

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/TFZY8989>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***А. Нұржауов**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

АВТОМОБИЛЬДІҢ ҚАРҚЫНДЫ ҚОЗҒАЛЫСЫН ЗЕРТТЕУ

Автомобильдің тартушылық-жылдамдық қасиеттері бірнеше көрсеткіштерімен бағаланады. «Автокөлік құралдары. Жылдамдық сапалары» атты Мемлекеттік стандартында автомобильдің жылдамдық қасиеттерінің максимал жылдамдығы, белгілі жол бетімен қозғалғандағы қарқынды қозғалысының уақыты, белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқындауының уақыты секілді көрсеткіштерін және қарқынды қозғалысы мен қозғалыстан екпінімен шығуының сипаттамасын салып шығудың тәжірибе жолымен анықтаудың тәсілдері анықталып жазылған. Сонымен қатар, автомобильдің жылдамдықты тез өсіру қабілеті (приемистость) оның тартушылық-жылдамдық қасиеттерін бағалайтын негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Ал, автомобильдің «қарқындап қозғалып келіп, екпінімен қозғалыстан шығуының (разгон-выбег) сипаттамасы» оның жылдамдықты тез өсіру қабілетінің сипаттамасы болып табылады. Оның осы сипаттамасы арқылы автомобильдің берілістерін өзгерте отырып, сатылап қарқынды қозғалысын, қарқынды қозғалысының жолының ұзындығын, белгіленген жол бетінің учаскесіндегі белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқынды қозғалысының уақытын және т.б. анықтап алуға болады. Арнайы әдебиет көздерінде автомобильдің тартушылық-жылдамдық қасиеттерінің көрсеткіштерін анықтаудың теориялық жолдары баяндалған. Бірақ, авторлардың айтуынша, бұл көрсеткіштерді теориялық жолмен анықтауды тек сандық тәсілдерді қолданып, ЭЕМ жәрдемімен ғана орындауға болады деп тұжырымдалған. Мақалада автомобильдің орнынан жылжып, қарқынды қозғалысы сипаттамасының көрсеткіштерін аналитик жолмен анықтаудың теориялық жолдары негізделіп баяндалды, процестің теңдеулері құрылды және оның параметрлерін анықтайтын формулалары жазылып шығарылды. Баяндалған теориялық зерттеудің дұрыстығын дәлелдейтін есептеулер орындалды.

Кілтті сөздер: автомобильдің максимал жылдамдығы, қарқынды қозғалысының уақыты, тартушылық-жылдамдық қасиеттері, қарқындаудың жылдамдық сипаттамасы, тарту күші балансы, динамикалық фактор.

Кіріспе

Автомобильдің қарқынды қозғалысының сипаттамасы деп қозғалыс жылдамдығының және қарқынды қозғалысының уақытының оның жол ұзындығынан тәуелділігін көрсететін қисық сызықтар графигін айтады. Сол секілді, автомобильдің қарқындап қозғалып келіп, екпінімен қозғалыстан шығуының сипаттамасы деп оның жылдамдығының, қозғалыстан шығуының

уақытының жолы ұзындығынан тәуелділігін көрсететін қисық сызықтар графигін айтады [1–3]. Автомобильдің қарқынды қозғалысы және одан шығуы асфальтті-бетонды тегіс жол бетінде орындалып, сыналады. Ол үшін автомобильді төменгі беріліс сатысынан жоғарғыларына біртіндеп өткізе отырып, белгіленген ақтық жылдамдыққа жеткенше қозғалыста болғызады да, содан кейін берілісін ағытып тастап, автомобиль тоқтағанға дейін өзінің инерциясымен жүргізеді. Әдетте, қарқынды қозғалыстың ақтық жылдамдығы, демек, қозғалыстан шығуының бастапқы жылдамдығы 100 км/сағ-қа (27,8 м/с) тең болсын деп қабылданады [4–7].

Материалдар мен әдістер

Зерттеуді жеке автомобиль қозғалысына қатысты орындаймыз. Автомобильдің қарқынды қозғалысының және қозғалыстан шығуының өздеріне сәйкесті тарту күші балансы теңдеулерін төменгі түрде жазып шығамыз:

$$\left. \begin{aligned} F_k &= \psi G_a + F_B + \frac{\delta_k G_a}{g} \cdot \frac{dv_a}{dt}; \\ -\frac{\delta_b G_a}{g} \cdot \frac{dv_b}{dt} &= \psi \delta_b G_a + F_B. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

мұндағы G_a – автомобильдің салмағы;

F_k – жанама (шеңберлік) тарту күші;

F_B – ауа кедергісінің күші;

g – салмақ күшінің үдеуі;

t – уақыт;

ψ – жол беті кедергісінің келтірілген коэффициенті;

δ_k – автомобильдің -ші сатысы іске қосылғандағы қозғалысы кезінде айналушы массаларын есепке алу коэффициенті;

δ_b – қозғалыстан өз екпінімен шығу кезінде автомобильдің (көліктік машинаның) айналыстағы массаларын есепке алу коэффициенті.

