DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

MEVA TERUVCHI MASHINA AGREGATINING TORMOZLANISH JARAYONIDA O‘QLAR BO‘YICHA DINAMIK YUKLANISHLARNING QAYTA TAQSIMLANISHINI TADQIQ ETISH

Norchayev D.R., *t.f.d., professor, direktor maslahatchisi,*
E-mail: davron_1983k@mail.ru
Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti,
Nigmatjonov S., *t.f.f.d, v.v.b dotsent,*
Xalqaro innovatsion universiteti
Norchayev J.R., *t.f.f.d., dotsent,*
Qarshi davlat texnika universiteti
Norchayev R., *professor,*
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Maqolada o‘ziyurar meva teruvchi mashina va konteyner tashiydigan ikki o‘qli tirkamadan iborat agregatning tormozlanish jarayonida g‘ildiraklar o‘qlari bo‘yicha normal yuklanishlarning qayta taqsimlanishi tadqiq etilgan. Nishablikda tormozlanish, ilmoq kuchi va bo‘g‘inlar tormozlarining nomutanosibligini hisobga oluvchi kvazistatik bog‘liqliklar, o‘qlarning dinamik yuklanish koeffitsientlari va talab etiladigan ilashish koeffitsientlari uchun ifodalar olindi. Shinalarning vertikal elastikligi hisobga olingan holda har bir bo‘g‘in korpusining vertikal va galopirlash tebranishlarini tavsiflovchi ikki erkinlik darajali model tuzilib, tormoz momentining bo‘lakli-chiziqli o‘sishida o‘qlar yuklamalarining o‘tkinchi jarayoni o‘rganildi. Hisobiy parametrlarda 2,5 m/s^2 sekinlanishda mashina orqa o‘qining yuklamasi 20 % ga kamayishi, tormoz momentining 0,1 s va undan tez o‘sishida esa dinamik yuklanishlar kvazistatik qiymatdan 1,5–1,7 marta oshib, orqa g‘ildiraklar uchun talab etiladigan ilashish 0,60 dan 0,67–0,69 gacha ortishi ko‘rsatildi. Tirkamada tormoz kuchlarini o‘qlar orasida teng taqsimlash tormozlanish samaradorligini 0,64 bilan cheklashi, oldingi o‘q ulushini 0,65 gacha oshirish esa uni 0,80–0,94 gacha ko‘tarishi asoslandi.*

Аннотация. *В статье исследовано перераспределение нормальных нагрузок по осям колёс при торможении агрегата, состоящего из самоходной плодоуборочной машины и двухосного прицепа для перевозки контейнеров. Получены квазистатические зависимости, учитывающие торможение на спуске, силу в сцепке и несогласованность тормозов звеньев, а также выражения для коэффициентов динамического нагружения осей и потребных коэффициентов сцепления. С учётом вертикальной упругости шин построена двухстепенная модель вертикальных и продольно-угловых (галопирующих) колебаний корпуса каждого звена, на которой исследован переходный процесс нагрузок на оси при кусочно-линейном нарастании тормозного момента. Показано, что при расчётных параметрах и замедлении 2,5 м/с^2 нагрузка на заднюю ось машины уменьшается на 20 %, а при нарастании тормозного момента за 0,1 с и быстрее динамические нагрузки превышают квазистатические в 1,5–1,7 раза и потребное сцепление задних колёс возрастает с 0,60 до 0,67–0,69. Обосновано, что равное распределение тормозных сил по осям прицепа ограничивает эффективность торможения значением 0,64, а увеличение доли передней оси до 0,65 повышает её до 0,80–0,94.*

Abstract. *The paper investigates the redistribution of normal axle loads during braking of an aggregate consisting of a self-propelled fruit-harvesting machine and a two-axle container-carrying trailer. Quasi-static relations accounting for downhill braking, the coupling force and brake imbalance between the units are derived, together with expressions for the dynamic axle load coefficients and the required adhesion coefficients. Taking the vertical compliance of the tyres into account, a two-degree-of-freedom model of the bounce and pitch vibrations of each unit*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

body is built and used to study the transient axle loads under a piecewise-linear rise of brake torque. For the design parameters considered, at a deceleration of 2.5 m/s^2 the load on the machine rear axle drops by 20 %, and when brake torque rises in 0.1 s or faster the dynamic loads exceed the quasi-static values by a factor of 1.5–1.7, raising the adhesion required at the rear wheels from 0.60 to 0.67–0.69. It is shown that an equal split of trailer brake forces between axles limits braking efficiency to 0.64, whereas increasing the front-axle share to 0.65 raises it to 0.80–0.94.

