ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ASFALT FREZALASH MASHINASI ISHCHI ORGANLARI UZATISH MEXANIZMINI VA HISOBLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Rustamov Kamoliddin Jo‘raboyevich
Texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori (PhD) Professori, Toshkent davlat transport universiteti Ilmiy rahbar
E-mail koliya22@rambler.ru
Xusenova Gulrux Yusuf qizi
Toshkent davlat transport universiteti doktoranti
Tel: +99870 011-43-34,

Annotatsiya. Mazkur maqolada asfalt frezalash mashinasi ishchi organlariga aylantiruvchi moment uzatish jarayonida yuzaga keladigan dinamik yuklama, vibratsiya va quvvat yo‘qotishlarini kamaytirishga qaratilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmi sxemasi hamda uni hisoblashning takomillashtirilgan yondashuvi taklif etildi. Mavjud hisoblash yondashuvlarida frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton qatlamining zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsienti yetarli darajada birgalikda hisobga olinmasligi aniqlanib, dinamik koeffitsientni ushbu parametrlar asosida aniqlash usuli taklif qilindi. Hisobiy-modellashtirish natijalariga ko‘ra, taklif etilgan uzatma sxemasi oddiy uzatma bilan taqqoslanganda vibratsiya amplitudasini 12-18 % gacha, quvvat yo‘qotishlarini 8-12 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Maqolada prinsipial konstruktiv sxema, asosiy geometrik va dinamik parametrlar, hisobiy jadvallar hamda taqqoslovchi grafiklar keltirildi.

Kalit so‘zlar: asfalt frezalash mashinasi, frezalash rotori, uzatish mexanizmi, elastik mufta, amortizatsiya koeffitsienti, dinamik yuklama, vibratsiya, quvvat yo‘qotilishi, hisoblash usuli.

Аннотация. В статье предложены схема эластично-демпфирующего механизма передачи рабочих органов асфальтофрезерной машины и усовершенствованный подход к его расчету, направленные на снижение динамических нагрузок, вибрации и потерь мощности при передаче крутящего момента к фрезерному ротору. Установлено, что в существующих расчетных подходах недостаточно совместно учитываются глубина фрезерования, частота вращения ротора, плотность асфальтобетонного слоя, жесткость эластичной муфты и коэффициент демпфирования. Предложен способ определения динамического коэффициента с учетом указанных параметров. По результатам расчетного моделирования предложенная схема передачи по сравнению с обычной передачей позволяет снизить амплитуду вибрации на 12-18 %, а потери мощности - на 8-12 %. В статье приведены

ISSN 3030-3907

принципиальная конструктивная схема, основные геометрические и динамические параметры, расчетные таблицы и сравнительные графики.

Ключевые слова: асфальтофрезерная машина, фрезерный ротор, механизм передачи, эластичная муфта, коэффициент демпфирования, динамическая нагрузка, вибрация, потери мощности, метод расчета.

Abstract. The article proposes a scheme of an elastic-damping transmission mechanism for asphalt milling machine working bodies and an improved calculation approach aimed at reducing dynamic loads, vibration and power losses during torque transmission to the milling rotor. It is shown that existing calculation approaches do not sufficiently combine milling depth, rotor speed, asphalt concrete density, elastic coupling stiffness and damping coefficient. A method for determining the dynamic coefficient based on these parameters is proposed. According to computational modelling results, the proposed transmission scheme can reduce vibration amplitude by 12-18% and power losses by 8-12% compared with a conventional transmission. The paper presents a principal structural scheme, main geometrical and dynamic parameters, calculated tables and comparative graphs.

Keywords: asphalt milling machine, milling rotor, transmission mechanism, elastic coupling, damping coefficient, dynamic load, vibration, power loss, calculation method.

KIRISH.

Avtomobil yo‘llarini rekonstruksiya qilish va ta’mirlash jarayonida asfalt-beton qoplamasining eskirgan qatlamlarini olib tashlash uchun sovuq frezalash texnologiyasi keng qo‘llanadi. Frezalash mashinasi ish jarayonida qoplamaning belgilangan chuqurligini kesadi, maydalangan materialni yig‘adi va konveyer orqali transport vositasiga uzatadi. Bunday mashinalarning unumdorligi faqat dvigatel quvvati yoki rotor tishlari soni bilan emas, balki dvigateldan frezalash rotoriga moment uzatuvchi mexanizmning dinamik barqarorligi bilan ham belgilanadi.