Бұдан әрі қарай автомобильдің (көліктік машинаның) өзінің екпінімен қозғалыстан шығуы қозғалысына қатысты параметрлерінің өздеріне сәйкесті әріпті белгілемелеріне «b» индексін бекітіп беріп отыратын боламыз [8–12].

Қалыптаспаған жұмыс режимі (қарқындап, немесе бәсеңдеп қозғалуы) кезінде қозғауыш моментінің төмендеуі мардымсыз кішкене болуын ескере отырып, δ_k және δ_b коэффициенттерінің мәндерін төмендегі формулаларды қолданып, анықтаймыз:

$$\left. \begin{aligned} \delta_k &= 1 + \sigma_1 + \sigma_2 i_{kn,k}^2; \\ \delta_b &= 1 + \sigma_1. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

мұндағы $i_{kn,k}$ – k-шы сатысы қосылғандағы беріліс қорабының беріліс саны;

σ_1 и σ_2 и – коэффициенттер. $\sigma_1=0,03...0,05$; $\sigma_2=0,04...0,06$.

(1) теңдеуінен автомобильдің қарқынды қозғалысының үдеуін

$$\frac{dv_a}{dt} = g(D - \psi) \quad (3)$$

түрінде табамыз. Мұндағы $D=(F_k - F_b)/\delta_k G_a$ – динамикалық фактор (айналыстағы массалар назарға алынған).

Теориялық зерттеуді әрі қарай жалғастыру мақсатында және іштен жанушы қозғауыштардың жылдамдық сипаттамаларын шамалап салып шығу үшін параметрлер арасындағы қарым-қатынастарды көрсететін төмендегі белгілі теңдеулерді қолданамыз:

$$P_{\partial} = P_{\partial.max} \left[a \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} + b \left(\frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^3 \right] \quad (4)$$

$$M_{\partial} = M_p \left[a + b \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} - c \left(\frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^2 \right] \quad (5)$$

$$F_k = \frac{M_{\partial} i_T \eta_{mr}}{r_{\partial}} \quad (6)$$

$$F_b = k_b A v_a^2 \quad (7)$$

мұндағы a, b, c – мәндері қозғауыштың (мотордың) түрі мен құрылысына тәуелді болатын коэффициенттер;

$P_{\partial.max}$ – қозғауыштың максимал қуаты;

P_{∂} және ω_{∂} – қозғауыштың қуатының және білігінің айналыс жылдамдығының ағымдағы мәндері;

M_p және ω_p – қозғауыштың максимал қуатына сәйкес болған моменті және білігінің айналыс жылдамдығы;

r_{∂} – автомобильдің жетекші доңғалағының динамикалық радиусы;

A – автомобильдің маңдай алды ауданы;

i_T – трансмиссияның беріліс саны;

η_{mr} – трансмиссияның ПӘК;

k_b – ауа кедергісінің коэффициенті.

Қозғауыштың сыртқы сипаттамасының қисықсызықтарының арасында мынадай байланыстар бар:

$\omega_{\partial} = \omega_p$ болғанда, $P_{\partial} = P_{\partial.max}$ болады;

$\omega_{\partial} = \omega_p$ болғанда, $P_{\partial}(\omega_{\partial})$ функциясы экстремумға ие болады, яғни $\frac{dP_{\partial}}{d\omega_{\partial}} = 0$

$\omega_{\partial} = \omega_{M.max}$ болғанда, $M_{\partial}(\omega_{\partial})$ функциясы экстремумға ие болады, яғни $\frac{dM_{\partial}}{d\omega_{\partial}} = 0$

Бұл өрнектердегі $\omega_{M.max}$ қозғауыштың максимал $M_{\partial.max}$ моментіне сәйкес болатын қозғауыш білігінің айналысының бұрыштық жылдамдығы.

Бұл соңғыларының сан мәндері автомобильдің және қозғауышының техникалық сипаттамаларында белгіленіп берілген болады.

