



Tuproqqa sayoz ishlov beruvchi mashinalarda energiya-resurstejamkor vibratsion yuritmalarning takomillashgan matematik modeli

Xakimov O'tkirkbek Akramovich

NamDTU, t.f.f.d. (PhD) hakimov.utkirkbek1990@mail.ru +998936713933

Yoqubov Shavkat Karimjon o'g'li

NamDTU, tayanch doktorant, shavkatbekyoqubov63@gmail.com

ANNOTATSIIYA

Mazkur maqolada tuproqqa sayoz ishlov beruvchi mashinalar uchun energiya-resurstejamkor vibratsion yuritma va ishchi organlarning dinamik hamda matematik modellarini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Vibratsion ishchi organing harakati Lagrange II tur tenglamalari asosida tavsiflanib, tuproqning elastik va viskoz xususiyatlarini hisobga oluvchi Kelvin-Voigt modeli bilan integratsiyalashgan nolinear matematik model ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar:

Vibratsion yuritma, ishchi organ, dinamik model, energiya-resurstejamkorlik, tishli borona, massa, bikrlilik, prujina

Совершенствованная математическая модель энерго- и ресурсосберегающих вибрационных приводов машин для поверхностной обработки почвы

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются вопросы совершенствования динамических и математических моделей энергосберегающего вибрационного привода и рабочих тел для почвообрабатывающих машин, работающих на мелкозаглубленных почвах. Движение вибрирующего рабочего тела описывается на основе уравнений типа Лагранжа II, и разработана нелинейная математическая модель, интегрированная с моделью Кельвина-Войгта, учитывающая упругие и вязкостные свойства грунта.

Ключевые слова:

Вибрационный привод, рабочий корпус, динамическая модель, энерго- и ресурсосбережение, зубчатая борона, масса, жесткость, пружина

An improved mathematical model of energy- and resource-efficient vibratory drives for shallow soil tillage machines

ANNOTATION

This article examines the improvement of dynamic and mathematical models for energy-saving vibratory drives and working bodies for tillage machines operating in shallow soils. The motion of the vibrating working body is described using Lagrange II equations, and a nonlinear mathematical model integrated with the Kelvin-Voigt model is

Keywords:

Vibratory drive, working body, dynamic model, energy and resource conservation, toothed



developed, taking into account the elastic and viscous properties of the soil.

harrow, mass, rigidity, spring.

KIRISH. Qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida tuproqqa minimal va energiya-resurstejamkor ishlov berish texnologiyalarini joriy etish zamonaviy agroinjeneriyaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Jahon amaliyotida tuproq unumdorligini saqlash, namlik yo‘qotilishini kamaytirish, yoqilg‘i sarfini qisqartirish hamda texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish maqsadida ishlov berish mashinalarining konstruksiyasini takomillashtirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Ayniqsa, tuproqqa sayoz ishlov beruvchi mashinalarda vibratsion texnologiyalarni qo‘llash ishchi organ va tuproq o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni faollashtirib, tuproqning parchalanish sifatini yaxshilash, tortish qarshiligini kamaytirish va agregatning energiya sarfini sezilarli darajada pasaytirish bilan ahamiyatlidir [1].

So‘nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ishchi organlarda hosil qilinadigan majburiy yoki relaksatsion avtotebranishlar tuproqning deformatsiyalanish xarakterini o‘zgartiradi, tuproq–ishchi organ kontakt zonasida ishqalanish koeffitsiyentini kamaytiradi hamda tuproqning buzilish mexanizmini optimallashtiradi. Natijada tuproqning maydalanish sifati yaxshilanadi, o‘simlik qoldiqlarining ishchi organlarga yopishib qolishi kamayadi va agregatning tortish qarshiligi pasayadi. Ushbu omillar energiya-resurstejamkor texnologiyalarni yaratishda vibratsion ishchi organlarning ilmiy asoslarini yanada chuqur tadqiq etishni talab qiladi [2].

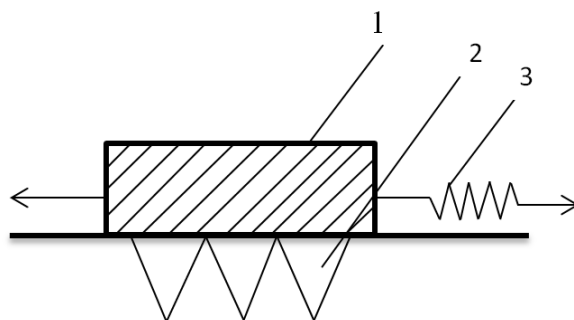
Shu sababli tuproq–ishchi organ tizimining dinamikasini nolinear qonuniyatlar asosida tavsiflovchi, tuproqning elastik va dissipativ xususiyatlarini hisobga oluvchi hamda vibratsion qo‘zg‘atish parametrlarining ta’sirini baholovchi takomillashtirilgan matematik modelni ishlab chiqish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi. Bunday model vibratsion ishchi organlarning rezonansga yaqin ish rejimlarini aniqlash, energiya sarfini kamaytirish va tuproqqa ishlov berish sifatini oshirish imkonini beradi.

