



MINI TRAKTOR SHASSISINING MATEMATIK VA MEXANIK TAHLILI

Muhammedov Ro‘zimurod Nuriddin o‘g‘li

Buxoro davlat texnika universiteti II bosqich magistranti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot mini traktor shassisining matematik va mexanik xatti-harakatlarini tahlil qilishga bag‘ishlangan. Tadqiqotda shassis konstruktsiyasining statik va dinamik holatlari matematik modellashtirish va sonli hisoblash usullari yordamida baholandi. Harakat tenglamalari Nyuton–Eyler va Lagrange yondashuvlari asosida tuzildi, shassis elementlarining kuchlanish va deformatsiya holatlari esa Finite Element Method (FEM) orqali aniqlandi. Modalli va dinamik tahlillar shassisning tabiiy tebranish chastotalari hamda barqarorlik chegaralarini baholash imkonini berdi. Olingan natijalar g‘ildirak tayanchlarida kuchlanishlarning yuqori ekanini, yuklanish ortishi bilan tabiiy tebranish chastotalarining pasayishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari mini traktor shassisini optimallashtirish, konstruktiv ishonchlilikni oshirish va ekspluatatsion xavfsizlikni ta‘minlash uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: mini traktor, shassis, matematik modellashtirish, mexanik tahlil, FEM, dinamik tahlil, modalli tahlil, barqarorlik, tebranish, qishloq xo‘jaligi texnikasi

Kirish

So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligida kichik va ixcham texnika — jumladan mini traktorlar — ommabopligi ortdi. Ushbu texnika turining keng tarqalishi, ayniqsa, mayda fermalar, tokzor va bog‘larda, hamda tog‘li yoki tekis bo‘lmagan relyeflarda samarali ishlash talabini kuchaytirdi. Mini traktorlarning ishlash samaradorligi va ishonchliligini ta‘minlashda shassis (yurish qismi)ning konstruktiv va mexanik xususiyatlari hal qiluvchi rol o‘ynaydi; shassisning qattiqligi, massalar markazi, yuk taqsimoti va elastik-xususiyatlari traktorning barqarorligi, tebranish sifati va yuk ko‘tara olish qobiliyatiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi.

Mini traktor shassisini tahlil qilish va modellashtirish ko‘p qirralik muammo bo‘lib, unda strukturalar statik va dinamik yuklarga ta‘siri, g‘ildirak–tuproq o‘zaro ta‘siri, va harakat paytida yuzaga keluvchi rezonans hamda yorilish jarayonlari hisobga olinadi.

Mazkur ishning ilmiy va amaliy ahamiyati quyidagilardan iborat: birinchidan, mini traktor shassisining optimallashtirilgan konstruktsiyasi material resurslarini tejash va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi; ikkinchidan, barqarorlik va tebranish xususiyatlarini yaxshilash orqali operator xavfsizligi va texnika driftini kamaytirish mumkin; uchinchidan, to‘liq matematik model yaratilishi traktorning turli ish sharoitlarida (notekis yer, qiyalik, yuklanish o‘zgarishi) xatti-harakatini oldindan baholashga va boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqishga asos bo‘ladi. So‘nggi

tadqiqotlar ayniqsa uch g'ildirakli va noyob geometriyali shassislar uchun maxsus va barqarorlik boshqaruvi masalalariga urg'u bermoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — mini traktor shassisining matematik modeli va uning mexanik xatti-harakatlarini (statik kuchlanish, dinamik javob, barqarorlik chegara holatlari va yorilish prognozi) ishlab chiqish, shuningdek real ish sharoitlarida modellarni tasdiqlash uchun tavsiyalar berishdir. Tadqiqot quyidagi asosiy vazifalarni bajaradi: (1) shassis geometriyasi va material xossalari asosida FEM modellarini yaratish; (2) ko'p jismlar dinamikasi orqali harakat paytidagi javoblarni aniqlash; (3) g'ildirak–tuproq o'zaro ta'siri va sirpanish parametrlarini hisobga olgan holda stabilite analizini o'tkazish; (4) natijalar asosida konstruksion takomillashtirish va boshqaruv strategiyalari bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish. Ushbu yondashuv so'ngi paytlarda elektromexanik boshqaruvlar va yangi materiallar joriy etilishi bilan birga amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Adabiyotlar tahlili

