УДК 629.113

Л.П. Гащук, П.М. Гащук

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів

ОСОБЛИВІ ОЦІНКИ ДИНАМІЧНОСТІ РОЗГОНУ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Формально можна ідентифікувати такі особливі швидкості пересування військового автомобіля, які випливають з балансу сил як потенційно можливі, але досягнути яких реально не вдасться: процес набуття автомобілем цих особливих швидкостей мав би тривати нескінченно довго і здійснюватись на нескінченно довгому шляху, а тому параметри такого процесу розгону автомобіля не підвладні прямому вимірюванню і оцінюванню. Тож якщо різні автомобілі (автомобілі з помітно різними параметрами й характеристиками) мають однакові особливі швидкості, то здається, що розпізнати іманентно динамічніший з них принципово неможливо. Цей висновок вірний доти, поки за інструментарій оцінювання динамічності автомобіля правлять традиційні вимірники. Але, виявляється, примітивні вимірники розгону можна згорнути в один-єдиний критерій динамічності, який набуває тільки скінченних значень — навіть у разі, коли пришвидшення автомобіля в кінці процесу розгону прямує до нуля.

Ключові слова: *військовий автомобіль, розгін автомобіля, розгін до «недосяжної» швидкості, динамічність розгону, критерій динамічності розгону, збіжність критерію динамічності.*

Постановка проблеми

Проведення транспортних дій в зоні Антитерористичної операції (АТО) часто вимагає реалізації тактики «…вичікування – інтенсивний рух в режимі розгону – вичікування –…». Зумовлено це тим, що значна частина шляхів (доріг) ретельно прострілюється ворогом. Отож вичікування слушної миті початку руху – важливий елемент тактики пересування штибу «ніби перебіжки»з однієї безпечної зони в іншу (часто взагалі без використання режиму руху зі сталою швидкістю). Але перш за все успіх такої транспортної активності залежить водночас і від швидкісних, і від динамічних властивостей транспортного засобу. І справді, конструктивно закладена висока максимальна швидкість руху автомобіля мало чого важитиме, якщо інтенсивність набуття автомобілем цієї швидкості буде надто малою. Висока розгінна динамічність, звісно, хороша властивість автомобіля, але було б все-таки краще, якби вона поєднувалась з належно високими його швидкісними потенціями.

Отож, оцінюючи і добираючи транспортні засоби для «обслуговування» зони АТО, було б добре володіти цілком об'єктивним критерієм динамічності автомобіля в режимі розгону. Але таким, який би дозволяв одночасно охоплювати оцінкою й потенційні швидкісні властивості військового транспортного автомобіля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінити динамічність автомобіля більш-менш коректно (в традиційному сенсі) можна, поєднуючи хіба що попарно три вимірники – тривалість розгону, шлях розгону, швидкість (кінця) розгону [1]. Отож, критерій динамічності автомобіля можна ототожнити чи з «тривалістю розгону автомобіля до заданої швидкості» T_v, чи зі «швидкістю, якої досягає автомобіль у режимі розгону за виділений проміжок часу» V_t, чи з «довжиною шляху, на якому в режимі розгону досягається задана швидкість» S_v, чи зі «швидкістю, якої в режимі розгону досягає автомобіль на ділянці дороги заданої довжини» V_s, чи зі «шляхом, який долає автомобіль за заданий проміжок часу у режимі розгону» S_t, чи з «тривалістю подолання в режимі розгону ділянки дороги заданої довжини» T_s. Зрозуміло, динамічнішому автомобілю властиві менші значення критеріїв T_v, S_v, T_s та більші значення критеріїв V_t, V_s, S_t. Критерій T_v застосовують майже повсюдно. Рідше вдаються до критеріїв V_s та T_s (за критерієм T_s, приміром, влаштовують змагання так званих автомобілів-дрегстерів).

Але з'ясувалося, що виникають такі обставини, коли звичні критерії дають неоднозначні присуди (як феноменні, так і ноуменні)[1] іманентній[2] динамічності автомобіля. Тому часто висувались

[1]Грец. φαίνόμενον м те, що являється нам, дане в чуттях (тут м підвладне вимірюванню), νοούμενον м осягнуте розумом (тут м підвладне логіці визнання правдоподібності).

[2] Іманентний (лат. immanens, immanentis м властивий, притаманний чомусь-комусь) – внутрішньо притаманний, той, що випливає з внутрішньої природи, хоча не обов'язково осяжний розумом і підвладний інструментарію пізнання.

пропозиції оцінювати динамічність автомобіля на основі інших логічних підходів і за допомогою інших критеріїв (див., приміром, [1–7] – це лише мізерна частка написаного з цього приводу; давнішу бібліографію містять [3, 7]). З логічно вмотивованого поєднання, приміром, трьох зазначених вимірників випливає такий критерій динамічності розгону автомобіля [1, 3, 6, 7]:

$$d = T - \frac{S}{V}, \tag{1}$$

де T, S, V – параметри (тривалість, шлях, швидкість) кінця процесу розгону автомобіля. Саме критерій (1) дав змогу подолати найвагоміші суперечності, пов'язані з оцінюванням динамічності розгону автомобіля [6–9].

Мета статті

Мета статті – теоретично обґрунтувати можливість вимірювання-оцінювання динамічності розгону автомобіля до теоретично максимальної швидкості – тієї, що ніби реально випливає з балансу сил, але технічно все ж є недосяжною. Гіпотезою є припущення, що величина $d = T - \frac{S}{V}$ набуває скінченних значень за будь-яких умов і обставин.

Виклад основного матеріалу

Особливі процеси розгону. Але виявляється, що навіть монотонним механічним процесам розбігу-розгону чи сповільнення-гальмування властиві не завжди очевидні особливості. Згадаймо відому найпростішу математичну модель, яка покликана описати звичайним диференціальним рівнянням процес сповільнення тіла, що за інерцією рухається поковзом горизонтальною доліккою (див., приміром, [10]): у разі сухого кулонівського тертя (сила T тертя – стала) час руху тіла до зупинки і пройдений при цьому шлях – звично скінченні; у разі лінійного в'язкого тертя ($T = -fv$, $f > 0$ – стала, v – швидкість пересування тіла) час сповільнення – нескінченний, а от пройдений до миті зупинки шлях – скінченна величина; коли ж тертя є нелінійно в'язким ($T = -fv^2$), то і тривалість, і шлях зупинення тіла стають нескінченними (так ніби рух без надсилання рушійної енергії – вічний).

В теорії автомобіля дуже широко вживаються поняття «рівномірний рух», «усталений рух чи режим» або подібні до них за змістом. Ці поняття, звісно, потрібні й корисні, але…

Принцип відносності Галілея наполягає на тому, що в кожній рухомій інертній (інерціальній) системі відліку чинні ті самі закони механіки, що й в нерухомій системі. Принцип відносності Айнштайна ще категоричніший: всі закони фізики (а не тільки механічні) залишаються однаковими за таких умов. Інакше кажучи, жодними дослідами всередині системи спостерігач не зможе дізнатись, чи рухається він прямолінійно й рівномірно, чи стоїть. Отож, якщо на матеріальну точку не діють жодні сили (тіла й силові поля), то в інертній системі відліку ця точка рухається прямолінійно й рівномірно.

