах, Н.

Из баланса мощность, подведенная к колесам автомобиля, расходуется на преодоления сопротивление качению колеса, уклона дороги, сопротивления воздуха и замедления или ускорения автомобиля, т.е.:

$$N_k = N_f + N_i + N_w \pm N_j. \quad (4)$$

Мощности в формуле (4) могут быть определены следующим образом:

$$N_f = \frac{f \cdot G_a \cdot V_a}{3.6}; N_i = \frac{i \cdot G_a \cdot V_a}{3.6}; N_w = \frac{k \cdot F \cdot V_a^3}{3.6^3}; N_k = \frac{0.1 \cdot \delta \cdot G_a \cdot V_a}{3.6} \cdot \frac{dV_a}{dt}, \quad (5)$$

где i - уклон дороги, %; k - коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{H} \cdot \text{c}^2/\text{M}^4$; F - лобовая площадь автомобиля, M^2 ; δ - коэффициент учета вращающихся масс;

Капитальным ремонтом считается такой ремонт, при котором восстанавливается базовая и основные детали, требуется полная разборка агрегата, наблюдается значительный износ большинства деталей. Пробег автомобиля с начала эксплуатации до КР принято считать ресурсом.

В работе [8] ресурс автомобиля определяется по самой изнашиваемой детали – цилиндр двигателя внутреннего сгорания. Пробег до КР равен:

$$L_{KP} = \frac{F_{\text{об}} \cdot V_a}{\gamma \cdot 60}, \quad (6)$$

где $F_{\text{об}}$ - количество продуктов износа попавшего в масло за весь период эксплуатации, мг; γ - скорость изнашивания, мг/мин.

При движении автомобиля по разным дорогам будет меняться скорость изнашивания. Принимаем $F_{\text{об}}$ и V_a - постоянными величинами.

Введем обозначение:

$$L_{KP} = k_m \cdot L_{KP}^n, \quad (7)$$

где L_{KP}^n - нормативное значение ресурса при движении по ровной дороге, км; k_m - коэффициент корректирования ресурса в зависимости от состояния дороги.

Тогда

$$k_m = \gamma^n / \gamma, \quad (8)$$

где γ^n - скорость изнашивания при нормативном значении L_{KP}^n .

Скорость изнашивания ЦПГ ДВС зависит от частоты вращения коленчатого вала n и среднего эффективного давления P_e :

$$\gamma = A_n \cdot n + B_n \cdot n^2 + A_p \cdot P_e. \quad (9)$$

где A_n , B_n и A_p - коэффициенты, зависящие от конструкции ДВС и автомобиля.

Значения коэффициентов A_n , B_n и A_p могут быть рассчитаны по следующим формулам [9]:

$$A_n = \frac{3 \cdot a_m \cdot V_h \cdot \Omega}{H_n \cdot \rho_m}, \quad B_n = \frac{0.1 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n \cdot \Omega}{H_n \cdot \rho_m}, \quad A_p = \frac{8 \cdot \Omega \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{mp} \cdot V_a}{r_k \cdot H_n \cdot \rho_m}. \quad (10)$$

где a_m и b_m – коэффициенты механических потерь в двигателе; V_h – рабочий объем цилиндров двигателя, л; H_n – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; ρ_m – плот-

ность топлива, г/см³; S_n - ход поршня, м; i_0 - передаточное число главной передачи; r_k - динамический радиус колеса, м; i_{kp} - передаточное число коробки перемены передачи (КПП).

Параметр Ω в формулах (10) определяется

$$\Omega = \frac{8.7 \cdot 10^3 \cdot S_n \cdot D_n \cdot \rho_m \cdot X_n \cdot \delta_{\max}}{100 \cdot Q_{\Sigma} \cdot \eta_i}, \quad (11)$$

где D_n - диаметр цилиндра, м; ρ_m - плотность металла, г/см³; X_n - количество цилиндров; δ_{\max} - максимальный износ цилиндра, мм; Q_{Σ} - суммарный расход топлива, л; η_i - индикаторный КПД двигателя.