Жоғарыда аталған байланыстарды және (4) пен (5) теңдеулерін ескеріп, a , b және c , коэффициенттерінің сан мәндерін анықтау шарттары төмендегі теңдеулер жүйесі түрінде өрнектеліп шығарылды:

$$\left. \begin{aligned} a + b - c &= 1, \\ a + 2b - 3c &= 0, \\ b\omega_p - 2c\omega_{M.max} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Осы теңдеулерді шешіп, және коэффициенттерінің сан мәндерін анықтайтын формулаларын шығарып аламыз:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{3k_{\omega}-4}{2(k_{\omega}-1)}; \\ b &= \frac{1}{k_{\omega}-1}; \\ c &= \frac{k_{\omega}}{2(k_{\omega}-1)}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

мұндағы $k_{\omega} = \frac{\omega_p}{\omega_{M.max}}$ – қозғауыштың айналыс жылдамдығы бойынша

бейімделушілік коэффициенті.

(4)...(9) өрнектерін ескеріп, (3) теңдеуін

$$\frac{dv_a}{dt} = d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k \quad (10)$$

түріне келтіреміз.

$$\begin{aligned} \text{Мұндағы } d_k &= -\frac{g}{G_a \delta_k} \left(\frac{M_p \eta_{mr} c}{r_{\partial}^3 \omega_p^2} \cdot i_{т.к}^3 + k_B A \right), \quad e_k = \frac{g}{G_a \delta_k} \cdot \frac{M_p \eta_{mr} b}{r_{\partial}^2 \omega_p} \cdot i_{т.к}^2, \\ l_k &= \frac{g}{G_a \delta_k} \cdot \frac{M_p \eta_{mr} a}{r_{\partial}} i_{т.к} - g \psi \text{ деп белгіленген.} \end{aligned}$$

Бұл өрнектердегі F_k жанама тарту күшінен басқа параметрлердегі k индексі беріліс сатысының нөмірін көрсетеді.

Трансмиссиясының k -шы сатысы іске қосылғандағы автомобильдің қарқынды қозғалысының этапындағы уақытын (10) теңдеуінен анықтаймыз:

$$t_{p.k} = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} \frac{dv_a}{d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k}. \quad (11)$$

Мұндағы $v_{н.к}$ және $v_{к.к}$ – автомобильдің k -шы этапындағы қарқынды қозғалысының басындағы және аяғындағы жылдамдықтары.

Автомобильдің k -шы этапындағы қарқынды қозғалысының жол ұзындығының теңдеуін

$$v_a = \frac{ds_{p.k}}{dt} \quad (12)$$

өрнегінен

$$s_{p.k} = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} v_a dt = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} \frac{v_a}{d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k} dv_a \quad (13)$$

түрінде тауып аламыз. Ақырында (11) және (13) өрнектерін интегралдап, аталған параметрлерді анықтайтын формулаларды жазып, шығарып алдық: егер $e_k^2 - 4d_k l_k > 0$ болса, онда

$$t_{p.k} = \frac{1}{D_k} \ln \frac{(2d_k v_{к.к} + e_k - D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k + D_k)}{(2d_k v_{к.к} + e_k + D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k - D_k)}, \quad (14)$$

$$s_{p.k} = \frac{1}{2d_k} \ln \frac{d_k v_{к.к}^2 + e_k v_{к.к} + l_k}{d_k v_{н.к}^2 + e_k v_{н.к} + l_k} - \frac{e_k}{2d_k D_k} \ln \frac{(2d_k v_{к.к} + e_k - D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k + D_k)}{(2d_k v_{к.к} + e_k + D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k - D_k)}, \quad (15)$$

егер $e_k^2 - 4d_k l_k < 0$ болса, онда

$$t_{p.k} = \frac{2}{D_{m.k}} \left(\arctg \frac{2d_k v_{к.к} + e_k}{D_{m.k}} - \arctg \frac{2d_k v_{н.к} + e_k}{D_{m.k}} \right) \quad (16)$$

$$s_{p.k} = \frac{1}{2d_k} \ln \frac{d_k v_{к.к}^2 + e_k v_{к.к} + l_k}{d_k v_{н.к}^2 + e_k v_{н.к} + l_k} - \frac{e_k}{d_k D_{m.k}} \cdot \left(\arctg \frac{2d_k v_{к.к} + e_k}{D_{m.k}} - \arctg \frac{2d_k v_{н.к} + e_k}{D_{m.k}} \right). \quad (17)$$

Бұл формулаларда $D_k = \sqrt{e_k^2 - 4d_k l_k}$ и $D_{m.k} = \sqrt{4d_k l_k - e_k^2}$