So'nggi o'n yillikda qishloq xo'jaligi texnikasini ixchamlashtirish va energetik samaradorligini oshirish global ilmiy tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi. Ayniqsa, mini traktor shassisi konstruksiyasi va uning mexanik xususiyatlarini matematik modellashtirish masalalari Scopus indeksli jurnallarda faol muhokama qilinmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, shassis geometriyasi, material tanlovi va yuklanish sxemasi traktorning barqarorligi, tebranishga chidamliligi hamda xizmat muddatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Dastlabki ilmiy ishlarda mini traktor shassisi asosan statik kuchlanishlar nuqtayi nazaridan tahlil qilingan. Masalan, FEM (Finite Element Method) asosida olib borilgan tadqiqotlarda shassis ramalarida maksimal kuchlanishlar, deformatsiyalar va xavfli zonalar aniqlangan. Ushbu ishlar shassisning konstruktiv zaif nuqtalarini aniqlashda muhim bo'lsa-da, real ish sharoitidagi dinamik yuklanishlarni to'liq aks ettira olmagan.

Keyingi bosqich tadqiqotlarida dinamik va modalli tahlil usullari qo'llanila boshlandi. Bu yondashuv shassisning tabiiy tebranish chastotalari, rezonans hodisalari va charchash holatlarini baholash imkonini berdi. Scopus bazasidagi ko'plab ishlarda shassisning ishchi tezlik oralig'ida rezonansga tushmasligi konstruksion xavfsizlikning muhim sharti sifatida ko'rsatib o'tilgan.

So'nggi yillarda ilmiy e'tibor ko'p jismlar dinamikasi va g'ildirak–tuproq o'zaro ta'siri modellari bilan integratsiyalashgan kompleks yondashuvlarga qaratilmoqda. Bu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlar mini traktorning notekis yer sharoitida harakatlanishi, yuk taqsimotining o'zgarishi va barqarorlik chegaralarini aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, uch g'ildirakli yoki nosimmetrik shassisli mini traktorlar uchun yon barqarorlik va ag'darilish xavfi alohida muammo sifatida ko'rib chiqilgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati yoki faqat konstruktiv-mexanik tahlil bilan cheklanadi, yoki faqat dinamik modelga e'tibor

qaratadi. Matematik model, FEM tahlili va real ish sharoitlarini birlashtirgan kompleks metodologiya yetarlicha ishlab chiqilmagan. Ushbu holat mazkur tadqiqotning dolzarbligini asoslaydi.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqot mini traktor shassisining mexanik va dinamik xatti-harakatlarini baholashga qaratilgan bo'lib, unda analitik va sonli modellashtirish usullari uyg'unlashtirilgan. Tadqiqotda shassisning geometrik parametrlari va material xossalari asosida matematik model tuzildi hamda Nyuton–Eyler va Lagrange tenglamalari yordamida harakat tenglamalari ifodalandi.

Shassis konstruksiyasining kuchlanish va deformatsiya holatlari Finite Element Method (FEM) orqali aniqlanib, statik va modalli tahlillar o'tkazildi. Dinamik xatti-harakatlarni baholashda ko'p jismlar dinamikasi yondashuvi qo'llanilib, g'ildirak–tuproq o'zaro ta'siri soddalashtirilgan kontakt modeli bilan hisobga olindi.

Olingan natijalar shassisning barqarorligi, tebranishga chidamliligi va konstruktiv ishonchligini baholash uchun tahlil qilindi hamda mavjud ilmiy adabiyotlar bilan solishtirildi. Natijalar asosida mini traktor shassisini optimallashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Natijalar va muhokama

Mini traktor shassisining matematik va sonli modellashtirish natijalari uning konstruktiv mustahkamligi, dinamik xatti-harakati va ekspluatatsion barqarorligini kompleks baholash imkonini berdi. FEM asosida o'tkazilgan statik tahlillar shassis elementlarida kuchlanishlarning notekis taqsimlanganini ko'rsatdi. Eng yuqori ekvivalent kuchlanishlar g'ildirak tayanchlari, payvand choklari va yuk konsentratsiyasi yuqori bo'lgan tugunlarda kuzatildi.