В работе [8] приведены следующие формулы для определения эксплуатационной частоты вращения коленчатого вала и среднего эффективного давления двигателя:

$$n = \frac{i_o \cdot i_k \cdot V_a}{0.377 \cdot r_k}; \quad P_e = \frac{45 \cdot r_k \cdot N_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{mp} \cdot V_a}. \quad (12)$$

В формулах (12) могут использоваться реальные передаточные числа определенной передач КПП или усредненное значение, которое учитывает передаточные число и время движения на каждой передаче. Средневзвешенное передаточное число КПП может быть рассчитано по следующей формуле:

$$i_k = \frac{K_c \cdot i_{kp} \cdot V_{\max}}{V_a}, \quad (13)$$

где K_c - скоростной коэффициент; i_{kp} - передаточное число повышенной (максимальной) передачи; V_{\max} - максимальная скорость автомобиля, км/ч.

С учетом зависимостей (8) - (10) и (12) получаем общую формулу для определения коэффициента корректирования ресурса автомобиля:

$$k_m = \left(\frac{8 \cdot a_m \cdot i_o \cdot i_k}{r_k} + \frac{0.7 \cdot b_m \cdot S_n \cdot i_o^2 \cdot i_k^2 \cdot V_a}{r_k^2} + \frac{100 \cdot G_a}{\eta_{mp} \cdot V_h} \cdot \left(f_0 + i + \frac{k \cdot F \cdot V_a^2}{13 \cdot G_a} \pm 0.1 \cdot \delta \cdot V_a \frac{dV_a}{dt} \right) \right) \div \left(\frac{8 \cdot a_m \cdot i_o \cdot i_k}{r_k} + \frac{0.7 \cdot b_m \cdot S_n \cdot i_o^2 \cdot i_k^2 \cdot V_a}{r_k^2} + \frac{100 \cdot G_a}{\eta_{mp} \cdot V_h} \cdot \left(f_o + \right. \right. \quad (14)$$

$$\left. \left. + (2.16 \cdot 10^{-9} \cdot c + 1.7 \cdot 10^{-9} \cdot c_1) \cdot \frac{S^2 \cdot V_a}{G_a} + 0.56 \cdot 10^{-4} \cdot R_p \cdot \frac{S}{G_a} + i + \frac{k \cdot F \cdot V_a^2}{13 \cdot G_a} \pm 0.1 \cdot \delta \cdot V_a \frac{dV_a}{dt} \right) \right).$$

Аналогично можно рассчитать изменение ресурса других агрегатов трансмиссии и подвески автомобиля.

Поскольку количество технических воздействий ТО-1 и ТО-2 привязано к циклу (ресурсу), то коэффициент (13) корректирования ресурса от дорожных условий можно использовать для корректирования периодичности профилактических работ ТО-1 и ТО-2.

Пример расчета и анализ результата исследований

Для примера рассчитаем k_m для автомобиля ЗИЛ-431510, при следующих исходных данных [10]: $a_m = 45$ кПа, $V_h = 6$ л, $H_u = 44000$ кДж/кг, $\rho_m = 0.76$ г/см³, $K_c = 0.6$,

$i_o = 6.83$, $i_k = 1$, $V_{\max} = 90$ км/ч, $r_k = 0.48$ м, $b_m = 13$ кПа·с/м, $S_n = 0.1$ м, $G_a = 103250$ Н, $k = 0.5$ Н·с²/м⁴, $F = 4.8$ м², $\eta_{mp} = 0.9$, $\eta_i = 0.3$, $V_{an} = 60$ км/ч, $f_0 = 0.015$, $i = 0.01$, $c_1 = 3924$ Н·с/м, $R_p = 6500$ Н, $K_c = 0.563$, $\rho_m = 7,8$ г/см³, $c = 14715$ Н·с/м, $D_n = 0.095$ м, $X_y = 8$, $\delta_{\max} = 0.3$ мм, $Q_\Sigma = 95900$ л.

Принимаем установившейся режим движения, для которого $dV_a/dt = 0$.