Айта кететін бір жәйт – автомобильдің тұрған орынынан жылжып қозғалуы оның тыныш қалыпынан қозғалыс қалыпына көшуі болып табылады. Әдетте, дененің қозғалыс бетінде орынында тұруы олардың арасында пайда болатын тыныш қалыпындағы үйкелісі күші әсері нәтижесінде қамтамасыз етіледі. Дене тыныш қалыпынан қозғалысқа шексіз кішкене уақыт арасында өтеді. Дене қозғалысының бастапқы қозғалыс жылдамдығы қаншалықты кішкене болғанымен кейін қарай бағытталған инерция күші өте үлкен болып шығады. Мұны дененің тыныш қалыпындағы үйкеліс күшінің оның қозғалысы кезіндегі үйкеліс күшінен үлкен болатындығының бір себебі деп есептеуге болады. Көліктік машинаның орынынан жылжыған мезетіндегі және қозғалысы кезіндегі теңселу коэффициенттерінің айырмашылығын осыған ұқсас түсіндіруге болады. Сондықтан, қозғаушының қуаты жеткілікті болған жағдайдың өзінде автомобильдің, немесе басқа бір көліктік машинаның, тұрған орынынан жылжып қозғалып кетуі жол бетімен ұстасуы бойынша анықталатын максимал күшіне тең болатын жанама тарту күшінің әсері нәтижесінде ғана мүмкін болады деп қабылдауға болады.

Автомобильдің орнынан жылжып, қарқынды қозғалуы оның қозғаушының жұмыс режиміне және жүргізушінің ерекшеліктері мен әрекетіне байланысты болады. Автомобильдің қарқынды қозғалысы ең төменгі берілісі іске қосылғанда қозғауыш білігі орнықты минимал айналыс жылдамдығымен айналып, және қозғауыштың жұмысы оның сыртқы сипаттамасына сәйкес болып тұрған мезеттен басталады деп қабылдаймыз. Қозғауыш білігінің орнықты минимал айналыс жылдамдығы оның техникалық сипаттамасында дәл белгіленіп берілмейді. Біз осы жылдамдықты қайсыбір k -шы беріліс сатысы (әдетте, бірінші беріліс сатысы) іске қосылғанда автомобильдің орнынан жылжып, қозғалып кете алатындығының мүмкіндігі шартынан анықтайық. Сонда жанама тарту күші

$$F_k = \varphi \lambda_k G_a \cos \alpha \tag{18}$$

болғанда автомобиль орынынан жылжып қозғалып кетеді деп ұйғаруға болады. Мұндағы φ – ұстасу коэффициенті, λ_k – жетекші доңғалақтардың жүктелу коэффициенті, α – өрге көтерілу бұрышы.

Соңғы теңдеуді ескеріп, (5), (6) және тарту күші балансы теңдеулері бойынша автомобильдің орынынан жылжып қозғалып кетуінің шартын төмендегі түрде өрнектеп шығарып аламыз:

$$M_p \left[a + b \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} - c \left(\frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^2 \right] \cdot \frac{i_T \eta_{mr}}{r_{\partial}} = \varphi \lambda_k G_a \delta_k \cos \alpha \tag{19}$$

Бұл теңдеуді ω_{∂} шамасына қатысты шешіп, қозғауыш білігі айналысының орнықты минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын формуланы мына түрде шығарып аламыз:

$$\omega_{\partial.min} \geq \omega_p \left(\frac{b}{2c} + \sqrt{\frac{b^2}{4c^2} + \frac{a}{c} - \frac{\varphi \lambda_k G_a \delta_k \cos \alpha}{c M_p i_T \eta_{mr}}} \right) \quad (20)$$

Қозғалыста екінші жоғарғы сатыны қосу кезінде автомобильдің жылдамдығы қайсыбір Δv_n шамасына төмендейтіні белгілі. Зерттеулер нәтижесінде берілістен беріліске өту уақыты $t_n = 0,8 \dots 1,5$ секундке созылады екен [2]. Бұл кезде автомобиль өзінің екпінімен қозғалыс үстінде болады. Сондықтан автомобильдің тарту күші балансы теңдеуін былайша жазып шығамыз:

$$0 = \psi \delta_b G_a + F_B + \frac{\delta_b G_a}{g} \cdot \frac{dv_a}{dt} \quad (21)$$

Бұл теңдеуден автомобиль қозғалысы жылдамдығының үдеуі (бәсеңдеуі)

$$j_a = \frac{dv_a}{dt} = -g\psi - \frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 \quad (22)$$

Автомобильдің өз екпінімен қозғалуының жылдамдығы

$$v_a = v_{b.нач} - g\psi t - \frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 t \quad (23)$$