Kalit so‘zlar: *meva teruvchi mashina; ikki o‘qli tirkama; tormozlanish; o‘qlar yuklamasi; dinamik yuklanish; galopirlash tebranishlari; ilashish koeffitsienti; tormoz kuchlarini taqsimlash.*

Ключевые слова: *плодоуборочная машина; двухосный прицеп; торможение; нагрузка на оси; динамическое нагружение; галопирование; коэффициент сцепления; распределение тормозных сил.*

Keywords: *fruit-harvesting machine; two-axle trailer; braking; axle load; dynamic loading; pitch vibrations; adhesion coefficient; brake force distribution.*

Kirish. Respublikada intensiv bog‘lar maydonini 2030 yilga borib 110 ming gektarga yetkazish belgilangan [1], meva yig‘ishtirish xarajatlari esa umumiy xarajatlarning 60 foizigacha yetadi [2]. Shu munosabat bilan Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti va Belarus Milliy fanlar akademiyasining qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash bo‘yicha ilmiy-amaliy markazi hamkorligida o‘ziyurar meva teruvchi mashina va uning konteyner tashiydigan ikki o‘qli tirkama platformasi yaratilmoqda [3, 4]. Agregat bog‘ qatorlari orasida, burilish maydonchalarida va dala yo‘llarida harakatlanib, ko‘pincha nishabliklarda tormozlanadi.

Tormozlanishda inersiya kuchlari massalar markazi balandligida ta’sir etgani sababli normal yuklama orqa o‘qlardan oldingi o‘qlarga ko‘chadi. 4K2 g‘ildirak formulali meva teruvchi mashinada tormoz mexanizmlari faqat orqa g‘ildiraklarga o‘rnatilgani uchun aynan tormozlanuvchi o‘q yuksizlanadi, bu esa uning tormozlash qobiliyatini cheklaydi. Tirkamada esa yuk (konteynerlar soni) keng oraliqda o‘zgaradi, natijada o‘qlar orasidagi yuklama nisbati ham o‘zgaradi. Mashina va tirkamada ressorli osma bo‘lmagani sababli yuklamaning qayta taqsimlanishi shinalar elastikligi hisobiga tebranma xarakterga ega bo‘lib, tormoz tez ishga tushganda yuklamaning oniy qiymati kvazistatik qiymatdan sezilarli farq qilishi mumkin.

G‘ildirakli mashinalar tormozlanishida o‘qlar bo‘yicha yuklamaning qayta taqsimlanishi, ideal tormoz kuchlari taqsimoti va ilashishdan foydalanish masalalari A.S. Litvinov va Ya.Ye. Farobin [5], traktorlar uchun V.V. Guskov va hammualliflar [6] ishlarida bayon etilgan. J. Ahokas va S. Kosonen traktor–tirkama birikmasining tormozlanishdagi dinamik xatti-harakatini tajribada o‘rganib, bo‘g‘inlar tormozlarining nomutanosibligi o‘qlar yuklamalari va birikma turg‘unligiga ta’sirini ko‘rsatgan [7]; H. Aykan va hammualliflar turli ekspluatatsion sharoitlarda tormozlanish samaradorligini baholagan [8]. Tirkash qurilmasi parametrlari va bo‘g‘inlar massalarini tanlash masalalari R.Ye. Jeleznov [9] va B.V. Kisulenko [10] ishlarida, tormoz momentining vaqt bo‘yicha o‘sishini bo‘lakli-chiziqli approksimatsiyalash esa ko‘p zvenoli agregat tormozlanish dinamikasiga oid ishlarda qo‘llanilgan [5].

Biroq meva teruvchi mashina va ikki o‘qli tirkamadan iborat agregat uchun nishablik, ilmoq kuchi, tirkama yuklanganligi va shinalar elastikligi tufayli yuzaga keladigan tebranishlarni birgalikda hisobga olgan holda o‘qlar yuklamalarining dinamik qayta taqsimlanishi o‘rganilmagan. Maqolaning **maqsadi** – meva teruvchi mashina agregatining tormozlanish jarayonida o‘qlar bo‘yicha dinamik yuklanishlarning qayta taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlash va ular asosida tormoz tizimi parametrlariga talablarni asoslashdan iborat. Vazifalar: 1) o‘qlar normal reaksiyalarining kvazistatik bog‘liqliklarini olish; 2) o‘qlar bo‘yicha talab etiladigan ilashishni va tormozlanish samaradorligini baholash; 3) o‘qlar yuklamalarining o‘tkinchi