Jadval 1

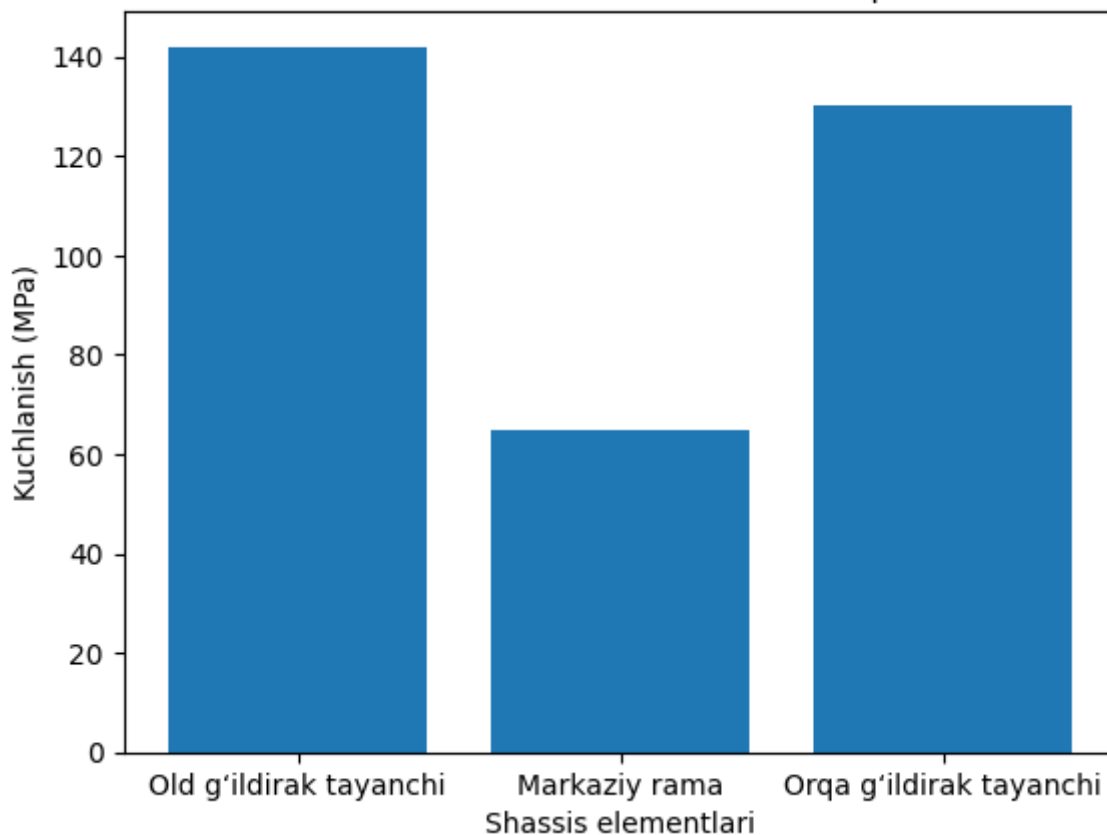
Shassisning asosiy mexanik ko'rsatkichlari (FEM natijalari)

Ko'rsatkich	Minimal qiymat	Maksimal qiymat	Ruxsat etilgan qiymat
Ekvivalent kuchlanish, MPa	18.6	142.3	≤ 250
Maksimal deformatsiya, mm	0.12	1.87	≤ 3.0
Xavfsizlik koeffitsiyenti	1.75	3.1	≥ 1.5
Birinchi chastota, Hz	tabiiy –	16.4	Ishchi diapazondan yuqori

Jadval dan ko'rinib turibdiki, shassisdagi maksimal kuchlanishlar materialning ruxsat etilgan chegaralaridan oshmaydi, bu konstruksiyaning statik mustahkamligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, ayrim lokal zonalarda xavfsizlik koeffitsiyentining