мұндағы $v_{b.нач}$ – берілісті өзгерту кезіндегі қозғалыстың бастапқы жылдамдығы. $v_{b.нач} = v_{k.k}$. Бұдан автомобиль беріліс қорабы ағытылып тасталғандағы өз екпінімен қозғалысының жылдамдығын тауып алу үшін керек болатын теңдеуді төменгі түрде жазып шығарамыз:

$$\frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 t + v_a - v_{b.нач} + g\psi t = 0 \quad (24)$$

$t = t_n$ деп алып, (24) теңдеуін шешсек, автомобильдің k -ші беріліс сатысынан $(k+1)$ -ші сатысына көшкендегі бастапқы қозғалыс жылдамдығының шамасын тауып беретін формуланы жазып шығарамыз:

$$v_{н.(k+1)} = -\frac{G_a \delta_b}{2k_B Ag t_n} + \sqrt{\frac{G_a^2 \delta_b^2}{4k_B^2 A^2 g^2 t_n^2} + \frac{G_a \delta_b}{k_B Ag t_n} \cdot v_{k.k} - \frac{G_a \delta_b \psi}{k_B A}} \quad (25)$$

Нәтижелер мен талқылау

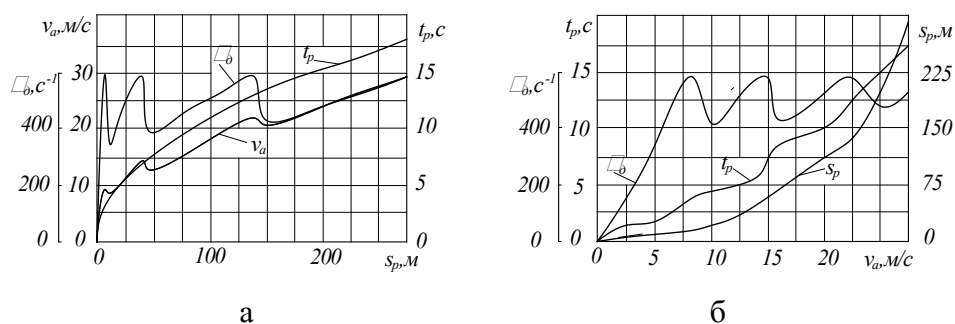
Сөйтіп, зерттеулеріміздің нәтижесінде автомобильдің қарқынды қозғалысын сипаттайтын және оның көрсеткіштерін анықтайтын теңдеулер мен формулаларды дәлелдеп шығып, анықтап алдық. Мысалы, (14)...(17) және (25) формулалары бойынша қарқынды қозғалыстың әрбір этапының және толықтай қарқынды қозғалыстың өзінің уақыты мен автомобильдің жүріп өтетін жол ұзындығын тауып ала аламыз. Ал, (11) және (13) теңдеулері бойынша Mathad бағдарламасын да қолданып, қарқынды қозғалыстың параметрлері арасындағы өзара байланыстарының графиктерін сызып шығып, сараптап, зерттеуге болады.

Құрастырылған теңдеулер мен жазып шығарылған формулалардың дұрыстығын тексеру үшін, осы өрнектерді қолданып, ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының көрсеткіштері анықталынды (1-ші кесте) және сипаттамасы (1-ші сурет) салынып шықты. Есептеу параметрлер мен шамалардың төмендегі сан мәндері қабылданып, орындалды: 2101 моделді қозғаушы орнатылған автомобильдің салмағы $G_a=10600$ Н (жүргізуші мен пассажирдің салмақтарын қосқанда 12100 Н), білігінің $\omega_p=586$ с⁻¹ (5600 айн/мин) болған айналыс жылдамдығына сәйкесті қозғаушының максимал қуаты 43,2 кВт, максимал қуатына сәйкесті қозғаушы моменті $M_p=73,72$ Нм, қозғаушы білігінің $\omega_m=355,87$ с⁻¹ (3400 айн/мин) болған айналыс жылдамдығына сәйкесті қозғаушының максимал моменті $M_{c,max}=85$ Нм, беріліс қорабының сатыларының беріліс сандары $i_{k.n.1}=3,67$, $i_{k.n.2}=2,10$, $i_{k.n.3}=1,36$, $i_{k.n.4}=1$ бас берілістің беріліс саны $i_{r.n}=4,3$ ауа кедергісінің коэффициенті $k_b=0,2$ Н·с²·м⁻⁴, трансмиссияның ПӘК $\eta_{mr}=0,92$, шиналарының өлшемдері 165/80 R13, автомобильдің маңдай алды ауданы $A=1,359$ м², асфальтталған жол бетінің кедергісінің коэффициенті $\psi=0,013$, коэффициенттер $\sigma_1=0,03$, $\sigma_2=0,04$. Сонымен қатар, жазылып шығарылған формулаларымыз бойынша a, b, c, коэффициенттерінің және әрбір беріліс сатысына сәйкесті i_r және σ_k шамаларының сан мәндері анықталды. Әдебиет көздерінде мәліметтерге сәйкес автомобильдің қарқынды қозғалысы кезінде беріліс сатысын өзгертуге кететін уақыт 1,1 с-ке тең болып қабылданды.