А чи може рухатись якось усталено автомобіль, якого ізолювати від дії сил (земного тяжіння, тертя, аеродинамічного опору, електромагнітного впливу чи місячного притягання, хай як дивно чи смішно це не звучить, тощо) практично неможливо? Перше, що спадає на думку: рівномірний рух автомобіля в дійсності цілком можливий, бо рушійним чинником можна урівноважити сили реакції довкілля, а рівновага сил рівноцінна їх відсутності.

Вважатимемо автомобіль матеріальною точкою маси m, на яку діє сила R опору довкілля, монотонно зростаюче залежна від швидкості руху v ($R = R(v)$, $\mathrm{d}R(v)\mathrm{d}v > 0$). Рушійний чинник при сталому положенні органа керування надсиланням палива в двигун хай також залежить однозначно від швидкості: $F = F(v)$, рис. 1.

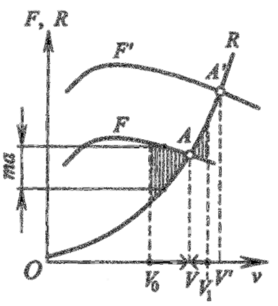


Рис. 1. **Стійкі усталені режими руху**

Відповідно до другого закону механіки

$$ma = F(v) - R(v)\,, \tag{2}$$

де a — пришвидшення (прискорення).

Залежності $F = F(v)$ і $R = R(v)$ є такими, що існує єдине значення швидкості $v = V$, при якому права частина виразу (2) обертається на нуль. Можна висувати такі нетривіальні твердження:

1) якщо в якусь мить t_0 швидкість руху машини $v = V_0$ менша за V, то впродовж усього подальшого руху справджуватиметься нерівність $v < V$; якщо ж $V_0 > V$, то в подальшому $v > V$;

2) якщо $V_0 < V$, то з плином часу швидкість руху збільшуватиметься, наближаючись до значення $v = V$, а якщо $V_0 > V$, то з плином часу швидкість руху зменшуватиметься, наближаючись саме до значення $v = V$.

Отож, до бажаного усталеного режиму руху A, див. рис. 1, автомобіль прямуватиме завжди нескінченно довго. Якщо водій вирішить збільшити швидкість руху до деякого значення $V' > V$, відповідно збільшуючи кількість спалюваного за одиницю часу пального і втілюючи рушійний чинник $F = F'(v)$, то до нового бажаного режиму руху A' автомобіль наближатиметься знову ж таки нескінченно довго. Таким чином, усталені режими руху автомобіля досягаються за час $t \to \infty$, що рівноцінно тому, що автомобіль взагалі усталено рухатись не здатен.

Насправді пориви вітру чи локальна зміна подовжнього профілю дороги можуть все-таки тимчасово спричиняти коливання швидкості навколо «усталеного» значення V, але загалом тенденція нескінченно тривалого стійкого прямування її до значення $v = V$ зберігатиметься. Приміром, у разі дії рушійного чинника $F = F(v)$ при швидкості $v = V_0 < V$ (і при кожній іншій швидкості $v > V$) автомобіль розганятиметься ($a > 0$), бо рушійний чинник $F = F(v)$ переважатиме над чинником опору $R = R(v)$, див. рис. 1. Натомість при$v = V_1 > V$ (і при кожній іншій швидкості $v > V$) рушійний чинник $F = F(v)$ буде меншим за чинник опору $R = R(v)$ і автомобіль вимушений сповільнюватися ($a < 0$). Таким чином, у разі $F = F(v)$ швидкість руху автомобіля стійко прямуватиме до значення $v = V$, як у разі $F = F'(v)$ – до значення $v = V'$.

Отож, виглядає так, що водій своїми керівними діями задає бажані собі значення швидкості рівномірного руху, а автомобіль у відповідь завжди перебуває в стані виконання недосяжного завдання. Тому пересічно рівномірний рух ототожнюють з нерівномірним в належно малому околі стійкого швидкісного стану автомобіля. Але якщо б автомобіль уже якось пересувався з бажаною швидкістю, то з цією швидкістю він міг би рухатись і далі.

На таке саме явище натрапляєш, звісно, й у разі пасивного руху.

Металева кулька, що падає у воду, через 3…4 с набуває майже сталої швидкості: ніби зникає різниця між реальною змінною швидкістю і тим значенням, до якого швидкість прямує. Подібне спостерігається й у разі падіння парашутиста: за кілька секунд після відокремлення від літального апарата парашутист набирає швидкість майже 50 м/с; далі після розкриття парашута швидкість спадає приблизно до значення 5 м/с, при якому він ніби досягає землі. Але наведені два значення швидкості не відповідають режиму усталеного руху.

Зауважимо, значення швидкості руху суттєво позначається на силових чинниках. Так, за швидкостей, що не перевищують значення 1 м/с, виникають підстави вважати, що повітряне середовище чинить опір, пропорційний швидкості, а у разі більших швидкостей – опір, пропорційний квадрату швидкості.

Звісно, перевести автомобіль у режим усталеного руху зі швидкістю $v = V = \text{const}$ насправді можна (див. рис. 1). Для цього поперваx необхідно в процесі, приміром, його розгону реалізовувати надмірну тягу $F'(v) > F(v)$ аж до миті досягнення бажаної швидкості $v = V$, а потім стрибком перевести орган керування двигуном в положення, відповідне тязі $F(v)$. Миттєво й точно здійснити таку дію не вдасться, а тому водій постійно коректуватиме положення органа керування двигуном, і швидкість автомобіля коливатиметься в околі значення $v = V$. Такий режим руху автомобіля є радше квазіусталеним, аніж усталеним.

Проте якщо тяга $F'(v)$ є граничною, то відповідна їй швидкість $v = V'$ технічно не досяжна. Саме такі обставини досліджуватимуться далі. В цьому власне і полягає мета статті.

Розгін до «недосяжної» швидкості. На рис. 2 для прикладу наведено діаграму пришвидшень (прискорень) $a = a(v)$ автомобіля з чотириступеневою механічною трансмісією: v – швидкість пересування автомобіля; a_m і a'_m – максимальне пришвидшення на розгінній (цього разу – першій) і вищій (цього разу – четвертій) передачах; A і M – точки, що відповідають максимальному моменту двигуна і максимальному пришвидшенню a_m автомобіля без буксування зчіпника; v_M – швидкість автомобіля, відповідна режимові реалізації двигуном максимального моменту; $a_M(v)$ – пришвидшення автомобіля в процесі реалізації двигуном максимального моменту у разі буксування зчіпника; AB – максимальні пришвидшення автомобіля, досяжні у разі увімкненої розгінної передачі за відсутності буксування зчіпника; П – спільна дотична графіків $a = a_M(v)$ (який для наочності подано в перебільшеному масштабі) і $a = a(v)$, відповідних першій (розгінній) передачі. Діаграма з точністю до процесів перемикання передач відображає зміну пришвидшень автомобіля в процесі його розбігу у разі роботи атмосферного двигуна на режимах граничної[3] швидкісної характеристики – природної, без штучного калібрування.