METODLAR. Akademik V.P. Goryachkin tomonidan ishlab chiqilgan yerga ishlov beruvchi mashinalar nazariyasi bugungi kunda ham qishloq xo‘jaligi texnikalarini hisoblashning fundamental asoslaridan biri hisoblanadi. Goryachkin nazariyasiga ko‘ra, ishchi organga ta’sir etuvchi umumiy qarshilik kuchi tuproq deformatsiyasi, ishqalanish, inertsia va tezlik bilan bog‘liq qarshiliklarning yig‘indisidan iborat. Ushbu nazariya ko‘plab zamonaviy matematik modellarni yaratishda asos bo‘lib xizmat qilmoqda.

So‘ngi yillarda tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan izlanishlarda tishli borona ishchi organlarida relaksatsion avtotebranish hosil qilish nazariyasi ishlab chiqilgan. Unda ishchi organning harakati massa va prujina bikrligiga asoslangan chiziqli differensial tenglama orqali tavsiflangan hamda ishchi organning bir martalik tebranishida bosib o‘tadigan yo‘li va tezligi analitik usulda aniqlangan. Mazkur tadqiqotlar vibratsion tishli boronalarni yaratishning nazariy asoslarini shakllantirgan bo‘lsa-da, modelda tuproqning elastik-viskoz xossalari, so‘nish jarayonlari hamda tezlikka bog‘liq nolinear qarshilik kuchlari hisobga olinmagan [3, 4].

Oldingi tadqiqotlarda vibratsion tishli borona ishchi organining harakati bir erkinlik darajasiga ega bo‘lgan massa–prujina tizimi sifatida qaralib, ishchi organga ta’sir etuvchi qarshilik kuchlari statik va dinamik holatlar uchun alohida baholangan. Bunday yondashuv relaksatsion avtotebranishlarning hosil bo‘lish mexanizmini tushuntirish imkonini bergan bo‘lsa-da, modelda tuproqning elastik-viskoz xossalari, energiyaning so‘nishi, tashqi periodik qo‘zg‘atuvchi kuch hamda tezlikka bog‘liq qarshilik kuchlarining o‘zgarishi hisobga olinmagan.

NATIJAR. Haqiqiy ish jarayonida vibratsion ishchi organ doimiy ravishda elastik, inertsia va dissipativ kuchlar ta’sirida harakat qiladi.



1-ishchi organ, 2-borona tishlari, 3-prujina

1-rasm. Tishli borona

1-rasmdan ko'rinadiki, dastlab tinch turgan boronani traktor torta boshlaganda unga quyidagi kuchlar, ya'ni tinchlikdagi ishqalanish kuchi va tuproqning deformatsiyasidan hosil bo'lgan bosim kuchi ta'sir qiladi.

Bundan tashqari, tuproqning deformatsiyalanishi vaqt bo'yicha o'zgaruvchi jarayon bo'lib, ishchi organ tezligi ortishi bilan qarshilik kuchlari ham nolinear ravishda o'zgaradi. Shu sababli mavjud dinamik modelni takomillashtirish zarurati yuzaga keladi.

Taklif etilayotgan modelda vibratsion ishchi organ massa (m), prujina bikrligi (k), so'nish koeffitsiyenti (c) hamda tashqi garmonik qo'zg'atuvchi kuch ta'sirida harakat qiluvchi mexanik tizim sifatida qaraladi. Ishchi organing umumiy dinamik muvozanat tenglamasi Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan quyidagi ko'rinishda yoziladi [5]:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) - R(x, \dot{x}), \quad (1)$$

bu yerda:

- m -ishchi organ massasi (kg);
- c -tizimning ekvivalent so'nish koeffitsiyenti (N·s/m);
- k -prujina bikrligi (N/m);
- x -ishchi organing siljishi (m);
- $\dot{x}$ -tezligi (m/s);
- $\ddot{x}$ -tezlanishi (m/s²);
- $F(t)$ -vibratsion yuritmadan hosil bo'ladigan tashqi qo'zg'atuvchi kuch;
- $R(x, \dot{x})$ -tuproqning umumiy qarshilik kuchi.

Vibratsion yuritma tomonidan hosil qilinadigan qo'zg'atuvchi kuch garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi:

$$F(t) = F_0 + A \sin(\omega t), \quad (2)$$

bu yerda:

- F_0 -o'rtacha tortuvchi kuch (N);
- A -tebranish amplitudasiga mos kuch amplitudasi (m);
- ω -burchak tezligi (rad/s).