Зерттеу кезінде жазып шығарылған формулалар бойынша анықталған ВАЗ 21051 автомобилінің сатылап қарқынды қозғалысының уақыт ұзақтығы мен оның техникалық сипаттамаларында айқындалып берілген уақытынан айырмасы 1...4 % шамасында болды. Бұл ұсынылып отырған автомобильдің (көліктік машинаның) қарқынды қозғалысын теория тұрғысынан зерттеуінің және жазып шығарылған теңдеулер мен формулалардың дұрыс екендігін дәлелдейді.

Кесте 1 – ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының параметрлерінің есептеумен табылған сан мәндері

Беріліс сатысы	t_p, c	$v_a, m/c$	s_p, m	$\omega_a, 1/c$	Беріліс сатысы	t_p, c	$v_a, m/c$	s_p, m	$\omega_a, 1/c$
Бірінші	0	0	0	0	Үшінші	6,78	14,362	44,169	374,951
	0,67	1,664	0,496	117,2		7,722	15,979	58,614	417,16
	1,097	3,327	1,546	234,4		8,688	17,596	74,829	459,37
	1,451	4,991	3,012	351,6		9,685	19,212	93,18	501,58
	1,788	6,654	4,974	468,8		10,733	20,829	114,186	543,79
	2,15	8,318	7,688	586		11,862	22,446	138,612	586
Екінші	3,67	8,144	11,51	328,305	Төртінші	12,843	22,272	147,081	427,54
	3,823	9,422	15,604	379,844		13,929	23,378	169,577	448,76
	4,286	10,701	20,262	431,383		14,836	24,483	193,687	469,99
	4,757	11,979	25,597	482,92		15,872	25,589	219,618	491,21
	5,246	13,258	31,778	534,46		16,9843	26,694	247,626	512,44
	5,77	14,536	39,057	586		17,959	27,80	278,032	533,66



Сурет 1 – ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының жылдамдық сипаттамасы: а – жолы бойынша; б – жылдамдық бойынша

Қорытынды

Тұжырымдамалар:

- карбюраторлы қозғауыштың сыртқы сипаттамасындағы қуат қисықсызығының коэффициенттерін анықтауға мүмкіндік беретін теңдеулер жүйесі құрастырылды және оның шешімі ретінде коэффициенттерді анықтайтын формулалар жазылып шығарылды. Бұл карбюраторлы қозғауыштың сыртқы сипаттамасын толығымен теориялық жолды пайдаланып, сызып шығуға мүмкіндік береді;

- карбюраторлы қозғауышты автомобильдің белгілі бір сатысы іске қосылғанда қарқынды қозғалуының басталып кетуі мүмкін болатындай қозғауыш білігінің айналысының минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын шарты ұсынылған;

- карбюраторлы қозғауыштың білігі айналысының минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын формула жазылып шығарылған;

- автомобильдің қарқынды қозғалысы кезінде оның карбюраторлы қозғауышының сыртқы сипаттамасы бойынша жанама тарту күшін және қозғалыс жылдамдығын анықтайтын формулалар жазылып шығарылған;

- автомобильдің қарқынды қозғалысы сипаттамасының негізгі көрсеткіштері болып табылатын уақыты мен жол ұзындығын аналитик жолмен анықтайтын формулалар жазылып шығарылған;

- зерттеу жолдарының, жазылып шығарылған теңдеулер мен формулалардың дұрыстығы ВАЗ 21051 автомобиліне қатысты орындалған есептеулердің нәтижелерін ВАЗ моделі автомобильдерінің техникалық сипаттамаларында көрсетілген қарқынды қозғалысы параметрлерінің сандық мәндерімен салыстырылып, дәлелденген;

- орындалған зерттеудің нәтижелерін автомобильдің белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқынды қозғалысының уақыты мен жол ұзындығын анықтап алу, автомобильдің массасы, жүгі, жол жағдайлары секілді және басқа да әртүрлі факторлардың қарқынды қозғалысқа тигізетін әсерін зерттеп, сараптау, процестің жылдамдық сипаттамасын салып шығып, талдау үшін қолдануға болады;

- орындалған зерттеудің нәтижелері жаңадан жасалынып шығатын автомобильдің есептеулері, жобалауы, жетілдіруі және өндіріске ендіру этаптары кезінде техникалық сипаттамаларын анықтауда қолданыла алынады.

ПАЙДАЛАНФАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Trembovelsky, L.** Kinematic Matching of Engine and Transmission of Vehicles / L. Trembovelsky, V. Shmidt // Известия МГТУ МАМИ. – 2008. – № 2(6). – Р. 86–90.

2 Автомобили ВАЗ 2101, 2102 : ВАЗ 2101, ВАЗ 21011, ВАЗ 21012, ВАЗ 21013, ВАЗ 21014, ВАЗ 21016, ВАЗ 2102, ВАЗ 21021-01, ВАЗ 21021002, ВАЗ 21022, ВАЗ 21023, ВАЗ 21024, ВАЗ 21026 : с учетом применения запасных частей от более поздних моделей ВАЗ : практическое руководство / ред. : В. Верхогляд. – Батайск : Сверчок Ъ, 2010. – 212 с. – (Серия : Ремонт в дороге. Ремонт в гараже). – ISBN 978-5-98842-136-8.

3 **Горожанкин, С. А.** Исследование законов изменения ускорений автомобиля в процессе его разгона / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков // Строитель Донбасса. – 2019. – № 4(9). – С. 27–31.

4 **Гребнев, В. П.** Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин. – 3-е издание. – М. : Компания КноРус, 2018. – 260 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-06240-1.

5 **Вахламов, В. К.** Автомобили : Теория и конструкция автомобиля и двигателя : Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. К. Вахламов, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский; Под ред. А. А. Юрчевского. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 816 с

6 **Дзиов, Р. Э.** О начальной фазе разгона автомобиля / Р.Э. Дзиов // Вестник машиностроения. – 2005. – № 3. – С. 28–31.

7 **Драгунов, Г. Д.** Тягово-динамический расчет автомобиля при переключении передач и управлении двигателем / Г. Д. Драгунов, Е. П. Гонтарев, А. А. Юсупов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2014. – № 4. – С. 60–64.

8 **Нарбут, А. Н.** Интенсивность разгона легкового автомобиля с гидромеханической передачей в начальной фазе / А. Н. Нарбут, Д. М. Денисов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – № 1. – С. 32–36.

9 **Нарбут, А. Н. Дзиов, Р. Э.** Метод расчета разгона автомобиля с ГМП // Вестник машиностроения. – 2005. – №1. – С. 32-34.

10 Теория движения автомобиля : Учебник для вузов / В. П. Тарасик – СПб. : БХВ - Петербург, 2006. – 478 с.

11 **Уланов, А. Г.** Оптимизация процесса разгона автомобиля с учетом режимов работы его двигателя / А. Г. Уланов // Известия МГТУ МАМИ. – 2017. – № 3(33). – С. 56–60.

12 **Федотов, А. И.** Комплекс для экспериментального исследования динамики разгона автомобиля / А. И. Федотов, Е. М. Портнягин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 1(41). – С. 42–46.

REFERENCES

1 **Trembovelsky, L.** Kinematic Matching of Engine and Transmission of Vehicles / L. Trembovelsky, V. Shmidt // Izvestiya MGTU MAMI. – 2008. – No 2(6). – P. 86–90.

2 Avtomobili VAZ 2101, 2102 : VAZ 2101, VAZ 21011, VAZ 21012, VAZ 21013, VAZ 21014, VAZ 21016, VAZ 2102, VAZ 21021-01, VAZ 21021002, VAZ 21022, VAZ 21023, VAZ 21024, VAZ 21026 : s uchetom primeneniya zapasnyh chastej ot bolee pozdnih modelej VAZ : prakticheskoe rukovodstvo / red. : V. Verhoglyad. – Batajsk : Sverchok, 2010. – 212 p. – (Seriya : Remont v doroge. Remont v garazhe). – ISBN 978-5-98842-136-8.

3 **Gorozhankin, S. A.** Issledovanie zakonov izmeneniya uskorenij avtomobilya v processe ego razgona / S. A. Gorozhankin, N. V. Savenkov // Stroitel' Donbassa. – 2019. – № 4(9). – P. 27–31.

4 **Grebnev, V. P.** Traktory i avtomobili. Teoriya i ekspluatacionnye svoystva / V. P. Grebnev, O. I. Polivaev, A. V. Vorohobin. – 3-e izdanie. – Moscow : Kompaniya KnoRus, 2018. – 260 p. – (Bakalavriat i magistratura). – ISBN 978-5-406-06240-1.