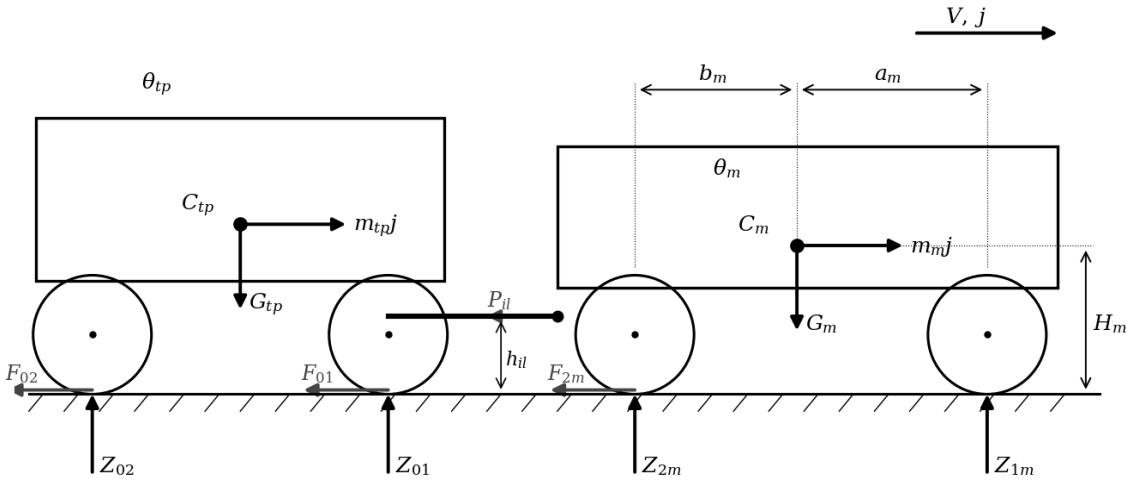
DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

jarayonini modellashtirish; 4) tormoz kuchlarini taqsimlash va tormozning ishga tushish tezligiga talablarni asoslash.

Tadqiqot metodologiyasi

2.1. Hisobiy sxema va farazlar

Tadqiqot obyekti – 4K2 g‘ildirak formulali meva teruvchi mashina va unga sharnirli dishlo orqali ulangan ikki o‘qli tirkama platformasi [3]. Agregatning tormozlanishdagi hisobiy sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Tormozlanayotgan agregatga ta’sir etuvchi kuchlar sxemasi

Quyidagi farazlar qabul qilindi: agregat α burchakli nishablikda to‘g‘ri chiziqli harakatlanib tormozlanadi (gorizontal yo‘lda α = 0); mashina va tirkamada ressorli osma yo‘q, korpuslarning tebranishlari faqat shinalarning vertikal elastikligi hisobiga yuzaga keladi; har bir o‘qning shinalari bikrligi K va so‘ndirish koeffitsienti c bo‘lgan chiziqli elementlar bilan almashtiriladi; bo‘ylama yo‘nalishda ilmoq qattiq deb qaraladi, bo‘g‘inlar sekinlanishi bir xil; tormozlanishda dumalash va havo qarshiligi hisobga olinmaydi, chunki tormoz kuchlari sekinlashtiruvchi kuchlarning asosiy qismini tashkil etadi [5, 6]; ilmoq kuchi P_{il} cho‘zilishda musbat.

2.2. O‘qlar normal reaksiyalarining kvazistatik bog‘liqliklari

Mashina va tirkamaga ta’sir etuvchi kuchlarning orqa g‘ildirak tayanch nuqtasiga nisbatan momentlari tenglamalaridan nishablikda sekinlanish j bilan tormozlanishda o‘qlar reaksiyalari aniqlanadi:

$$Z_{1m} = \frac{G_m(b_m cos\alpha + H_m sin\alpha) + m_m j H_m - P_{il} h_{il}}{L_{sh}}, \quad Z_{2m} = G_m cos\alpha - Z_{1m} \tag{1}$$

$$Z_{01} = \frac{G_{tp}(b_{tp} cos\alpha + H_{tp} sin\alpha) + m_{tp} j H_{tp} + P_{il} h_{il}}{L_{tp}}, \quad Z_{02} = G_{tp} cos\alpha - Z_{01} \tag{2}$$

bu yerda b_m, b_{tp} – massalar markazlaridan orqa o‘qlargacha masofalar; H_m, H_{tp} – massalar markazlari balandliklari; L_{sh}, L_{tp} – bazalar; h_{il} – ilmoq balandligi. Ilmoq kuchi bo‘g‘inlarning parsial solishtirma tormozlanishlari $\delta_m = F_m/m_m$, $\delta_{tp} = F_{tp}/m_{tp}$ orqali ifodalanadi [5]:

$$P_{il} = \frac{m_m m_{tp}}{m_m + m_{tp}}(\delta_{tp} - \delta_m) = \mu \delta_m (k_T - 1) \tag{3}$$

bu yerda $k_T = \delta_{tp}/\delta_m$ – tormoz kuchlarining moslik koeffitsienti. Gorizontal yo‘lda $P_{il} = 0$ bo‘lganda o‘qlarning dinamik yuklanish koeffitsientlari ($z = j/g$ – solishtirma sekinlanish, $a_m = L_{sh} - b_m$):

$$m_1 = \frac{Z_1}{Z_{1st}} = 1 + z\frac{H}{b}, \quad m_2 = \frac{Z_2}{Z_{2st}} = 1 - z\frac{H}{a} \tag{4}$$