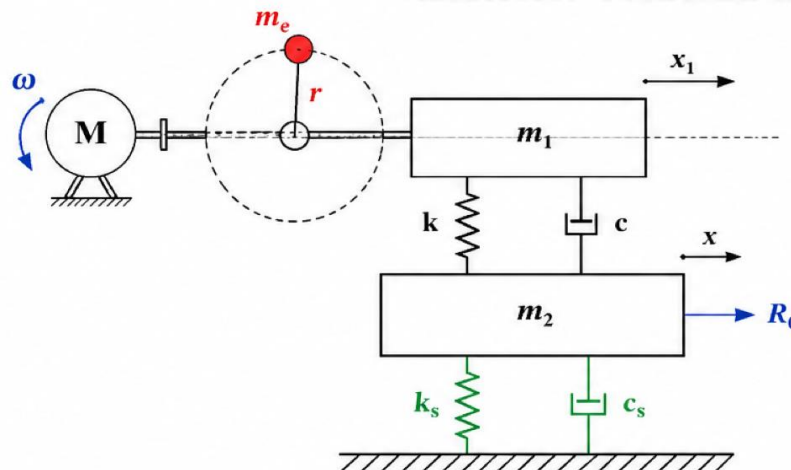
Mazkur ifoda vibratsion mexanizmlarda eksentrik mexanizm yoki inertsia vibratorlari hosil qiladigan periodik yuklanishni ifodalaydi. Oldingi tadqiqotlarda tuproq qarshiligi doimiy qiymat sifatida qabul qilingan bo'lsa, taklif qilinayotgan modelda u quyidagi tarkibiy qismlardan iborat deb qaraladi:

$$R(x, \dot{x}) = R_0 + k_s x + c_s \dot{x} + a \dot{x}^2, \quad (3)$$

bu yerda:

- R_0 -statik qarshilik kuch;
- k_s -tuproqning ekvivalent elastiklik koeffitsiyenti;
- c_s -tuproqning viskoz so'nish koeffitsiyenti;
- $a \dot{x}^2$ -tezlikka bog'liq nolinear qarshilik.

Bunday ifoda tuproqning elastik deformatsiyasi, ichki ishqalanishi hamda yuqori tezliklarda yuzaga keladigan inertsia ta'sirlarini birgalikda hisobga olish imkonini beradi.



2-rasm. Tuproqqa sayoz ishlov beruvchi mashinalarda vibratsion yuritmalarning takomillashtirilgan kinematik sxemasi

Quyidagi kinematik sxema tuproqqa sayoz ishlov beruvchi mashinaning energiya-resurstejamkor vibratsion yuritmasining soddalashtirilgan dinamik modelini ifodalaydi. Ushbu sxema asosida Nyutonning ikkinchi qonuni yoki Lagranj tenglamalari yordamida quyidagi matematik model hosil qilinadi. Natijada tizimning takomillashtirilgan differensial tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$m\ddot{x} + (c + c_s)\dot{x} + (k + k_s)x + ax^2 = F_0 + A\sin(\omega t) - R_0. \quad (4)$$

MUNOZARA. Kinematik sxemaning vazifasini quyidagicha keltirib o'tish mumkin. Kinematik sxema vibratsion yuritmada:

- mexanik elementlarning o'zaro bog'lanishini;
- tebranishning hosil bo'lish mexanizmini;
- kuchlarning uzatilishini;
- tuproq bilan ishchi organing o'zaro ta'sirini tasvirlash uchun xizmat qiladi.

Mazkur tenglama vibratsion ishchi organing haqiqiy ish sharoitidagi dinamik holatini ancha to'liq ifodalaydi. Unda mexanik tizimning inertsia xususiyatlari, prujinaning elastikligi, tuproqning deformatsiyalanishi, energiya so'nishi va vibratsion yuritma ta'siri yagona matematik modelda mujassamlashtirilgan.

Ushbu kinematik sxema quyidagi afzalliklarga ega:

- vibrator va ishchi organ o'rtasidagi elastik bog'lanishni aks ettiradi;
- tuproqning elastik va dissipativ xususiyatlarini hisobga oladi;
- rezonans va amplituda o'zgarishini tahlil qilish imkonini beradi;
- energiya sarfini va foydali ish koeffitsientini baholashga xizmat qiladi.

Taklif etilgan modelning yana bir muhim afzalligi shundaki, u vibratsiya amplitudasi, chastotasi, prujina bikrligi va ishchi organ massasining tizim dinamikasiga ta'sirini alohida baholash imkonini beradi. Parametrlarning turli qiymatlarida sonli modelashtirish orqali rezonans sohalari, maksimal tebranish amplitudasi, tortish qarshiligi va energiya sarfi aniqlanishi mumkin. Bu esa vibratsion ishchi organing optimal konstruktiv parametrlarini tanlash hamda energiya-resurstejamkor ish rejimlarini ilmiy asoslash imkonini beradi.