Выполним расчет при движении автомобиля со скоростью $V_a = 50$ км/ч по дороге с показанием неровности по толчкомеру $S = 500$ см/км по следующему алгоритму:

$$1) \Delta_1 = 2.16 \cdot 10^{-9} \cdot 14715 + 1.7 \cdot 10^{-9} \cdot 3924 = 3.85 \cdot 10^{-5}, \Delta_2 = 0.56 \cdot 10^{-4} \cdot 6500 = 0.364.$$

$$2) f_{\text{дон}} = 3.85 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{500^2 \cdot 50}{103250} + 0.364 \cdot \frac{500}{103250} = 0.0064, f = 0.015 + 0.0064 = 0.0214.$$

$$3) \Omega = \frac{8.7 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 0.095 \cdot 7.8 \cdot 4 \cdot 0.3}{100 \cdot 95900 \cdot 0.3} = 0.000524.$$

$$4) A_n = \frac{3 \cdot 45 \cdot 6 \cdot 0.000524}{44000 \cdot 0.76} = 1.27 \cdot 10^{-5},$$

$$5) B_n = \frac{0.1 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 0.1 \cdot 0.000524}{44000 \cdot 0.76} = 1.22 \cdot 10^{-8},$$

$$6) A_p = \frac{8 \cdot 0.000524 \cdot 6 \cdot 6.83 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 50}{0.48 \cdot 44000 \cdot 0.76} = 5.35 \cdot 10^{-4}.$$

$$7) N_f^H = \frac{0.015 \cdot 103250 \cdot 50}{3.6} = 2151, N_f = \frac{0.0214 \cdot 103250 \cdot 50}{3.6} = 3069.$$

$$8) N_i = \frac{0.01 \cdot 103250 \cdot 50}{3.6} = 1434, N_w = \frac{0.5 \cdot 4.8 \cdot 50^3}{3.6^3} = 6430.$$

$$9) N_k^H = 2151 + 1434 + 6430 = 10020, N_k = 3069 + 1434 + 6430 = 10930.$$

$$10) n = \frac{6.83 \cdot 1 \cdot 50}{0.377 \cdot 0.48} = 1887,$$

$$11) P_e^H = \frac{45 \cdot 0.48 \cdot 10020}{6 \cdot 6.83 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 90} = 495, P_e = \frac{45 \cdot 0.48 \cdot 3069}{6 \cdot 6.83 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 90} = 603.$$

$$12) \gamma^H = 1.27 \cdot 10^{-5} \cdot 1887 + 1.22 \cdot 10^{-8} \cdot 1887^2 + 5.35 \cdot 10^{-4} \cdot 495 = 0.332$$

$$13) \gamma = 1.27 \cdot 10^{-5} \cdot 1887 + 1.22 \cdot 10^{-8} \cdot 1887^2 + 5.35 \cdot 10^{-4} \cdot 603 = 0.39.$$

$$14) k_m = 0.332/0.39 = 0.852.$$

Из расчета следует, что при движении автомобиля ЗИЛ-431510 (с грузом) со скоростью 50 км/ч по дороге с показателем неровности дороги 500 см/км, ресурс автомобиля сокращается на 15 % (по сравнению с ровной поверхностью дороги).

В общую формулу (14) подставим параметры автомобиля ЗИЛ-431510, тогда формула коэффициента корректирования ресурса от ровности дорожного покрытия и скорости автомобиля примет следующий вид:

$$k_m = \frac{1.6 \cdot V_a^2 + 87 \cdot V_a + 24866}{0.000335 \cdot S^2 \cdot V_a + 3.2 \cdot S + 1.6 \cdot V_a^2 + 87 \cdot V_a + 24866}. \quad (15)$$

На рис.1 приведена графическая зависимость изменения ресурса автомобиля от степени неровности дороги по показанию толчкомера.