2.3. Talab etiladigan ilashish va tormozlanish samaradorligi

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

Bo‘g‘in tormoz kuchining oldingi o‘qqa tushadigan ulushi β_1 bo‘lganda o‘qlar uchun talab etiladigan ilashish koeffitsientlari:

$$\varphi_1 = \frac{\beta_1 zL}{b+zH}, \quad \varphi_2 = \frac{(1-\beta_1)zL}{a-zH} \tag{5}$$

Ikkala o‘q bir vaqtda ilashish chegarasiga yetadigan ideal taqsimot $\beta_{1id} = (b + zH)/L$. Birinchi o‘q blokirovkalanishidagi solishtirma sekinlanish z_{bl} ning ilashish koeffitsientiga nisbati tormozlanish samaradorligi $E = z_{bl}/\varphi$ ni ifodalaydi. Faqat orqa g‘ildiraklari tormozlangan mashina uchun ($\beta_1 = 0$) nishablikda erishish mumkin bo‘lgan maksimal sekinlanish:

$$j_{max} = g\,\frac{\varphi(a_m cos\alpha - H_m sin\alpha)/L_{sh} - sin\alpha}{1+\varphi H_m/L_{sh}} \tag{6}$$

barcha g‘ildiraklari ideal taqsimot bilan tormozlanganda esa $j_{max} = g(\varphi cos\alpha - sin\alpha)$.

2.4. O‘qlar yuklamalarining o‘tkinchi jarayoni modeli

Har bir bo‘g‘in korpusi uchun vertikal ko‘chish w (pastga musbat) va galopirlash burchagi θ (old qismi pastga og‘ganda musbat) umumlashgan koordinatalar sifatida qabul qilindi. O‘qlardagi shinalar deformatsiyalari $\Delta_1 = w + a\theta$, $\Delta_2 = w - b\theta$ bo‘lib, korpus harakat tenglamalari (shtrix – vaqt bo‘yicha hosila):

$$m\ddot{w} + c_1\Delta_1' + c_2\Delta_2' + K_1\Delta_1 + K_2\Delta_2 = 0 \tag{7}$$

$$I_y\ddot{\theta} + a(K_1\Delta_1 + c_1\Delta_1') - b(K_2\Delta_2 + c_2\Delta_2') = F_\Sigma(t)H \pm P_{il}(t)(H - h_{il}) \tag{8}$$

bu yerda $I_y = mi_y^2$ – korpusning ko‘ndalang o‘qqa nisbatan inersiya momenti; F_Σ – bo‘g‘in g‘ildiraklaridagi tormoz kuchlari yig‘indisi; “+” ishora mashina, “–” ishora tirkama uchun. O‘qlarning oniy normal reaksiyalari

$$Z_i(t) = Z_{i,st} + K_i\Delta_i + c_i\Delta_i', \quad i = 1,2 \tag{9}$$

Tormoz kuchlari tormoz momentining bo‘lakli-chiziqli o‘sishiga muvofiq [5] quyidagicha qabul qilindi:

$$F_i(t) = 0 \ \ (t < t_{\delta i}); \quad F_i(t) = F_{i\,max}\frac{t - t_{\delta i}}{t_{0i}} \ \ (t_{\delta i} \le t \le t_{\delta i} + t_{0i}); \quad F_i(t) = F_{i\,max} \ \ (t > t_{\delta i} + t_{0i}) \tag{10}$$

bu yerda $t_{\delta i}$ – tormoz tizimining ishga tushish vaqti, t_{0i} – tormoz momentining o‘sish davomiyligi. (7)–(10) tenglamalar $2\cdot10^{-4}$ s qadam bilan sonli integrallandi. O‘tkinchi jarayon o‘qning dinamiklik koeffitsienti $K_{d,i} = |\Delta Z_i|_{max}/|\Delta Z_{i,kv}|$ bilan baholandi, bu yerda $\Delta Z_{i,kv}$ – (1)–(2) bo‘yicha kvazistatik o‘zgarish.

2.5. Hisobiy parametrlar

1-jadval

Agregatning hisobiy parametrlari

Parametr	**Mashina**	**Tirkama (yuklangan / bo‘sh)**
Massa m, kg	2600	2400 / 800
Baza L, m	2,50	2,60
Massalar markazidan orqa o‘qqacha b, m	1,15	1,30
Massalar markazi balandligi H, m	1,05	1,20 / 0,80
Inersiya radiusi i_y, m	0,90	0,85 / 0,95
O‘q shinalarining bikrligi K, N/m	$4\cdot10^5$	$4\cdot10^5$
Nisbiy so‘ndirish ζ	0,10	0,10
Ilmoq balandligi h_{il}, m	0,55	0,55
Tormoz tizimi vaqtlari t_δ / t_0, s	0,2 / 0,05…0,5	0,2 / 0,05…0,5
Parsial sekinlanish δ, m/s^2	2,5	2,5 ($k_T = 1$)
Ilashish koeffitsienti φ	0,6	0,6