[3] Зазвичай серед швидкісних характеристик розрізняють зовнішню й часткові. Але такий поділ є руйнацією класифікаційної дихотомії: якщо «зовнішня», то чому не «внутрішня», а якщо «часткова» (а, може, «частинна»?), то чому не «повна», «гранична», «межева»? Взагалі кажучи, йдеться про поділ множини можливих

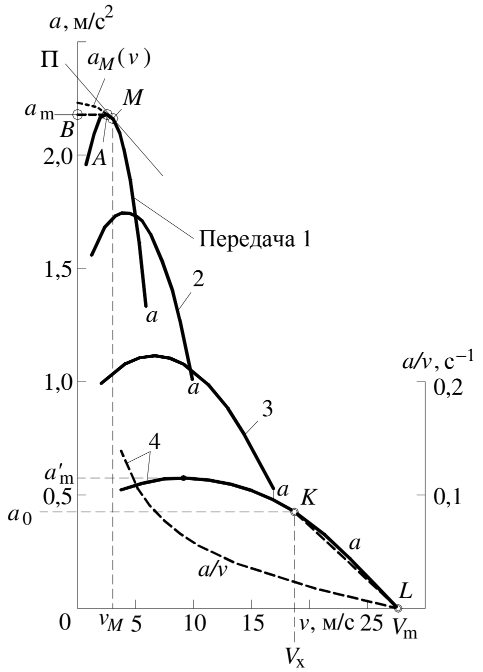


Рис. 2. **Приклад діаграми пришвидшень автомобіля**

Інформація про перебіг залежності $a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t = a(v)$ пришвидшення автомобіля a від швидкості v його пересування дає змогу вибудовувати програму розгону автомобіля не у звичному «програмному» вигляді $v = v(V_0, t)$ чи $V = V(V_0, T)$, а в оберненому

$$T = T(V_0, V) = \int_{V_0}^{V} \frac{\mathrm{d}v}{a(v)}, \qquad (3)$$

де t – поточний час, $T = T(V_0, V)$ – тривалість розгону автомобіля від деякої заданої швидкості V_0 до деякої заданої швидкості V. Подібно, замість залежностей $v = v(V_0, s)$ чи $V = V(V_0, S)$ можна оперувати залежністю

$$S = S(V_0, V) = \int_{V_0}^{V} \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)} \qquad (4)$$

де s – поточне переміщення автомобіля, S – шлях розгону.

Хай функція $a = a(v) > 0$ неперервна в проміжку $[V_0, V_\mathrm{m})$ і обертається на нуль тільки в точці $v = V_\mathrm{m} \in [V_0, V_\mathrm{m}]$ (згадаймо рис. 1, де $V_\mathrm{m} = V$ чи V'). Умовимося також, що в околі точки $v = V_\mathrm{m}$ існує перша похідна $a'(v) = \mathrm{d}a(v)/\mathrm{d}v < 0$, яка не обертається на нуль в самій точці $v = V_\mathrm{m}$, і що в цій точці існує й друга похідна $a''(V) = \mathrm{d}^2 a(v = V_\mathrm{m})/\mathrm{d}v^2$. Ці припущення цілком правдиві, вони не обмежують загальності викладок (бо в дійсності навряд чи існують хоч якісь підстави піддати сумніву це припущення, (див. рис. 1, 2). Отож, $a = a(v)$ в точці $v = V_\mathrm{m}$ ніби змінює свій знак (з додатного на від'ємний).

Зробімо математичний відступ… Покладатимемося на математичний аналіз.

Інтеграл (3) у разі $V = V_\mathrm{m}$ належить до невласних (з необмеженою підінтегральною функцією – такою, що має особливість поблизу правого краю відтинка $[V_0, V_\mathrm{m}]$). За інколи вживаною термінологією – це не невласний, а невластивий (!) інтеграл. Ознаки збіжності-незбіжності невласного інтеграла (за відсутності можливості визначення первісної в аналітичній формі) часто висновують на засадах мажорування однієї функції іншою, тобто на засадах формалізованого порівняння властивостей функцій. Скористаймось такою широко використовуваною стосовно невід'ємних функцій порівняльною ознакою.

Хай функції f і g невід'ємні на проміжку $[\alpha, \beta)$ і $\forall t \in (\alpha, \beta)$ інтегровані на відрізку $[\alpha, t]$ (мають єдину особливість в точці β відрізка $[\alpha, \beta]$). І хай існує границя

$$\lim_{x \to \beta - 0} \frac{f(x)}{g(x)} = C \quad (0 < C = \mathrm{const} < +\infty).$$

В такому разі інтеграли

$$\int_{\alpha}^{\beta} f(x)\mathrm{d}x = \lim_{\beta' \to \beta - 0} \int_{\alpha}^{\beta'} f(x)\mathrm{d}x \text{ і}$$

$$\int_{\alpha}^{\beta} g(x)\mathrm{d}x = \lim_{\beta' \to \beta - 0} \int_{\alpha}^{\beta'} g(x)\mathrm{d}x$$

збігаються чи розбігаються одночасно. У разі $C = 0$ збіжність інтеграла $\int_{\alpha}^{\beta} g(x)\mathrm{d}x$ тягне за собою й збіжність інтеграла $\int_{\alpha}^{\beta} f(x)\mathrm{d}x$.

Звісно, за функцію порівняння $g(x)$ (мажорування) зручно взяти чи не найпростішу з прийнятних функцію $1/(\beta - x)^{\lambda}$, $\lambda > 0$. Тож, виявляється, висловлене щойно твердження можна конкретизувати так: якщо у разі $x \to \beta - 0$ функція $f(x) \geq 0$ починає себе вести як нескінченно велика порядку $\lambda > 0$ (у порівнянні з $1/(\beta - x)$), то інтеграл $\int_{\alpha}^{\beta} f(x)\mathrm{d}x$ збігається або розбігається залежно від

режимів роботи двигуна, втілюваних при різних сталих положеннях органа керування двигуном і змінній частоті робочих циклів, на ті, що не належать границі множини, і ті, що є конкретно граничними. Зовні ж множини можливих режимів нічого «цікавого» для нас не являють, тобто нема таких «об'єктів-режимів», які довелося б називати зовнішніми. Отож, тут прийнято поділяти швидкісні характеристики двигуна на граничну і часткові.