Frezalash jarayoni bir tekis kechmaydi. Kesuvchi tish asfalt qatlamiga kirganda chip qalinligi o‘zgaradi, materialning zichligi, bitum miqdori, mineral agregatlar kattaligi va frezalash chuqurligi rotor yuklamasini doimiy ravishda o‘zgartirib turadi. Wirtgen texnologik qo‘llanmasida ham kesish jarayonidagi kuchlar material zichligi, kesish tezligi, frezalash chuqurligi, tish konstruktsiyasi va baraban turi kabi omillarga bog‘liqligi ko‘rsatilgan [1]. Shu sababli uzatma mexanizmini faqat o‘rtacha statik moment bo‘yicha hisoblash real ish sharoitini to‘liq aks ettirmaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Asfalt frezalash mashinalari bo‘yicha texnik qo‘llanmalarda sovuq frezalash jarayonining texnologik mohiyati, frezalash

ISSN 3030-3907

chuqurligi, rotor turi, kesuvchi tishlar holati va material xususiyatlarining ish unumdorligiga ta’siri yoritilgan [1; 2]. Ushbu manbalarda mashinaning umumiy ishlash prinsipi va ekspluatatsion omillar keng bayon qilinadi, biroq uzatma mexanizmi elementlarida hosil bo‘ladigan burama tebranishlar, zarbali yuklamalar va elastik elementlarning dinamik yuklamani kamaytirishdagi roli alohida hisoblash modeli sifatida yetarli darajada ochilmagan.

So‘nggi yillardagi ilmiy tadqiqotlarda asfalt frezalash jarayonining turli jihatlari, jumladan adaptiv boshqaruv, kesish parametrlarining ta’siri, frezalangan material xususiyatlari, kesuvchi tishlarning yeyilishi va texnologik parametrlarni optimallashtirish masalalari o‘rganilgan [3–9]. Bu ishlar frezalash jarayonining texnologik va ekspluatatsion tomoni uchun muhim nazariy asos yaratadi. Biroq ularda dvigateldan frezalash rotoriga moment uzatish zanjirida frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsientini birlashtirgan dinamik koeffitsient modeli to‘liq shakllantirilmagan.

Uzatma tizimlaridagi burama tebranishlar va elastik muftalar muammosi mashina dinamikasi va mashina detallari nazariyasida keng o‘rganilgan [10–14]. Shuningdek, sovuq frezalash mashinalarida quvvatni rotorga uzatish, adaptiv boshqaruv va konveyer tizimlari bo‘yicha patent yechimlari mavjud [15–18]. Ushbu manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, asfalt frezalash mashinasi uzatma mexanizmini takomillashtirishda mavjud konstruktiv yechimlarni dinamik hisoblash yondashuvi bilan bog‘lash zarur. Mazkur maqolada taklif etilgan yondashuv aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, unda uzatma mexanizmi statik moment emas, balki frezalash rejimi va elastik-amortizatsiyalovchi elementlarning ta’siri asosida baholanadi.

METODOLOGIYA. Tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil, hisobiy modellashtirish, parametrik taqqoslash va grafik interpretatsiya usullariga asoslandi. Dastlab sovuq frezalash mashinalari konstruksiyasi, frezalash jarayonining texnologik xususiyatlari, uzatma mexanizmlarining ishlash prinsipi hamda elastik mufta va dempfer elementlariga oid ilmiy-texnik manbalar tahlil qilindi. Keyingi bosqichda frezalash rotoriga uzatiladigan moment, statik kesish kuchi, dinamik yuklama va burama tebranishlarni baholovchi hisobiy model shakllantirildi.

Hisobiy modelda asosiy kirish parametrlari sifatida frezalash chuqurligi h = 40–120 mm, rotor aylanish soni n_r = 80–130 ayl/min, asfalt-beton zichligi ρ = 2200–2450 kg/m³, elastik mufta qattiqligi c_m = 2,5–4,0·10⁴ N·m/rad va amortizatsiya koeffitsienti b_m = 250–450 N·m·s/rad oraliqlari qabul qilindi. Dinamik koeffitsient k_d statik yuklamaga qo‘shimcha ravishda frezalash rejimi va uzatma elastik xususiyatlarini hisobga oluvchi funksiya sifatida ifodalandi.