5 **Vahlamov V. K.** Avtomobili: Teoriya i konstrukciya avtomobilya i dvigatelya: Uchebnik dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. Obrazovaniya / V. K. Vahlamov, M. G. SHatrov, A. A. Yurchevskij; Pod red. A. A. Yurchevskogo. – Moscow. : Izdatel'skij centr «Akademiya», 2003. – 816 p.

6 **Dzirov, R. E.** O nachal'noj faze razgona avtomobilya / R.E. Dzirov // Vestnik mashinostroeniya. – 2005. – № 3. – p. 28–31.

7 **Dragunov, G. D.** Tyagovo-dinamicheskij raschet avtomobilya pri pereklyuchenii peredach i upravlenii dvigatelem / G. D. Dragunov, E. P. Gontarev, A. A. Yusupov // Tekhnologiya kolesnyh i gusenichnyh mashin. – 2014. – № 4. – P. 60–64.

8 **Narbut, A. N.** Intensivnost' razgona legkovogo avtomobilya s gidromekhanicheskoj peredachej v nachal'noj faze / A. N. Narbut, D. M. Denisov // Tekhnologiya kolesnyh i gusenichnyh mashin. – 2015. – № 1. – P. 32–36.

9 **Narbut, A. N. Dzirov, R. E.** Metod rascheta razgona avtomobilya s GMP // Vestnik mashinostroeniya. – 2005. – № 1. – p. 32–34.

10 Teoriya dvizheniya avtomobilya: uchebnik dlya vuzov / V. P. Tarasik – SPb. : BHV - Peterburg, 2006. – 478 p.

11 **Ulanov, A. G.** Optimizaciya processa razgona avtomobilya s uchetom rezhimov raboty ego dvigatelya / A. G. Ulanov // Izvestiya MGTU MAMI. – 2017. – № 3(33). – P. 56–60.

12 **Fedotov, A. I.** Kompleks dlya eksperimental'nogo issledovaniya dinamiki razgona avtomobilya / A. I. Fedotov, E. M. Portnyagin // Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. – 2015. – № 1(41). – P. 42–46.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

***А. Нуржауов**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ

Тягово-скоростные свойства автомобилей оцениваются рядом показателей. В Государственном стандарте – «Автотранспортные средства. Скоростные свойства» приведены методы оценки путем испытаний таких показателей и характеристик скоростных свойств автомобилей, как максимальная скорость, время разгона на заданном пути, время разгона до заданной скорости, скоростная характеристика разгон – выбег и другие. Основными оценочными показателями тягово-скоростных свойств автомобилей являются характеристики приемистости. Основной характеристикой приемистости автомобиля является характеристика «Разгон – выбег», располагая которой можно оценить разгон на высшей и предшествующих передачах, определить время разгона на участках определенной длины, время разгона до заданной скорости. В литературных источниках и других изложены пути теоретического определения показателей тягово-скоростных свойств автомобиля. В них авторами рекомендуется решать задачи по определению таких показателей, как время и путь разгона, а также характеристики разгона, как правило, численным методом на ЭВМ. В статье изложены теоретические выкладки по аналитическому определению характеристик разгона автомобилей с переключением передач без применения численных методов. Правильность выведенных формул для определения параметров разгона автомобиля доказана расчетами.

Ключевые слова: максимальная скорость автомобиля, время разгона автомобиля, тягово-скоростные свойства, скоростная характеристика разгона, тяговый баланс, динамический фактор.

***А. Nurzhauov**

Toraighyrov university, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

INVESTIGATION OF THE SPEED-UP OF THE CAR

Motor vehicles properties are evaluated by indicators. The State Standard describes the methods of evaluation with way of tests of indicators and characteristics of traction-speed car properties such as the maximum speed, the time of the speed-up at given path, acceleration up to a given speed, the velocity-characteristic of the «speed-up–run-out» and others. The characteristic of car speed-up–run-out are the main estimates of the traction-speed car properties. Using this characteristic, we can appreciate the acceleration, the time and the path on higher transfer and prior to it, determine their on the sections of way up to a given speed. In the re and etc. outlined ways of the theoretical determination of indicators of traction-speed properties of car. Author encourages pursuing the goal of definition of indicators such as time and the path of car speed-up, also the characteristics of the run-out, usually on a computer with numerical method. Below we will present the method of the theoretical calculations of speed-up of cars with manual transmission with analytical formulas.

Keywords: max speed of the car, acceleration time, traction and speed properties, acceleration speed characteristic, traction balance, dynamic factor.

Теруге 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>