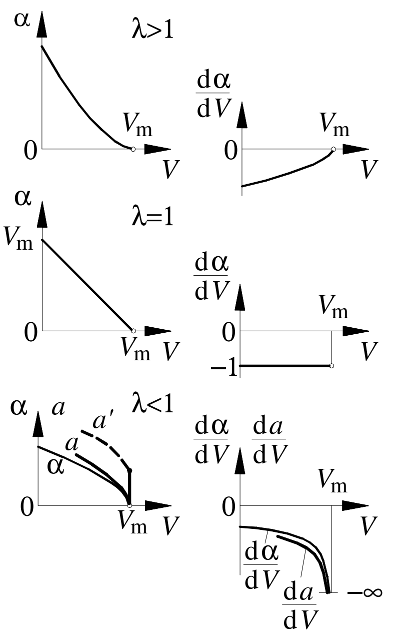
того, чи $\lambda<1$, чи $\lambda\geq 1$. Можна казати й так: якщо для деяких $\lambda>0$ і $0<C<+\infty$ –

$$f(x)\sim\frac{C}{(\beta-x)^{\lambda}},\ x\to\beta-0 \Leftrightarrow f(x)(\beta-x)^{\lambda}\to C,$$

$$x\to\beta-0,$$

то у разі $\lambda<1$ інтеграл $\int_{\alpha}^{\beta} f(x)\mathrm{d}x$ збігається, а у разі $\lambda\geq 1$ – розбігається (~ означає однаковий порядок, $\Leftrightarrow$ – «тоді і тільки тоді»).

Особливості перебігу мажорувальної функції $1/\alpha=1/\alpha(V)=1/(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}$ ілюструє рис. 3.



$a=a(v)|_{v=V}=a(V)$;
$\alpha=\alpha(V)=(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}$

Рис. 3. **Особливості перебігу мажорувальної функції**

У разі $\lambda>1$ (ідеться про розбіжність функцій-інтегралів) справджується співвідношення $\mathrm{d}\alpha(V)/\mathrm{d}V_{|V=V_{\mathrm{m}}}=0$, і цей випадок – тривіальний, оскільки для гарантованої розбіжності інтегралів $T=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{\mathrm{d}v}{a(v)}$ і $S=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{v\mathrm{d}v}{a(v)}$, окрім нерівностей $a(V)_{|V\to V_{\mathrm{m}}}<\alpha(V)$, $a(V)/V_{|V\to V_{\mathrm{m}}}<\alpha(V)$ в околі $V\to V_{\mathrm{m}}$, в самій точці $V=V_{\mathrm{m}}$ повинні справджуватись рівності $\mathrm{d}a(V)/\mathrm{d}V_{|V=V_{\mathrm{m}}}=0$ та $\mathrm{d}\left(\frac{a(V)}{V}\right)/\mathrm{d}V_{|V=V_{\mathrm{m}}}=0$. Але це не властиво ні функції $a(v)|_{v=V}=a(V)$, ні функції $a(V)/V$ (див. рис. 1; достатньо брати до уваги лише вищу передачу).

Але очевидно, що у разі $\lambda=1$ (див. рис. 3) можна знайти такі числа $C>0$і $V'\in(V_0,V_{\mathrm{m}})$, що

$$\frac{1}{a(V)}>\frac{C}{(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}} \text{ і } \frac{V}{a(V)}>\frac{C}{(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}}\text{для}V'\leq V<V_{\mathrm{m}}.$$

І це є твердим свідченням того, що інтеграли $T=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{\mathrm{d}v}{a(v)}$ і $S=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{v\mathrm{d}v}{a(v)}$ розбігаються.

Отож, очевидно, що величина $1/a(v)$ (див. (3)) поблизу точки $v=V_{\mathrm{m}}$ порівняно з $1/(V_{\mathrm{m}}-v)$ є нескінченно великою першого (однакового; $\lambda=1$) порядку (що записують як $1/a(v)\sim 1/(V-v)$), бо

$$0<\lim_{v\to V_{\mathrm{m}}}\frac{1/a(v)}{1/(V_{\mathrm{m}}-v)}=$$

$$=\lim_{v\to V_{\mathrm{m}}}\frac{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}v}(V_{\mathrm{m}}-v)}{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}v}a(v)}=-\frac{1}{a'(V_{\mathrm{m}})}<+\infty.$$

Звідси є підстави стверджувати, що інтеграл (3) розбігається, а це означає, що тривалість T розгону автомобіля до швидкості V є нескінченно великою. В такому разі параметр T губить можливість бути вимірником динамічності розгону автомобіля.

Подібне ж, напевне, доведеться стверджувати й щодо шляху розгону автомобіля

$$S=S(V_0,V)=\int_{V_0}^{V}\frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}.$$

Справді, оскільки

$$0<\lim_{v\to V_{\mathrm{m}}}\frac{v/a(v)}{1/(V_{\mathrm{m}}-v)}=$$

$$=\lim_{v\to V_{\mathrm{m}}}\frac{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}v}(v(V_{\mathrm{m}}-v))}{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}v}a(v)}=-\frac{V_{\mathrm{m}}}{a'(V_{\mathrm{m}})}<+\infty,$$

то залишається визнати, що розігнати автомобіль до швидкості V_{m} на ділянці шляху скінченної довжини не вдасться.

Але які ж вимоги мала б задовольняти залежність $a=a(V)$, щоб величини T і S набували скінченних значень?

Хай тепер $\lambda<1$ (ідеться про збіжність функцій-інтегралів). Для збіжності інтегралів $T=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{\mathrm{d}v}{a(v)}$ і $S=\int_{V_0}^{V_{\mathrm{m}}}\frac{v\mathrm{d}v}{a(v)}$ достатньо, аби справджувались умови

$$0\leq\frac{1}{a(V)}<\frac{C}{(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}}\leftrightarrow(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}<Ca(V),$$

$$0\leq\frac{V}{a(V)}<\frac{C}{(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}}\leftrightarrow(V_{\mathrm{m}}-V)^{\lambda}<C\frac{a(V)}{V},$$

де $C>0$.

А звідси випливає, що в точці $V=V_{\mathrm{m}}$ похідна від функції $a=a(V)$ повинна набувати значення $-\infty$ $(\mathrm{d}a(V)/\mathrm{d}V_{|V=V_{\mathrm{m}}}=-\infty$, див. рис. 3: суцільні криві a і $\mathrm{d}a/\mathrm{d}V)$ або ж функція $a=a(V)$ повинна мати в точці $V=V_{\mathrm{m}}$ злам і вертикальну ділянку (штрихова лінія a' на рис. 3).

Зазвичай дві нескінченно великі в околі $x\to a$ величини $y(x)$ та $z(x)$ вважають величинами одного порядку, якщо їх відношення $y(x)/z(x)$ (а разом з ним і відношення $z(x)/y(x)$) має скінченну й відмінну від нуля границю. Якщо цією границею є одиниця – $\lim_{x\to a}\frac{y(x)}{z(x)}=1$, – то кажуть, що $y(x)$, $z(x)$ – еквівалентні нескінченно великі, і пишуть $y(x)\sim z(x)$. Коли ж у разі $x\to a$ відношення $y(x)/z(x)$ стає нескінченно великим (а $z(x)/y(x)$ – відповідно нескінченно малим), то $y(x)$ вважають нескінченно великою величиною вищого порядку, ніж нескінченно велика величина $z(x)$ (одночасно $z(x)$ буде нескінченно великою нижчого порядку, ніж $y(x)$). Коли ж відношення $y(x)/z(x)$ до жодної границі не прямує, то кажуть, що нескінченно великі $y(x)$ та $z(x)$ є непорівнянними.