ISSN 3030-3907

Koeffitsientlarning shartli hisobiy qiymatlari parametrlarning nisbiy ta’sirini baholash uchun qabul qilindi; ular yakuniy konstruktorlik hisoblarida tajriba-stend sinovlari orqali aniqlashtirilishi lozim.

Taqqoslash ikki sxema bo‘yicha amalga oshirildi: oddiy qattiq uzatma sxemasi hamda elastik mufta, dempfer elementi va ikki bosqichli reduktorga ega takomillashtirilgan uzatma sxemasi. Har ikki variantda vibratsiya amplitudasi, quvvat yo‘qotilishi, dinamik koeffitsient, zarba yuklamasi va rotor aylanish barqarorligi hisobiy ko‘rsatkichlar asosida solishtirildi. Natijalar jadval va grafiklar ko‘rinishida ifodalanib, taklif etilgan yondashuvning nazariy samaradorligi baholandi.

ASOSIY QISM. Mavjud amaliyotda frezalash rotoriga moment uzatish uchun mexanik, gidravlik va kombinatsiyalashgan uzatma tizimlari ishlatiladi. Yirik ishlab chiqaruvchilar konstruksiyalarida avtomatlashtirilgan chuqurlik nazorati, adaptiv yuklama boshqaruvi va yuqori unumdorlikka yo‘naltirilgan quvvat uzatish sxemalari qo‘llanadi [2; 3]. Biroq frezalash tishlarining material bilan impulsli ta’siri, rotorning o‘zgaruvchan qarshilik momenti, vallardagi burama tebranishlar va podshipniklarga tushadigan zarbali yuklamalar uzatma elementlarining ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Asfalt frezalash mashinalarida uzatma mexanizmi dvigatel quvvatini reduktor, uzatma vali, mufta va tasmali yoki zanjirli uzatma orqali frezalash rotoriga yetkazadi. Oddiy sxemada moment uzatish zanjiri nisbatan qattiq bo‘lib, frezalash tishlarining asfalt-beton qatlamiga zarbali kirishi natijasida hosil bo‘ladigan impulsli yuklamalar vallarga va podshipniklarga bevosita uzatiladi. Bunday sharoitda rotorda aylanish notekisligi, podshipniklarda qo‘shimcha radial yuklama, reduktor tishlarida kontakt kuchlanishi va quvvat yo‘qotilishi ortadi.

Caterpillar va Wirtgen patentlarida frezalash rotoriga quvvat uzatish, rotorni boshqarish, konveyer tizimlari va adaptiv yurish nazorati kabi yechimlar taklif qilingan [4–7]. Mazkur ishlanmalar sanoat konstruksiyalari uchun muhim bo‘lsa-da, ular ilmiy maqola doirasida dinamik koeffitsientni frezalash chuqurligi, material zichligi, rotor aylanish soni va elastik mufta parametrlari bilan bog‘lovchi umumlashtirilgan hisoblash modelini to‘liq bermaydi. Shu bois maqolada patent tavsiflari emas, balki uzatma mexanizmini hisobiy baholashga qaratilgan yondashuv asosiy yangilik sifatida taklif etildi.

1-jadval.

Oddiy va takomillashtirilgan hisoblash yondashuvlarining farqi

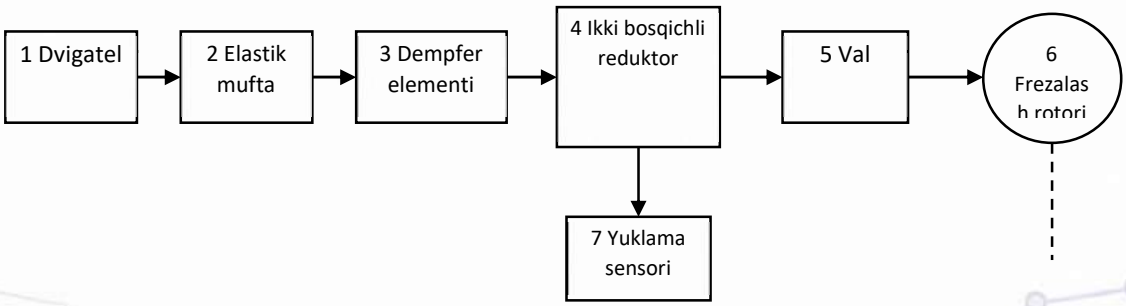
Ko‘rsatkich	Oddiy hisoblash yondashuvi	Takomillashtirilgan yondashuv