Natijalar

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

3.1. Yuklamalarning kvazistatik qayta taqsimlanishi

Gorizontal yo‘lda $j = 2{,}5$ m/s^2 ($z = 0{,}255$) va $k_T = 1$ da (1)–(2) bo‘yicha mashina oldingi o‘qining yuklamasi 11,73 kN dan 14,46 kN gacha (+23 %) ortadi, orqa o‘qniki 13,77 kN dan 11,04 kN gacha (–20 %) kamayadi. Yuklangan tirkamada oldingi o‘q yuklamasi 11,77 kN dan 14,54 kN gacha ortib, orqa o‘qniki 9,00 kN gacha (–24 %) kamayadi. (4) ga ko‘ra $m_2 = 1 - 0{,}78z$ (mashina) va $m_2 = 1 - 0{,}92z$ (yuklangan tirkama), ya’ni tirkama orqa o‘qi massalar markazining balandligi sababli yuklamaning qayta taqsimlanishiga ko‘proq moyil. Nishablikning ta’siri 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Nishablikda tormozlanishda o‘qlar yuklamalari ($j = 2{,}5$ m/s^2, $k_T = 1$, $P_{il} = 0$)

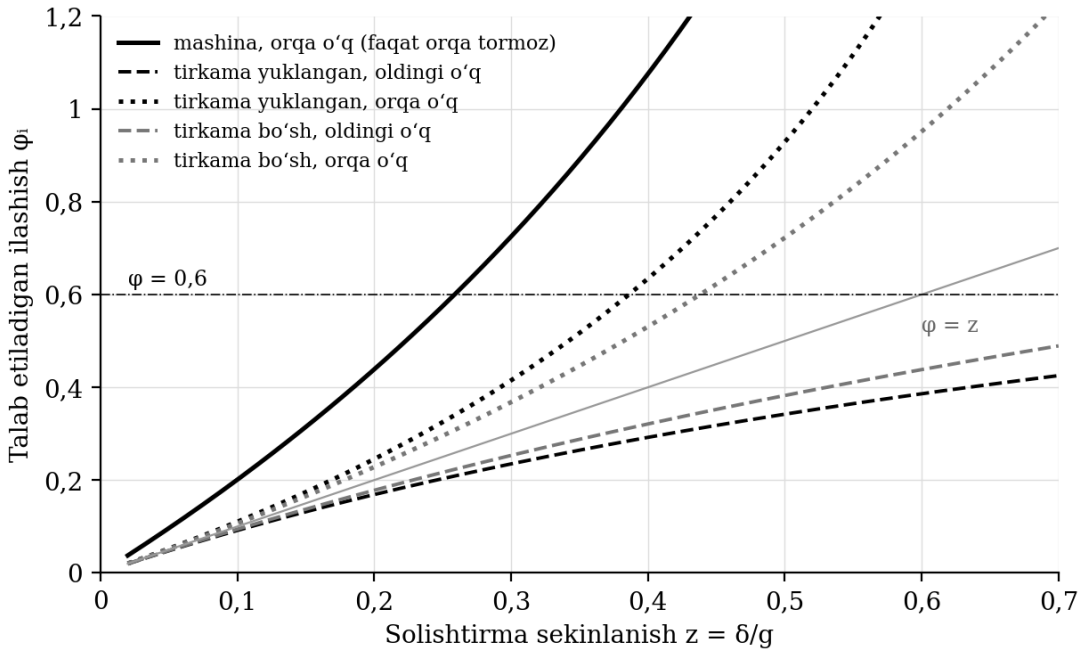
α, grad	Z_{1m}, kN	Z_{2m}, kN	φ_{2m}	Z_{01}, kN	Z_{02}, kN	φ_{02}	j_{max}^*, m/s^2
0	14,46	11,04	0,59	14,54	9,00	0,33	2,54
5	15,35	10,06	0,87	15,44	8,01	0,50	1,67
10	16,14	8,97	1,22	16,25	6,94	0,73	0,80

Izoh: φ_{2m}, φ_{02} – mashina va tirkama ($\beta_{01} = 0{,}5$) orqa o‘qlari uchun talab etiladigan ilashish; j_{max}^* – faqat orqa g‘ildiraklari tormozlangan mashinaning (6) bo‘yicha maksimal sekinlanishi ($\varphi = 0{,}6$).

Nishablik 10° bo‘lganda mashina orqa o‘qining yuklamasi statik qiymatga nisbatan 35 % ga kamayadi va 2,5 m/s^2 sekinlanish uchun $\varphi = 1{,}22$ ilashish talab etiladi, bu real sharoitda erishib bo‘lmaydigan qiymat. Faqat orqa g‘ildiraklari tormozlangan mashinaning o‘zi 10° nishablikda atigi 0,80 m/s^2 sekinlanishga erisha oladi, barcha g‘ildiraklari tormozlanganda esa bu qiymat 4,09 m/s^2 ni tashkil etadi.