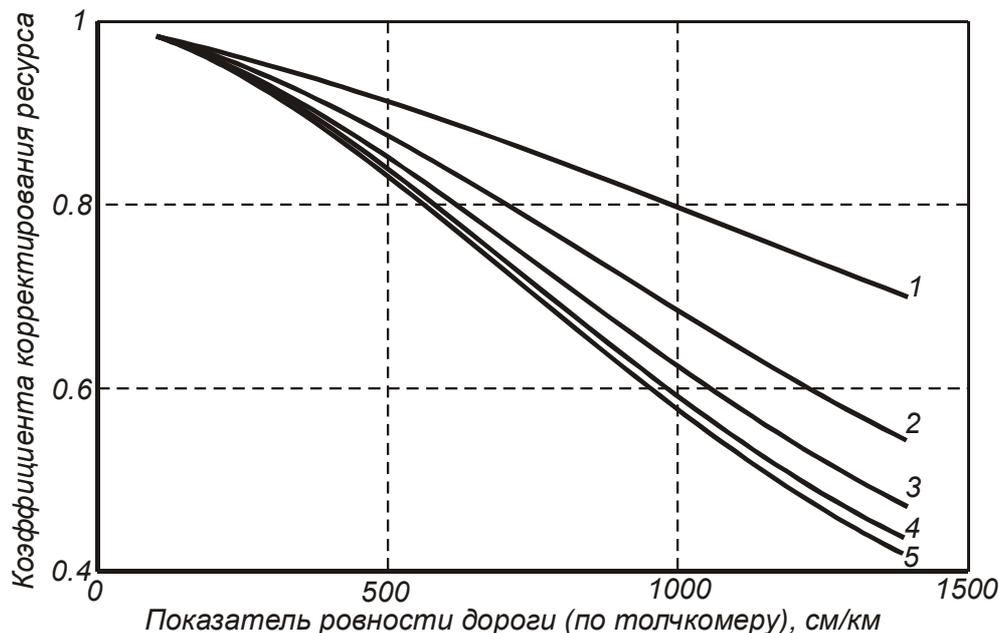


Рис.1. - Изменение ресурса автомобиля в зависимости от дорожных условий эксплуатации при скоростях движения автомобиля: 1 – 10 км/ч, 2 – 30 км/ч, 3 – 50 км/ч, 4 – 70 км/ч, 5 – 90 км/ч

Как и следовало ожидать, неровность дороги снижает ресурс транспортного средства, рассчитанного по износу цилиндропоршневой группы двигателя. При движении в сложных условиях, когда показания толчкомера равны 1000 см/км, со скоростью автомобиля 30 км/ч ресурс уменьшится на 30 % от нормативных значений, а при скорости 70 км/ч – на 40 %. Чем выше скорость автомобиля, тем сильнее проявляется влияние неровности дороги на изменение ресурса автомобиля. Движение груженого автомобиля по дороге с высокой степенью неровности более эффективно по сравнению с движением этого автомобиля без груза.

Выводы

Разработанная методика позволяет аналитическим способом определить корригирующий коэффициент ресурса автомобиля от дорожных условий эксплуатации (степени ровности дорожного покрытия). Полученные результаты могут быть использованы в управлении надежности машин в процессе ее эксплуатации.

Литература

1. Автомобильные дороги Украины / Википедия: Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автомобильные_дороги_Украины.
2. Движение - смерть. В Украине разбиты 97 % дорог / Корреспондент. – Режим доступа: <http://korrespondent.net/business/economics/3675432-dvyzhenye-smert-v-ukrayne-razbyty-97-doroh>.
3. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Міністерство транспорту України, 1998. – 17 с.
4. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Министерство автомобильного транспорта РСФСР, 1984. – 73 с.

5. Положение о профилактическом обслуживании и ремонте транспортных машин (Методические рекомендации). – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 39 с.
6. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги - Режим доступа: http://86.mchs.gov.ru/upload/site62/folder_page/003/138/625/39._SNiP_2.05.02-85.pdf.
7. ДСТУ 3587-97. Безопасность дорожного движения. Автомобильные дороги, улицы и железнодорожные переезды. Требования к эксплуатационному состоянию. - Режим доступа: [http://kyivaudit.gov.ua/vr/ka/company.nsf/0/CAB40CFE80943DCDC2257DF8004657D6/\\$file/DSTY%203587-97.pdf](http://kyivaudit.gov.ua/vr/ka/company.nsf/0/CAB40CFE80943DCDC2257DF8004657D6/$file/DSTY%203587-97.pdf).
8. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований) : монография / Н.Я. Говорущенко. - Харьков: ХНАДУ, 2011. - 297 с.
9. Кривошапов С.И. Методика корректирования периодичности технического обслуживания транспортных машин / С.И. Кривошапов // Вістник ХНТУСГ ім. П. Василенко. – Вип. 163. – 2015. – С. 105-110. – (Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва).
10. Краткий автомобильный справочник / А.Н. Позинковкин, Ю.М. Власко, М.Б. Ляликов и др. – М.: АО «ТТАНСКОСАЛТИНГ», НИИАТ, 1994. – 779 с.