ISSN 3030-3907

Yuklama turi	Asosan statik yuklama yoki umumiy dinamik koeffitsient	Statik, dinamik va zarbali yuklama alohida baholanadi
Dinamik koeffitsient	Tajriba yoki tavsiyaviy qiymat sifatida olinadi	h, n_r, ρ, c_m va b_m parametrlariga bog‘lab aniqlanadi
Elastik mufta ta’siri	Ko‘pincha hisobga olinmaydi	Qattiqlik va amortizatsiya koeffitsienti modelga kiritiladi
Taqqoslash imkoniyati	Faqat nominal moment bo‘yicha	Vibratsiya, quvvat yo‘qotilishi va k_d bo‘yicha
Natija shakli	Umumiy xulosa	Jadval, grafik va parametrli konstruktiv sxema

Taklif etilgan uzatma mexanizmining asosiy farqi shundan iboratki, dvigateldan kelayotgan moment frezalash rotoriga bevosita qattiq uzatma orqali emas, balki elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktor orqali uzatiladi. Elastik mufta momentning keskin o‘zgarishini yumshatadi, amortizatsiyalovchi element burama tebranishlarni so‘ndiradi, ikki bosqichli reduktor esa rotor uchun zarur aylanish chastotasi va moment nisbatini ta’minlaydi.

Konstruktiv sxemada yuklama sensori ham nazarda tutiladi. Sensor rotor yuklamasi keskin ortgan paytda boshqaruv tizimiga signal beradi. Bu kelgusida yurish tezligini, rotor aylanish chastotasini yoki frezalash chuqurligini adaptiv boshqarish imkonini yaratadi. Biroq mazkur maqolada asosiy e’tibor sensorli boshqaruv algoritmiga emas, balki uzatma mexanizmining dinamik hisobiga qaratildi.



$$\eta_t = 0{,}86–0{,}90$$
$$c_m = 2{,}5–4{,}0 \cdot 10^4 \text{N·m/rad}$$
$$b_m = 250–450 \text{N·m·s/rad}$$
$$n_r = 90–130 \text{ayl/min}$$
$$h = 40–120 \text{mm}$$

1-rasm. Taklif etilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmining prinsipial konstruktiv sxemasi

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Taklif etilgan uzatma mexanizmining asosiy konstruktiv va dinamik parametrlari

Parametr	Belgisi	Hisob oralig‘i	Izoh
Elastik mufta qattiqligi	c_m	2,5-4,0·10^4 N·m/rad	Burama tebranishlarni cheklash uchun
Amortizatsiya koeffitsienti	b_m	250-450 N·m·s/rad	Energiya yutilishini tavsiflaydi
Reduktor uzatish soni	i	12-18	Rotor aylanish sonini pasaytiradi
Uzatma FIK	η_t	0,86-0,90	Reduktor, val va mufta yo‘qotishlarini hisobga oladi
Rotor aylanish soni	n_r	90-130 ayl/min	Frezalash rejimiga bog‘liq
Frezalash chuqurligi	h	40-120 mm	Dinamik yuklama o‘sishining asosiy omili
Asfalt-beton zichligi	ρ	2200-2450 kg/m³	Material qarshiligini belgilaydi
Faol tishlar soni	z_a	4-8 dona	Bir vaqtda yuklama qabul qiluvchi tishlar

Frezalash rotoriga uzatiladigan aylantiruvchi moment dvigatel quvvati, uzatma FIK va rotor aylanish soniga bog‘liq. Hisoblashning birinchi bosqichida rotorga yetib boradigan foydali moment quyidagicha aniqlanadi:

$$M_r = 9550 \cdot P_e \cdot \eta_t / n_r, \ \text{N·m}$$

bu yerda M_r - rotorga uzatiladigan aylantiruvchi moment, N·m; P_e - dvigatelning foydali quvvati, kW; η_t - uzatma mexanizmining foydali ish koeffitsienti; n_r - rotor aylanish soni, ayl/min.