3.2. Ilashishdan foydalanish va tormoz kuchlarini taqsimlash

(5) ifoda bo‘yicha qurilgan ilashishdan foydalanish diagrammasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Agregat o‘qlari uchun talab etiladigan ilashish koeffitsientining solishtirma sekinlanishga bog‘liqligi (tirkamada $\beta_{01} = 0{,}5$)

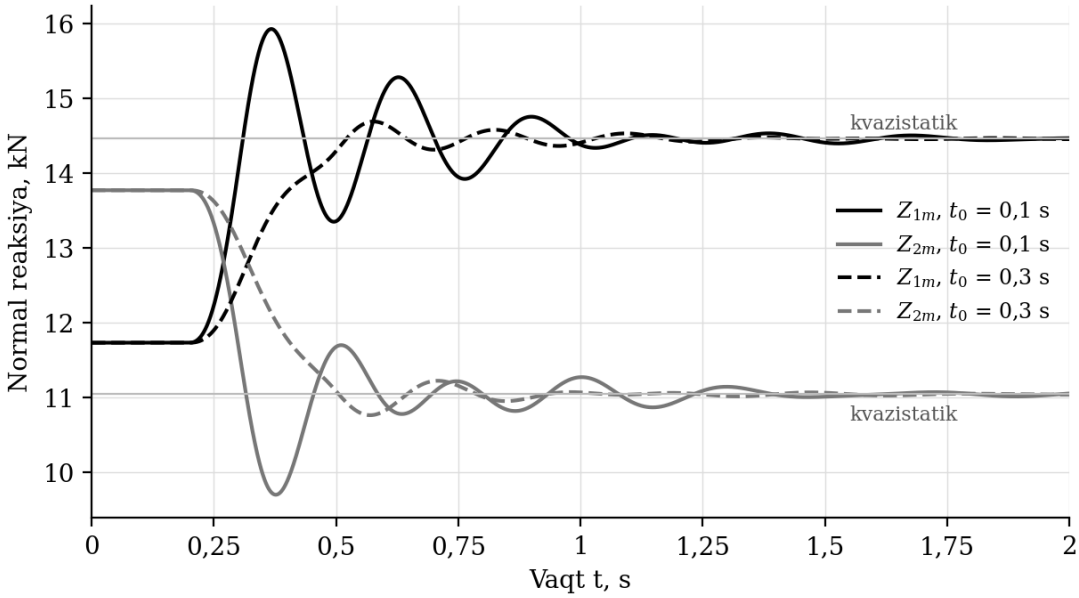
DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

Faqat orqa g‘ildiraklari tormozlangan mashinada φ = 0,6 da orqa o‘q z = 0,259 da blokirovkalanadi (E = 0,43). Tirkamada tormoz kuchlari o‘qlar orasida teng taqsimlanganda (β_{01} = 0,5) doimo orqa o‘q birinchi bo‘lib blokirovkalanadi: yuklangan tirkamada z_{bl} = 0,386 (E = 0,64), bo‘sh tirkamada z_{bl} = 0,438 (E = 0,73). Orqa o‘q g‘ildiraklarining blokirovkalanishi tirkamaning yon tomonga og‘ishi va agregat buklanishiga olib keladi [5, 7]. Ideal taqsimot β_{01id} z = 0,2…0,6 da yuklangan tirkama uchun 0,59–0,78, bo‘sh tirkama uchun 0,56–0,69 ni tashkil etadi. Oldingi o‘q ulushini β_{01} = 0,65 qilib belgilash yuklangan tirkamada z_{bl} ni 0,479 gacha (E = 0,80), bo‘sh tirkamada 0,561 gacha (E = 0,94) oshiradi, bunda ham avval orqa o‘q blokirovkalanadi.

Yuk o‘zgarishining ta’siri ayniqsa bo‘sh tirkamada tormoz kuchlari yuklangan holat uchun tanlangan bo‘lsa (k_T = 3) keskin namoyon bo‘ladi: bunda tirkama orqa o‘qi uchun φ_{02} = 1,30, oldingi o‘qi uchun φ_{01} = 0,55 talab etiladi, ilmoq 3,06 kN kuch bilan cho‘ziladi, mashina orqa o‘qi uchun esa talab etiladigan ilashish 0,635 gacha ortadi. Demak, tirkama tormoz kuchini yukka bog‘liq holda rostlash zarur.

3.3. O‘qlar yuklamalarining o‘tkinchi jarayoni

(7)–(8) model bo‘yicha korpuslarning xususiy tebranish chastotalari: mashina uchun galopirlash 24,4 rad/s (3,9 Hz), vertikal 17,5 rad/s (2,8 Hz); yuklangan tirkama uchun mos ravishda 27,9 va 18,3 rad/s; bo‘sh tirkama uchun 43,3 va 31,6 rad/s. Tormoz momentining o‘sish vaqtiga bog‘liq holda mashina o‘qlari reaksiyalarining o‘zgarishi 3-rasmda, dinamiklik 403oeffitsiyentlari 3-jadvalda keltirilgan.