Quyida takomillashtirilgan vibratsion yuritma kinematik sxemasi bilan klassik (oddiy) kinematik sxema o'rtasidagi asosiy farqlar ilmiy tahlil asosida 1-jadvalda keltirilgan.



1-jadval

Oddiy va takomillashtirilgan vibratsion yuritma kinematik sxemalarining taqqoslanishi

Taqqoslash mezonlari	Oddiy (klassik) kinematik sxema	Takomillashtirilgan kinematik sxema	Afzalligi
Matematik model	chiziqli model	chiziqli va nolinear elementlar hisobga olingan	real ish jarayoniga yaqinlashadi
Erkinlik darajasi	bitta massa	vibrator va ishchi organ alohida ko'riladi	tebranishlarni aniqroq tavsiflaydi
Uyg'otuvchi kuch	$F = A \sin(\omega t)$	$F = F_0 + A \sin(\omega t)$ yoki $F = m_e r \omega^2 \sin(\omega t)$	eksantrik vibratorning haqiqiy ta'siri hisobga olinadi
Prujina modeli	faqat k	$k + k_s$ (prujina va tuproq qattiqligi)	tuproq elastikligi hisobga olinadi
Dempfer modeli	faqat c	$c + c_s$ (tizim va tuproq dempferi)	energiya yo'qotishlari aniqroq baholanadi
Tuproq modeli	qarshilik doimiy deb olinadi	elastik, dissipativ va ishqalanish xususiyatlari hisobga olinadi	tuproq-ishchi organ o'zaro ta'siri to'liq ifodalanadi
Nolinearlik	mavjud emas	$a\dot{x}^2$ yoki boshqa nolinear hadlar mavjud	katta amplitudalardagi jarayonlar modellashtiriladi
Statik qarshilik	ko'pincha hisobga olinmaydi	R_0 alohida parametr sifatida kiritilgan	hisoblash aniqligi oshadi
Energiya tahlili	faqat tebranish tahlili	energiya sarfi va samaradorlik tahlili mumkin	energiya-resurstejamkorlik baholanadi
Rezonansni aniqlash	taxminiy	tuproq parametrlarini hisobga olgan holda aniq	optimal ish rejimi topiladi

1-jadvaldan ko'rinadiki, taklif etilayotgan takomillashtirilgan kinematik sxema klassik vibratsion yuritma sxemasiga nisbatan tizimning fizik va dinamik xususiyatlarini to'liqroq aks ettiradi. Xususan, modelga tuproqning ekvivalent qattiqligi k_s va dempferlash koeffitsienti c_s kiritilishi ishchi organ bilan tuproq o'rtasidagi o'zaro ta'sirni real sharoitlarga yaqin holda tavsiflash imkonini beradi. Natijada matematik modelning adekvatligi va hisoblash aniqligi sezilarli darajada oshadi.

XULOSA. Shunday qilib, ishlab chiqilgan takomillashtirilgan dinamik model avvalgi chiziqli modelga nisbatan ancha mukammal bo'lib, tuproq-ishchi organ tizimining nolinear xususiyatlarini hisobga oladi. Ushbu model keyingi bosqichlarda Lagrange tenglamalari asosida matematik tahlil



qilish, MATLAB/Simulink muhitida sonli modellashtirish hamda eksperimental natijalar bilan taqqoslash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ж. Мухамедов, Ш. Кенжабоев, Д. Абдувахобов. Тупроққа юзаки ишлов берувчи тебранма – тишли боронани асосий ўлчамларини танлаш. Республика илмий-амалий конференция тўплами. 2012 йил 18-19-май.
2. А.Х. Умурзаков, И.А. Гаффаров, Д.А. Абдувахобов. “Тишли борона ишчи органларида автотебранишлар ҳосил қилиш методи” МЕХАНИКА МУАММОЛАРИ. О'ЗБЕКISTON JURNALI. 4/2019, 102-106 б.
3. Умурзаков А.Х. “Бошқариладиган вибрацион механизмлар ва механик системаларнинг назарий асосларини ривожлантириш ҳамда рационал конструкцияларини яратиш” Тех. фан. док. дисс.-Тошкент, 2019. 160-167 б.
4. Abduvakhobov D.A., Muhamedov J., Umurzaqov A. Layout diagram of the hinged oscillatory spike - tooth harrow and determination of its row - spacing width // European Science Review. – Austria, 2016. – N 5. – pp. 175 – 176.
5. Мухамедов, Ж., Умурзаков, А. Х., Абдувахобов, Д. А., & Исматуллаев, К. К. (2020). Дала рельефига мосланувчан тишли борона тишлари излари кенглигини аниқлаш. ФарПИ илмий-техника журнали.-Фаргона, 72-75