А якого ж порядку нескінченності є величини T і S? Звернімо увагу на те, що (тут $V_0=0$)

$$\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}T(V)}{\ln a(V)}=\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}\int_0^V\frac{1}{a(v)}\mathrm{d}v}{\ln a(V)}=$$

$$=\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\int_0^V\frac{1}{a(v)}dv}{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\ln a(V)}=1,$$

$$\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}S(V)}{V_\mathrm{m}\ln a(V)}=\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}\int_0^V\frac{v}{a(v)}\mathrm{d}v}{V_\mathrm{m}\ln a(V)}=$$

$$=\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\int_0^V\frac{v}{a(v)}dv}{V_\mathrm{m}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\ln a(V)}=1,$$

$$\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{V_\mathrm{m}T(V)}{S(V)}=\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\frac{V_\mathrm{m}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\int_0^V\frac{1}{a(v)}\mathrm{d}v}{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\int_0^V\frac{v}{a(v)}dv}=1.$$

Відтак, випливають такі еквівалентності нескінченно великих:

$$T(V)\sim\frac{1}{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}}\ln a(V),\ S(V)\sim\frac{V_\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}}\ln a(V),$$
$$S(V)\sim V_\mathrm{m}T(V).$$

Отож, за близьких до V_m значень швидкостей кінця процесу розгону автомобіля тривалість цього процесу і пройдений в режимі розгону шлях можна приблизно оцінювати величинами відповідно

$$\frac{\ln a(V)}{a\prime(V_\mathrm{m})}\text{ і }\frac{V_\mathrm{m}\ln a(V)}{a\prime(V_\mathrm{m})}.$$

Але все одно ці величини втрачають оцінну ефективність як критерії у разі $V=V_\mathrm{m}$. Зауважмо, формальна підстановка цих величин у вираз (1) перетворює його на вираз

$$d=\frac{1}{\frac{\mathrm{d}a(V_\mathrm{m})}{\mathrm{d}v}}\ln a(V)\left(1-\frac{V_\mathrm{m}}{V}\right),$$

що також не є ефективним у разі $V=V_\mathrm{m}$.

Ефективний оцінний критерій. Звернімося тепер до критерію (1), який, до слова, можна подати у вигляді

$$d=\int_{V_0}^{V}\frac{\mathrm{d}v}{a(v)}-\frac{1}{V}\int_{V_0}^{V}\frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}=\frac{1}{V}\int_{V_0}^{V}\frac{V-v}{a(v)}\,\mathrm{d}v=$$
$$=\frac{1}{V}\int_{V_0}^{V}\int_{V_0}^{x}\frac{1}{a(v)}\,\mathrm{d}v\,\mathrm{d}x. \quad (5)$$

Останній вираз випливає з такої оригінальної формули згортання-розгортання інтеграла:

$$\int_a^x\varphi'(t_{n-1})\mathrm{d}t_{n-1}\int_a^{t_{n-1}}\varphi'(t_{n-2})\mathrm{d}t_{n-2}\dots\int_a^{t_1}f(t)\mathrm{d}t=$$
$$=\frac{1}{(n-1)!}\int_a^x\big(\varphi(x)-\varphi(t)\big)^{n-1}f(t)\mathrm{d}t.$$

Оскільки її окремим випадком є, зокрема, формула

$$\int_a^x\mathrm{d}t_{n-1}\int_a^{t_{n-1}}\mathrm{d}t_{n-2}\dots\int_a^{t_1}f(t)\mathrm{d}t=$$
$$=\frac{1}{(n-1)!}\int_a^x(x-t)^{n-1}f(t)\mathrm{d}t,$$

то (5) — саме її наслідок у разі $n=2$.

Очевидно, що (див. (3) і (4))

$$\frac{\mathrm{d}d}{\mathrm{d}V}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}V}\left(\int_{V_0}^{V}\frac{\mathrm{d}v}{a(v)}-\frac{1}{V}\int_{V_0}^{V}\frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}\right)=\frac{1}{V^2}\int_{V_0}^{V}\frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}=\frac{S}{V^2}>0,$$
$$\frac{d^2d}{\mathrm{d}V^2}=\frac{1}{Va(V)}-2\frac{S}{V^3}.$$

Отож, d монотонно зростає із зростанням V і при цьому $\frac{\mathrm{d}d}{\mathrm{d}V}\to\infty$ у разі $V\to V_\mathrm{m}$. Приймаючи $V_0=0$ і вважаючи, що $a(v=0)\neq0$ і $T\to0$, $S\to0$ у разі $V\to0$, та застосовуючи правило Лопіталя, можна досягнути такого результату:

$$d_{V\to0}=-\lim_{V\to0}\frac{1}{V}\int_0^V\frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}=-\lim_{V\to0}\frac{V}{a(V)}=0.$$

Приклад експериментально добутих характеристик розгону (монотонно зростаючі графіки) й вільного вибігу (монотонно спадні графіки) мобільної машини наведено на рис. 4, 5 (v, t, s – поточні швидкість, час, шлях; $V_0=0$). Триваліший і на довшому шляху вільний вибіг (для тієї ж машини з тим самим двигуном, але з колесами різного рівня досконалості) є ознакою потенційно вищої динамічності розгону.

Як випливає з рис. 4, вищу динамічність автомобіля з колесами, яким властиві менші значення коефіцієнта опору коченню, взаємно підтверджують графіки перебігу процесу вибігу і графіки розгону $v=v(d)$ (переконливіше, ніж навіть звичні графіки розгону $v=v(t)$, $v=v(s)$).

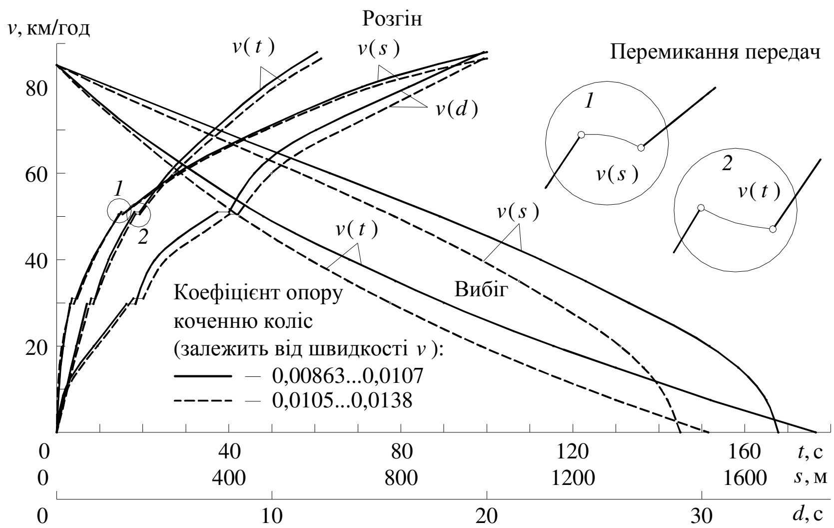


Рис. 4. **Характеристики розгону й вибігу автобуса з примітивною механічною чотириступеневою трансмісією (рушання з другої передачі)**

За будь-якого значення швидкості $v = V$ пересування динамічнішим є саме розгін автомобіля, якому властиве менше значення параметра-вимірника d; за будь-якого d динамічнішим є розгін, якому властиве більше $v = V$. Між v, t, s існує взаємна монотонність, ілюстрована рис. 5.