3-rasm. Tormozlanishda mashina o‘qlari normal reaksiyalarining o‘tkinchi jarayoni (k_T = 1, yuklangan tirkama)

3-jadval

Tormoz momentining o‘sish vaqtiga bog‘liq dinamiklik koeffitsientlari (k_T = 1)

t_0, s	$K_{d,1m}$	$K_{d,2m}$	$K_{d,01}$	$Z_{2m,min}$, kN	$\varphi_{2m,max}$
0,05	1,66	1,59	1,59	9,43	0,689
0,1	1,54	1,49	1,46	9,70	0,670
0,2	1,18	1,21	1,12	10,46	0,621
0,3	1,08	1,10	1,11	10,76	0,604
0,5	1,05	1,06	1,05	10,87	0,598

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

Tormoz momentining o‘sish vaqti galopirlash tebranishlari davridan (≈ 0,26 s) kichik bo‘lganda korpus muvozanat holatidan o‘tib ketadi: t_0 = 0,05…0,1 s da orqa o‘q yuklamasi kvazistatik 11,04 kN o‘rniga 9,43–9,70 kN gacha kamayadi, mashina orqa g‘ildiraklari uchun talab etiladigan ilashish 0,67–0,69 ga yetib, φ = 0,6 da ular qisqa muddatga blokirovkalanadi. $t_0 \geq 0{,}3$ s da dinamiklik koeffitsienti 1,1 dan oshmaydi. Shinalarning nisbiy so‘ndirishini ζ = 0,05 dan 0,2 gacha oshirish t_0 = 0,3 s da $K_{d,1m}$ ni 1,09 dan 1,04 gacha kamaytiradi. Tirkama tormozi 0,4 s kechikkanda ilmoqda 3,12 kN siquvchi kuch hosil bo‘ladi, biroq o‘qlar yuklamalarining dinamiklik koeffitsientlari 1,02–1,06 oralig‘ida qoladi.

Muhokama

Olingan natijalar tormozlanishdagi yuklamalarning qayta taqsimlanishi meva teruvchi agregatning tormozlash qobiliyatini belgilovchi asosiy omil ekanligini ko‘rsatadi. 4K2 mashinada faqat orqa o‘qning tormozlanishi ilashishdan foydalanish samaradorligini 0,43 bilan cheklaydi; nishablikda bu cheklov keskin kuchayadi va 10° da mashina deyarli tormozlana olmaydi. Bu [5, 6] da avtomobil va traktorlar uchun keltirilgan xulosalarga mos bo‘lib, meva teruvchi mashinani oldingi g‘ildiraklarida ham tormoz mexanizmlari bilan jihozlash, ideal holda tormoz kuchlarini 0,54–0,71 (z = 0,2…0,6) ulushda oldingi o‘qqa yo‘naltirish zarurligini asoslaydi.

Tirkama uchun olingan ilashishdan foydalanish diagrammasi tormoz kuchlarini o‘qlar orasida teng taqsimlashning samarasizligini va orqa o‘qning birinchi bo‘lib blokirovkalanishini ko‘rsatadi. J. Ahokas va S. Kosonen tajribalarida [7] qayd etilgan traktor–tirkama birikmasining tormozlanishdagi beqarorligi aynan shu holat bilan bog‘liq. Oldingi o‘q ulushini 0,65 gacha oshirish samaradorlikni 0,80–0,94 gacha ko‘taradi, yukka bog‘liq tormoz kuchi rostlagichi esa bo‘sh tirkamada orqa g‘ildiraklar blokirovkasining oldini oladi.

O‘tkinchi jarayon natijalari kvazistatik hisob tormozlanishning boshlang‘ich bosqichidagi haqiqiy yuklamalarni kamaytirib ko‘rsatishini isbotlaydi. Ressorsiz, shinalari bikr bo‘lgan meva teruvchi mashina uchun galopirlash davri 0,26 s ni tashkil etgani sababli tormoz momentining 0,1 s va undan tez o‘sishi yuklamalarni 1,5–1,7 marta oshiradi. Bu natija ko‘p zvenoli agregat tormozlanishida tormoz momenti o‘sishini hisobga olish zarurligi haqidagi xulosani miqdoriy jihatdan to‘ldiradi. Amaliy tavsiya sifatida tormoz yuritmasida momentning o‘sish vaqtini 0,25–0,3 s dan kam bo‘lmagan qilib ta’minlash yoki tormoz kuchini dinamik yuklanishni hisobga olgan holda ($\varphi_{2m} \leq \varphi$ shartidan) ≈10 % zaxira bilan tanlash maqsadga muvofiq.