Summary

Krivoshapov S.I. Influence of road conditions of operation of transport vehicles on rationing of a resource

The legislation of Ukraine does not adjust the mileage between technical services and to determine the total resource of the car. The state of the road greatly affects the reliability and durability of the machine. The quality of the road surface is estimated by the degree of evenness, which is obtained from the measurement of movement of the body and wheels. Vertical oscillations of the body of the car leads to a change in the power balance on the wheels of the car. Increased losses in the suspension of the car affect the load of the internal combustion engine. The speed of wear of the engine cylinders depends on the engine speed and the average of indicator pressure. The article gives an analytical dependence of the relationship between the flatness of the road and the engine life. The adjustment of the mileage between maintenance and the vehicle resource is proposed to be carried out through a correction factor. In this paper, a formula is derived for calculating this correction factor. The coefficient was calculated using the example of ZIL-431510. The graphs of the vehicle's resource change are obtained from the road roughness and speed car. The received mathematical model is proposed to be applied at automobile transport enterprises, in order to prolong the level of reliability and durability of the machines due to timely maintenance in difficult operating conditions.

Keywords: vehicle, durability, resource, operating conditions, modeling.

References

1. Avtomobil'nye dorogi Ukrainy / VikipediJa: Svobodnaja jenciklopedija. – Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Avtomobil'nye_dorogi_Ukrainy.
2. Dvizhenie - smert'. V Ukraine razbity 97% dorog / Korrespondent. – Rezhim dostupa: <http://korrespondent.net/business/economics/3675432-dvyzhenye-smert-v-ukrayne-razbyty-97-doroh>.

3. Polozhennja pro tehnicne obslugovuvannja i remont dorozhnih transportnyh zasobiv avtomobil'nogo transportu. – K.: Ministerstvo transportu Ukrainy, 1998. – 17 s.
4. Polozhenie o tehničeskom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. – M.: Ministerstvo avtomobil'nogo transporta RSFSR, 1984. – 73 s.
5. Polozhenie o profilaktičeskom obsluzhivanii i remonte transportnyh mashin (Metodicheskie rekomendacii). – Har'kov: RIO HGADTU, 1998. – 39 s.
6. SNiP 2.05.02-85. Avtomobil'nye dorogi - Rezhim dostupa: http://86.mchs.gov.ru/upload/site62/folder_page/003/138/625/39._SNiP_2.05.02-85.pdf.
7. DSTU 3587-97. Bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija. Avtomobil'nye dorogi, ulicy i zheleznodorozhnye pereezdy. Trebovanija k jekspluatacionnomu sostojaniju. - Rezhim dostupa: [http://kyivaudit.gov.ua/vr/ka/company.nsf/0/CAB40CFE80943DCDC2257DF8004657D6/\\$file/DSTY%203587-97.pdf](http://kyivaudit.gov.ua/vr/ka/company.nsf/0/CAB40CFE80943DCDC2257DF8004657D6/$file/DSTY%203587-97.pdf).
8. Govorushhenko N.Ja. Sistemotehnika avtomobil'nogo transporta (raschetnye metody issledovanij) : monografija / N.Ja. Govorushhenko. - Har'kov: HNADU, 2011. - 297 s.
9. Krivoschapov S.I. Metodika korrekcirovannja periodičnosti tehničeskogo obsluzhivanija transportnyh mashin / S.I. Krivoschapov // Vistnik HNTUSG im. P. Vasilenko. – Vip. 163. – 2015. – S. 105-110. – (Problemi nadijnosti mashin ta zasobiv mehanizacii sil's'kogospodars'kogo virobnictva).
10. Kratkij avtomobil'nyj spravocnik / A.N. Ponizovkin, Ju.M. Vlasko, M.B. Ljalikov i dr. – M.: AO «TTANSKOSALTING», NIIAT, 1994. – 779 s.