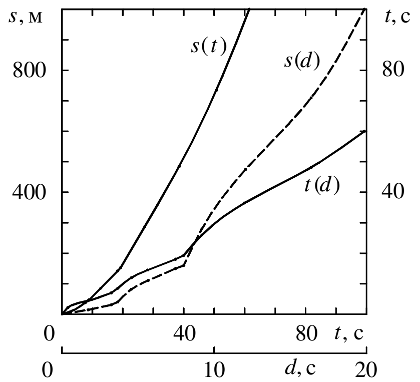


Рис. 5. **Взаємозв'язок між параметрами процесу розгону автобуса (колеса з меншим опором коченню)**

Надалі, конкретизуючи означення критерію динамічності, покладімо $V_0 = 0$. І вдамося до процедури лінійної апроксимації: частину KL діаграми пришвидшень $a = a(v)$ автомобіля на вищій передачі (див. рис. 1) заступимо апроксимаційною прямою

$$a = a_{\text{x}} \frac{V_{\text{m}} - v}{V_{\text{m}} - V_{\text{x}}},\ V_{\text{x}} \le v \le V_{\text{m}}, \qquad (6)$$

де $(v, a) = (V_{\text{x}}, a_{\text{x}})$ — початок апроксимаційної прямої; за кінець цієї прямої взято особливу точку$(v, a) = (V_{\text{m}}, 0)$. Спробуймо наближено оцінити динамічність автомобіля критерієм

$$d(V) = \int_0^V \frac{\mathrm{d}v}{a(v)} - \frac{1}{V}\int_0^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)} = \int_0^{V_{\text{x}}} \frac{\mathrm{d}v}{a(v)} + \int_{V_{\text{x}}}^V \frac{\mathrm{d}v}{a(v)} -$$

$$-\frac{1}{V}\int_0^{V_{\text{x}}} \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)} - \frac{1}{V}\int_{V_{\text{x}}}^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)} = D_{\text{x}} + \int_{V_{\text{x}}}^V \frac{\mathrm{d}v}{a(v)} - \frac{1}{V}\int_{V_{\text{x}}}^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)}.$$

Очевидно, що величина D_{x} є скінченною. Переконаймося, що й загалом d – скінченна величина (за припущення (6)): оскільки

$$d(V) = D_{\text{x}} + \frac{V_{\text{m}} - V_{\text{x}}}{a_{\text{x}}}\left(\int_{V_{\text{x}}}^V \frac{\mathrm{d}v}{V_{\text{m}} - v} - \frac{1}{V}\int_{V_{\text{x}}}^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{V_{\text{m}} - v} \right) =$$

$$= D_{\text{x}} + \frac{V_{\text{m}} - V_{\text{x}}}{a_{\text{x}}}\left(-\ln\frac{V_{\text{m}} - V}{V_{\text{m}} - V_{\text{x}}} + \frac{1}{V}\left(V - V_{\text{x}} + V_{\text{m}} \ln\frac{V_{\text{m}} - V}{V_{\text{m}} - V_{\text{x}}} \right) \right),$$

то

$$d(V_{\text{m}}) = \lim_{V \to V_{\text{m}}} d(V) = D_{\text{x}} + \frac{(V_{\text{m}} - V_{\text{x}})^2}{a_{\text{x}} V_{\text{m}}} < \infty. \qquad (7)$$

Тож на противагу величинам $T(V_{\text{m}})$ і $S(V_{\text{m}})$, що залишаються і цього разу нескінченно великими, величина $d(V_{\text{m}})$ справно виконує функції критерію динамічності. Цього висновку можна дійти, покладаючись на вельми загальні міркування…

Збіжність оцінного критерію в загальному випадку. Згадаймо так звану формулу Тейлора із залишковим членом (залишком) в інтегральній формі:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{q-1} \frac{f^{(k)}(\alpha)}{k!}(x - \alpha)^k + Q(x) \quad (0! = 1! = 1),$$

$$Q(x) = \frac{1}{(q-1)!}\int_\alpha^x (x - t)^{q-1} f^{(q)}(t)\mathrm{d}t, \qquad (8)$$

де $f(x)$ — належно гладка на деякому інтервалі, що містить точку α, функція (функція, що має неперервну кусками гладку похідну порядку $q-1$ і, звісно, гладкі похідні нижчого порядку; похідна $f^{(q)}(x)$ в такому разі — кусками неперервна); α — деяке наперед окреслене значення x із окресленого ж інтервалу; $Q(x)$ — додатковий член ряду — залишок (доважок).

Застосовуючи заміну змінних $t = \alpha + (x-\alpha)u$, $\mathrm{d}t = (x-\alpha)\,\mathrm{d}u$, вираз для залишку можна подати також як

$$Q(x) = (x-\alpha)^q \psi(x),$$

$$\psi(x) = \frac{1}{(q-1)!}\int_0^1 (1-u)^{q-1} f^{(q)}(\alpha + (x-\alpha)u)\,\mathrm{d}u. \quad (9)$$

Якщо $f^{(q)}(x)$ неперервна, то й $\psi(x)$ — неперервна функція від x. Якщо ж $f(x)$ має неперервні похідні ще вищого порядку $f^{(q+s)}(x)$ ($s>0$), то $\psi(x)$ можна беззастережно диференціювати s разів під знаком інтеграла. В такому разі $\psi(x)$ — s разів неперервно диференційована.

Покладімо

$$\frac{1}{a(v)} = \frac{1}{a'(V_\mathrm{m})(v-V_\mathrm{m})} + \zeta(v). \quad (10)$$

Функція $\frac{1}{a(v)}$ неперервна (умовно, з точністю до процесів перемикання передач), коли $v \neq V_\mathrm{m}$. В околі $v = V_\mathrm{m}$ відповідно до зазначеної формули Тейлора (див. (8), (9))

$$a(v) = a'(V_\mathrm{m})(v-V_\mathrm{m}) + (v-V_\mathrm{m})^2\psi(v). \quad (11)$$

Тому (порівняймо (10) і (11))

$$\zeta(v) = -\frac{\psi(v)}{a'(V_\mathrm{m})(a'(V_\mathrm{m}) + (v-V_\mathrm{m})\psi(v))},$$

де

$$\psi(v) = \int_0^1 (1-u)\,a''(V_\mathrm{m} + (v-V_\mathrm{m})u)\,\mathrm{d}u.$$

Отож, $\zeta(v)$ в околі $v = V_\mathrm{m}$ обмежена, а отже, інтегрована навіть у власному (звичному, неузагальненому) сенсі. До слова,

$$\psi(V_\mathrm{m}) = \int_0^1 (1-u)\,a''(V_\mathrm{m})\,\mathrm{d}u =$$

$$= a''(V_\mathrm{m})\int_0^1 (1-u)\,\mathrm{d}u = \frac{a''(V_\mathrm{m})}{2},$$

$$\zeta(V_\mathrm{m}) = -\frac{\psi(V_\mathrm{m})}{a'^2(V_\mathrm{m})} = -\frac{a''(V_\mathrm{m})}{2a'^2(V_\mathrm{m})}.$$