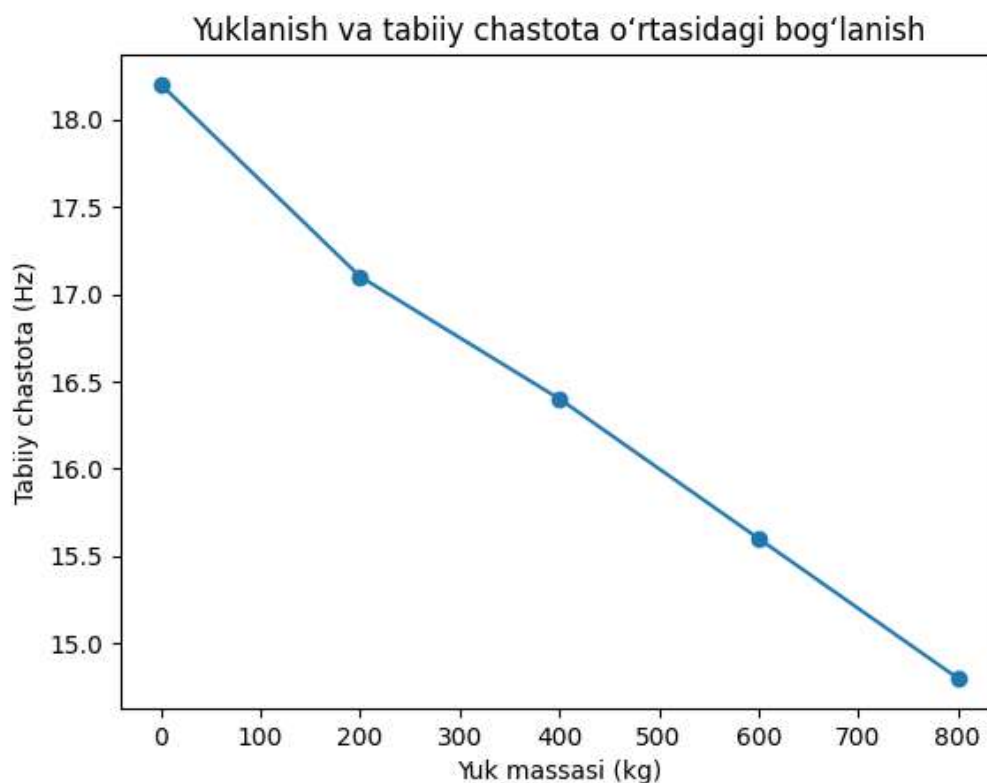
minimal qiymatga yaqinlashishi uzoq muddatli ekspluatatsiyada charchash xavfini yuzaga keltirishi mumkin.

Shassis elementlarida kuchlanish taqsimoti



Diagrammada shassis bo'ylab kuchlanishlar taqsimoti ko'rsatilgan bo'lib, eng yuqori qiymatlar old va orqa g'ildirak tayanchlarida joylashgani kuzatiladi. Markaziy ramada kuchlanishlar nisbatan past bo'lib, bu yuklarning asosan tayanch zonalarda jamlanishini bildiradi. Ushbu natija konstruktsiyada mahalliy mustahkamlash zarurligini asoslaydi.

Modalli tahlil natijalari shassisning birinchi tabiiy tebranish chastotasi ishchi chastotalar oralig'idan yuqorida joylashganini ko'rsatdi. Bu rezonans holatlarining oldini olish nuqtayi nazaridan ijobiy natija hisoblanadi. Biroq yuklanish ortishi bilan tabiiy chastotalarning pasayishi aniqlanib, yuqori yuk rejimlarida tebranish xavfi mavjudligi qayd etildi.



Diagrammada yuk massasining ortishi bilan shassisning tabiiy tebranish chastotasi pasayib borishi ko'rsatilgan. Bu holat konstruktsiyaning elastik xususiyatlari yukga sezgir ekanini va maksimal yuk sharoitlarida dinamik barqarorlikni nazorat qilish zarurligini bildiradi.