Tadqiqotning cheklovlari: shinalar chiziqli elastik, ilmoq bo‘ylama yo‘nalishda qattiq deb qaralgan; g‘ildiraklarning sirpanish dinamikasi, tormoz mexanizmlaridagi ishqalanish koeffitsientining o‘zgarishi va yo‘l notekisliklari hisobga olinmagan; parametrlar hisobiy qiymatlar bo‘lib, tajriba namunasi uchun aniqlashtirilishi lozim. Keyingi bosqichda o‘qlar yuklamalarini tenzometrik o‘lchash asosida tajribaviy tekshirish rejalashtirilgan.

Xulosa

1. Nishablik, ilmoq kuchi va bo‘g‘inlar tormozlarining nomutanosibligini hisobga oluvchi o‘qlar normal reaksiyalari (1)–(3), dinamik yuklanish koeffitsientlari (4), talab etiladigan ilashish (5) va maksimal sekinlanish (6) uchun analitik bog‘liqliklar olindi.

2. Gorizontal yo‘lda 2,5 m/s^2 sekinlanishda mashina orqa o‘qining yuklamasi 20 %, yuklangan tirkamaning orqa o‘qiniki 24 % ga kamayadi; 10° nishablikda mashina orqa o‘qining yuklamasi 35 % ga kamayib, faqat orqa g‘ildiraklari tormozlangan mashinaning maksimal sekinlanishi 0,80 m/s^2 gacha tushadi.

3. Tirkamada tormoz kuchlarini teng taqsimlash (β_{01} = 0,5) orqa o‘qning birinchi bo‘lib blokirovkalanishiga olib keladi va tormozlanish samaradorligini 0,64 bilan cheklaydi; β_{01} = 0,65 da samaradorlik 0,80–0,94 gacha ortadi. Bo‘sh tirkamada yuklangan holatga mo‘ljallangan tormoz kuchi orqa o‘q uchun φ = 1,30 ni talab etadi, shu sababli yukka bog‘liq tormoz kuchi rostlagichi zarur.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.54

4. Shinalar elastikligi tufayli yuzaga keladigan galopirlash tebranishlari (3,9–4,4 Hz) sababli tormoz momenti 0,1 s va undan tez o‘sganda o‘qlarning dinamik yuklanishlari kvazistatik qiymatdan 1,5–1,7 marta oshadi va mashina orqa g‘ildiraklari uchun talab etiladigan ilashish 0,67–0,69 ga yetadi; $t_0 \geq 0{,}3$ s da dinamiklik koeffitsienti 1,1 dan oshmaydi.

5. Meva teruvchi mashinani oldingi g‘ildiraklarida ham tormoz mexanizmlari bilan jihozlash, tirkamada tormoz kuchlarini oldingi o‘q foydasiga taqsimlash va yukka bog‘liq rostlash, tormoz momentining o‘sish vaqtini 0,25–0,3 s dan kam bo‘lmagan qilib ta’minlash tavsiya etiladi.

Tadqiqot O‘zbekiston–Belarus hamkorligidagi FL-8824063409 “Intensiv bog‘larda danak mevali daraxtlar hosilini yig‘ishtirish mashinalarini yaratishning konsepsiyalarini ishlab chiqish” fundamental loyihasi doirasida bajarilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi [Elektron resurs]. – URL: https://lex.uz.

2. Norchayev D.R. va boshq. Respublikamiz intensiv bog‘larida yetishtirilayotgan mevalarni yig‘ishtirishning mexanizatsiyalashgan yechimlari // Resurstejamkor qishloq va suv xo‘jalik mashinalarini yaratish va ulardan foydalanish samaradorligini oshirish. – Buxoro, 2025. – B. 133–138.

3. Norchayev D.R. va boshq. Intensiv bog‘lardagi mevalarni yig‘ishtiradigan mashina parametrlarini nazariy asoslash // Qurilish va ta’lim ilmiy jurnali. – Namangan, 2026. – B. 428–432.

4. Norchayev D.R. va boshq. Intensiv bog‘lar uchun mo‘ljallangan o‘ziyurar meva yig‘ishtirish mashinasining burilish xususiyatlarini tadqiq etish // Agro ilm – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. – Toshkent, 2026. – B. 160–163.

5. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

6. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: Теория / Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

7. Ahokas J., Kosonen S. Dynamic behaviour of a tractor–trailer combination during braking // Biosystems Engineering. – 2003. – Vol. 85, No. 1. – P. 29–39. https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00035-7

8. Aykan H., Çarman K., Canlı E., Ekinci Ş. Evaluation of tractor-trailer combination braking performance in different operating conditions // Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences. – 2023. – Vol. 27, No. 2. – P. 219–225. https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1191413

9. Железнов Р.Е. Обоснование и методика выбора параметров сцепного устройства малотоннажного автопоезда: автореф. дис. … канд. техн. наук. – Волгоград: ВолгГТУ, 2016.

10. Кисуленко Б.В. Повышение устойчивости движения автопоездов выбором масс их звеньев: автореф. дис. … канд. техн. наук. – М., 1983.