В такому разі можна писати

$$d(V) = \int_0^V \frac{\mathrm{d}v}{a(v)} - \frac{1}{V}\int_0^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{a(v)} = \int_0^V \zeta(v)\mathrm{d}v -$$

$$-\frac{1}{V}\int_0^V \zeta(v)v\,\mathrm{d}v + \frac{1}{a'(V_\mathrm{m})}\int_0^V \frac{\mathrm{d}v}{v-V_\mathrm{m}} - \frac{1}{Va'(V_\mathrm{m})}\int_0^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{v-V_\mathrm{m}},$$

де величина

$$d_0(V) = \int_0^V \zeta(v)\mathrm{d}v - \frac{1}{V}\int_0^V \zeta(v)v\,\mathrm{d}v$$

є скінченною навіть у разі $V \to V_\mathrm{m}$. Тому

$$d(V_\mathrm{m}) = d_0(V_\mathrm{m}) + \frac{1}{a'(V_\mathrm{m})}\lim_{V\to V_\mathrm{m}}\left(\int_0^V \frac{\mathrm{d}v}{v-V_\mathrm{m}} -\right.$$

$$\left.-\frac{1}{V}\int_0^V \frac{v\,\mathrm{d}v}{v-V_\mathrm{m}}\right) = d_0(V_\mathrm{m}) - \frac{1}{a'(V_\mathrm{m})}.$$

Звідси випливає, що величина

$$d^*(V) = -\frac{1}{a'(V)} = -\left(\frac{da(V)}{dv}\right)^{-1} =$$

$$= -V\left(\frac{da(V)}{dt}\right)^{-1} > 0 \quad (12)$$

може правити за оцінку величини $d(V_\mathrm{m})$ у разі $V = V_\mathrm{m}$або навіть за оцінку величини $d(V)$ у разі V, достатньо близьких до V_m.

Наочний приклад. Задаючи конкретне значення V_x (скажімо, $V_\mathrm{x} = 0{,}845V_\mathrm{m}$), на підставі діаграми, наведеної на рис. 2, можна без клопотів відтворити графіки попарного взаємозв'язку між параметрами розгону автомобіля, рис. 6 (з точністю до процесів перемикання передач). Добуватись корисних оцінок, звісно, тим важче, чим ближчим до V_m є значення V_x.

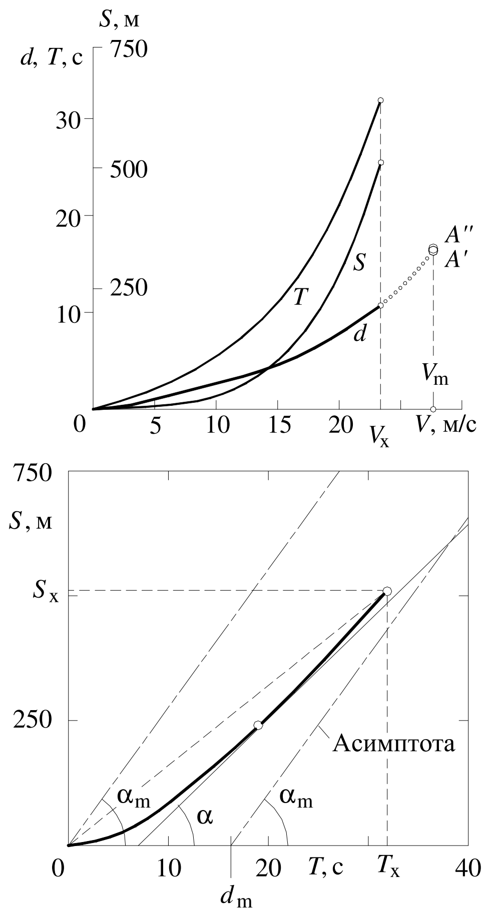


Рис. 6. **Графіки попарного взаємозв'язку між параметрами розгону автомобіля**

Проведімо в довільній точці графіка $F(T,S) = 0$ дотичну до нього (див. рис. 6). Вона утворюватиме з віссю T деякий кут α. Виявляється, що

$$\lim_{V\to V_\mathrm{m}} \tan\alpha = V_\mathrm{m}.$$

Скористаймося оцінкою (12). Відтинок ґудзуватої лінії $d^*(V) = -\frac{1}{a'(V)}$, що належить околу особливої (критичної) швидкості $V \to V_m$ прямує в точку A, ніби «запрошуючи» в цю ж точку A уявне точкове продовження лінії $d = d(V)$ (рис. 7: графіки $-a'(V)$, $d(V)$, $-1/a'(V)$ відповідають пришвидшенню автомобіля на четвертій передачі, див. рис. 2).

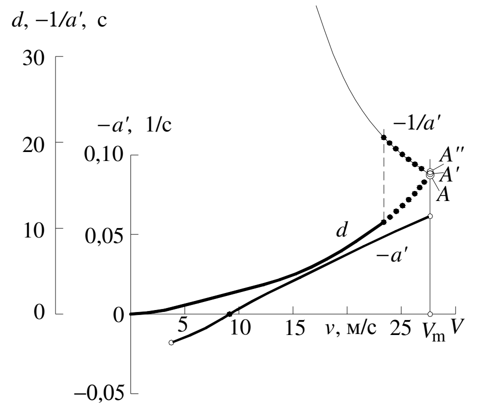


Рис. 7. **Перебіг характеристичних залежностей в околі особливого значення швидкості розгону автомобіля**

Чим більшою є величина $d^*(V_m)$, тим динамічнішим слід умовно визнати розгін автомобіля до швидкості $v = V_m$, який насправді мав би тривати нескінченно довго на нескінченно довгому шляху. Отримати таку оцінку експериментально не вдасться. Цього разу $d^*(V_m)$ =16,25 с.

Тепер звернімося до формули (7), читаючи її як

$$d(V_m) = \int_0^{V_x} \frac{dv}{a(v)} - \frac{1}{V_m}\int_0^{V_x} \frac{v\,dv}{a(v)} + \frac{(V_m - V_x)^2}{a(V_x)V_m} =$$
$$= T(V_x) - \frac{S(V_x)}{V_m} + \frac{(V_m - V_x)^2}{a(V_x)V_m}.$$

Можна наперед задати відношення $\frac{V_x}{V_m} = \vartheta$, завдяки чому формула набуде цілковитої конкретності:

$$d(V_m) = T(\vartheta V_m) - \frac{S(\vartheta V_m)}{V_m} + \frac{(1-\vartheta)^2 V_m}{a(\vartheta V_m)}.$$

У разі ϑ=0,845 можна знайти $d(V_m)$ =16,36 с (точки A' на рис. 6 і 7). Коли жV_0 =20 м/с, то $d(V_m)$ =16,58 с (точкиA'' на рис. 6і7).