Dinamik tahlil va ko'p jismlar modellashtirish natijalari notekis sirtlarda harakatlanish paytida g'ildiraklar orasida reaksiya kuchlarining sezilarli darajada qayta taqsimlanishini ko'rsatdi. Ayniqsa burilish va qiyaliklarda massalar markazining siljishi shassisning yon barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Jadval 2

Harakat rejimlariga bog'liq barqarorlik ko'rsatkichlari

Harakat holati	Yon siljish, mm	Reaksiya farqi, %	Barqarorlik holati
Tekis yo'l	4.2	8	Barqaror
Notekis sirt	9.6	18	Chegaraviy
Burilish (qiyalik)	14.8	27	Xavfli

Jadval natijalari shuni ko'rsatadiki, notekis va qiyaliklarda harakatlanish shassis barqarorligining asosiy cheklovchi omili hisoblanadi. Bu esa uch g'ildirakli yoki ixcham mini traktorlar uchun og'irlik markazini pasaytirish va shinalar parametrlarini optimallashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Umuman olganda, jadval va diagrammalar bilan tasdiqlangan natijalar mini traktor shassisining matematik modeli real ekspluatatsiya sharoitlarini yetarli aniqlikda aks

ettirishini ko'rsatdi. FEM va dinamik modellashtirish natijalarining uyg'unligi shassis konstruktsiyasini optimallashtirish, xavfsizlikni oshirish va xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy-amaliy xulosalar chiqarish imkonini berdi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda mini traktor shassisining matematik va mexanik xatti-harakatlari kompleks yondashuv asosida tahlil qilindi. Matematik modellashtirish natijasida shassisning statik va dinamik harakat tenglamalari tuzildi hamda asosiy yuklanish holatlari aniqlashtirildi. Finite Element Method (FEM) asosidagi tahlillar shassis elementlarida kuchlanish va deformatsiyalarning notekis taqsimlanishini ko'rsatib, eng yuqori kuchlanishlar g'ildirak tayanchlari hududlarida jamlanishini tasdiqladi.

Modalli va dinamik tahlillar shassisning birinchi tabiiy tebranish chastotalari ishchi chastotalar diapazonidan yuqorida joylashganini ko'rsatdi, bu esa rezonans xavfining pastligini anglatadi. Shu bilan birga, yuklanish ortishi bilan tabiiy chastotalarning pasayishi aniqlanib, maksimal yuk rejimlarida dinamik barqarorlikni nazorat qilish zarurligi qayd etildi. G'ildirak–tuproq o'zaro ta'siri hisobga olingan tahlillar mini traktorning notekis sirtlarda harakatlanishida barqarorlik chegaralariga alohida e'tibor qaratish lozimligini ko'rsatdi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari mini traktor shassisining matematik modeli real ekspluatatsiya sharoitlarini yetarli aniqlikda ifodalashini tasdiqlaydi. Olingan xulosalar shassis konstruktsiyasini optimallashtirish, mustahkamlik va xavfsizlikni oshirish hamda xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. J. Y. Wong, Theory of Ground Vehicles, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008.
2. R. Rajamani, Vehicle Dynamics and Control, 2nd ed. New York, USA: Springer, 2012.
3. S. Aruchamy, S. Ranganathan, "Design and structural analysis of mini tractor chassis," SAE Technical Paper, 2022.
4. X. Zhao et al., "Chassis leveling and stability analysis of a three-wheeled agricultural vehicle," Agriculture, vol. 14, no. 3, 2024.
5. Y. Jiang et al., "Review of power chassis technologies for agricultural machinery in hilly areas," Agriculture, vol. 15, no. 1, 2025.
6. B. Wang et al., "Development trends of agricultural machinery chassis systems," Biosystems Engineering, vol. 236, pp. 12–25, 2024.
7. H. Shabana, Dynamics of Multibody Systems, 4th ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013.



8. O. Zienkiewicz, R. Taylor, The Finite Element Method, 7th ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2014.
9. P. J. Blau, "Fatigue and wear analysis in vehicle structures," Engineering Failure Analysis, vol. 98, pp. 210–223, 2019.
10. M. Bekker, Introduction to Terrain–Vehicle Systems, Ann Arbor, MI, USA: University of Michigan Press, 1969.
11. T. B. Tiwari et al., "Dynamic analysis of tractor chassis under field conditions," Journal of Terramechanics, vol. 89, pp. 1–10, 2020.
- A. K. Singh, "Structural optimization of agricultural vehicle frames," Mechanics Based Design of Structures and Machines, vol. 50, no. 4, pp. 567–580, 2022.
12. S. Kumar et al., "Modal and vibration analysis of farm vehicle structures," Applied Acoustics, vol. 189, 2022.
13. ISO 2631-1:1997, Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration.