Графік $S = S(T)$, (див. рис. 6), має похилу асимптоту $S = b + kT$, параметри якої знаходять за формулами

$$k = \lim_{T\to\infty} \frac{S}{T} = \lim_{V\to V_m} \frac{\frac{d}{dV}\int_0^V \frac{v\,dv}{a(v)}}{\frac{d}{dV}\int_0^V \frac{dv}{a(v)}} = V_m$$

– невизначеність штибу ∞/∞, що розкривається за правилом Лопіталя, та

$$b = \lim_{T\to\infty}(S - kT) =$$
$$= \lim_{V\to V_m}\left(\int_0^V \frac{v\,dv}{a(v)} - V_m \int_0^V \frac{dv}{a(v)}\right) =$$
$$= -V_m d(V_m) = -V_m d_m$$

– невизначеність штибу $\infty - \infty$. Отже, асимптота лягає під кутом $\alpha_m = \arctan V_m$ до осі абсцис T.

Висновки

1. Існують такі (особливі) швидкості V_m пересування військового автомобіля, які прозоро випливають з балансу сил як (потенційно) можливі, але (реально) досягнути яких, проте, не вдасться: процес набуття автомобілем цих особливих швидкостей мав би тривати нескінченно довго і здійснюватись на нескінченно довгому шляху, а тому параметри цього процесу (процесу розгону автомобіля до «недосяжної» швидкості) не підвладні прямому вимірюванню і оцінюванню.

2. Якщо різні автомобілі (автомобілі з помітно різними параметрами й характеристиками) мають однакові особливі швидкості, то здається, що розпізнати іманентно динамічніший з них принципово неможливо – ні дослідно, ні теоретично. Цей висновок вірний доти, поки за інструментарій оцінювання динамічності автомобіля правлять традиційні вимірники, зокрема, час Tі шлях S розгону.

3. Але виявляється, примітивні вимірники розгону можна згорнути в один критерій динамічності – $d = T - S/V$ (V – швидкість кінця процесу розгону), який набуває тільки скінченних значень (навіть у разі $V \to V_m$, коли пришвидшення автомобіля прямує до нуля). Отож, якщо читати його у формі граничного переходу $d(V_m) = \lim_{V\to V_m}(T - S/V)$ (інколи кажуть – як граничну вартість), то об’єктивне оцінювання іманентної динамічності автомобіля у разі $V \to V_m$ стає цілком можливим і цілком адекватним.

4. У разі значень V, достатньо близьких до числа V_m, критерієм динамічності автомобіля, як випливає із зазначеного граничного переходу, може слугувати величина

$$d^*(V) = -\frac{1}{\frac{da(V)}{dV}} = -\frac{a(V)}{\frac{da(V)}{dt}}$$

(a — пришвидшення автомобіля).

Список літератури

1. Крайнык Л.В. Критериальная оценка динамичности и топливной экономичности разгона автомобиля/ Л. В. Крайнык, П.Н. Гащук// Автомобильная промышленность. – 1981. – № 8. – С. 17–19. – Библ. 7 назв.

2. Кузенев В.К. Критерии динамических качеств транспортных машин / В.К. Кузенев// Безопасность и надежность автомобиля. – Москва: МАМИ, 1981. – С. 37–47.

3. Крайнык Л.В. Об оценке разгонных качеств автомобиля / Л.В. Крайнык, ПН. Гащук // Исследование и расчет конструкций и эксплуатационной надежности автобусов: Тр. ВКЭИ автобуспрома. – 1981. – С. 26–37. – Библ. 8 назв.

4. Селифонов В.В. Критерий для оценки динамичности автомобиля / В.В. Селифонов, А.Г. Рубцов // Тр. МАДИ. – 1983. – С. 17–22.

5. Нарбут А.Н. О выборе критерия оптимизации процесса разгона автомобиля / А.Н. Нарбут, А.А. Мухитдинов, В.Г. Барвинок // Известия вузов. Машиностроение. – 1983. – № 12. – С. 91–96.

6. Крайнык Л.В. Критериальная оценка топливной экономичности процесса разгона автомобиля / Л.В. Крайнык, П.Н. Гащук// Исследование и расчет конструкций и эксплуатационной надежности автобусов: Тр. ВКЭИ автобуспрома. – 1984. – С. 21–32.

7. Krajnyk L.Über die Bewertung von Beschleunigungsvorgängen / L. Krajnyk, P. Hastschuk// Kraftfahrzeugtechnik. – 1987. – H. 1. – Berlin: VEB Verlag Technik. – S. 4–6. – Bibl.: 20.

8. Гащук П.Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П.Н. Гащук. – Львов: Свит, 1992. – 208 с.

9. Гащук П.Н. Энергопреобразующие системы автомобиля: идентификация и анализ / П.Н. Гащук. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 272 с.

10. Гащук П.М. Динамічний аналіз лінійних моделей пружно-жорстких механічних систем: Монографія / П.М. Гащук, І.Л. Зорій. – Львів: Українські технології, 2005. – 320 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Б.І. Сокіл ,завідувач кафедри інженерної механіки (ОТІВ) Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

Особые оценки динамичности разгона военного автомобиля

Л.П. Гащук, П.М. Гащук

Формально можно идентифицировать такие особые скорости движения военного автомобиля, которые вытекают из баланса сил как потенциально возможные, но достичь которые реально не удастся: процесс обретения автомобилем этих особых скоростей должен был бы длиться бесконечно долго и осуществляться на бесконечно длинном пути, а потому параметры такого процесса разгона автомобиля не подвластны прямому измерению и оцениванию. Поэтому если разные автомобили (автомобили с разными параметрами и характеристиками) имеют одинаковые особые скорости, то кажется, что распознать имманентно более динамичный из них принципиально не возможно. Этот вывод верен до тех пор, пока в качестве инструментария оценивания динамичности автомобиля используются традиционные измерители. Но, оказывается, примитивные измерители разгона можно свернуть в единый критерий динамичности, который приобретает только конечные значения — даже в случае, когда ускорение автомобиля в конце процесса разгона стремится к нулю.

Ключевые слова: *военный автомобиль, разгон автомобиля, разгон до «недосягаемой» скорости, динамичность разгона, критерий динамичности разгона, сходимость критерия динамичности.*

Special estimations of acceleration dynamism of the militaryvehicle

L. Hashchuk, P. Hashchuk

It is formally possible to identify such special speeds of movement of the militarycar which follow from balance of forces as potentially possible, but to reach which really it will not be possible: process of finding by the car of these special speeds should last infinitely long and be carried out on infinitely long way that is why parameters of such process of accelerationof the car are not subject to direct measurement and pricing. Therefore if different cars (with different parameters and characteristics) have cars identical special speeds, it seems that to distinguish immanently more dynamical of them essentially not probably. This conclusion is true until as toolkit pricing dynamism of the car is used traditional measuring instruments. But, it appears, primitive measuring instruments of accelerationcan be curtailed into uniform criterion of dynamism which gets only final values — even in a case when acceleration of the car in the end of accelerationprocess aspires to zero.

Key words: *militaryvehicle,vehicleacceleration, acceleration till «inaccessible» speed, dynamism of acceleration, criterion of acceleration dynamism, convergence of criterion of dynamism.*