Kesish jarayonida bitta yoki bir nechta tishlar asfalt qatlamiga kiradi. Statik kesish kuchi material qarshilik koeffitsienti, frezalash chuqurligi, kesish eni va bir vaqtda faol bo‘lgan tishlar soniga bog‘liq holda quyidagicha olinadi:

$$F_s = k_c \cdot \text{b} \cdot \text{h} \cdot z_a$$

bu yerda F_s - statik kesish kuchi; k_c - asfalt-betonning solishtirma kesish qarshiligi; b - bitta tishning shartli kesish eni; h - frezalash chuqurligi; z_a - bir vaqtda faol yuklama qabul qiluvchi tishlar soni.

Oddiy yondashuvda dinamik kuch umumiy koeffitsient orqali aniqlanadi. Mazkur maqolada taklif etilayotgan yangilik shundan iboratki, k_d doimiy qiymat

ISSN 3030-3907

sifatida emas, balki frezalash rejimi va uzatma elastik xususiyatlariga bog‘liq funksiya sifatida aniqlanadi:

$$k_d = 1 + \alpha(h/h_0) + \beta((n_r - n_0)/n_0) + \gamma((\rho - \rho_0)/\rho_0) - \delta((c_m - c_0)/c_0) - \lambda((b_m - b_0)/b_0)$$

bu yerda h_0, n_0, ρ_0, c_0 va b_0 - bazaviy qiymatlar; α, β, γ, δ va λ - parametrlarning dinamik yuklamaga ta’sirini ifodalovchi hisobiy koeffitsientlari. Ushbu koeffitsientlar tajriba stendi yoki ishlab chiqarish sharoitidagi monitoring natijalari asosida aniqlanishi mumkin. Maqoladagi taqqoslash uchun $\alpha = 0{,}18$; $\beta = 0{,}12$; $\gamma = 0{,}10$; $\delta = 0{,}08$; $\lambda = 0{,}05$ deb qabul qilindi. Mazkur qiymatlar parametrlarning nisbiy ta’sirini baholash uchun shartli hisobiy qiymatlar sifatida qabul qilindi va real mashina sharoitida ular tajriba-stend sinovlari orqali identifikatsiya qilinishi lozim.

Shundan so‘ng dinamik yuklama quyidagi ko‘rinishda olinadi:

$$F_d = k_d \cdot F_s$$

Uzatma tizimidagi burama tebranishni baholash uchun rotor va uzatma zanjiri soddalashtirilgan bir massali model sifatida qaraldi:

$$J \cdot \ddot{\varphi} + b_m \cdot \dot{\varphi} + c_m \cdot \varphi = M_e - M_c(t)$$

bu yerda J - rotor va uzatma elementlarining keltirilgan inersiya momenti; φ - burilish burchagi; b_m - amortizatsiya koeffitsienti; c_m - elastik mufta qattiqligi; M_e - dvigateldan kelayotgan moment; $M_c(t)$ - frezalash qarshiligi momenti. Mazkur tenglama elastik mufta qattiqligi kamayganda zarba yuklamalari yumshashini, amortizatsiya koeffitsienti ortganda tebranish amplitudasi pasayishini ko‘rsatadi.

Taqqoslash uchun ikkita variant ko‘rib chiqildi: birinchi variant - oddiy qattiq uzatma sxemasi; ikkinchi variant - elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktorga ega takomillashtirilgan sxema. Ikkala holatda ham frezalash chuqurligi 40-120 mm, rotor aylanish soni 80-130 ayl/min, yuklama darajasi 40-120 % oraliqda baholandi. Natijalar nazariy-hisoblash modeli asosida olingan bo‘lib, keyingi bosqichda ularni tajriba stendi yoki real frezalash mashinasi sharoitida verifikatsiya qilish talab etiladi.

3-jadval.

Oddiy va takomillashtirilgan uzatmaning umumlashtirilgan hisobiy taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	Oddiy uzatma	Takomillashtirilgan uzatma	Natija
O‘rtacha vibratsiya amplitudasi	1,21 mm	1,02 mm	15,7 % kamaydi
Nominal yuklamadagi quvvat yo‘qotilishi	11,4 kW	10,1 kW	11,4 % kamaydi

ISSN 3030-3907

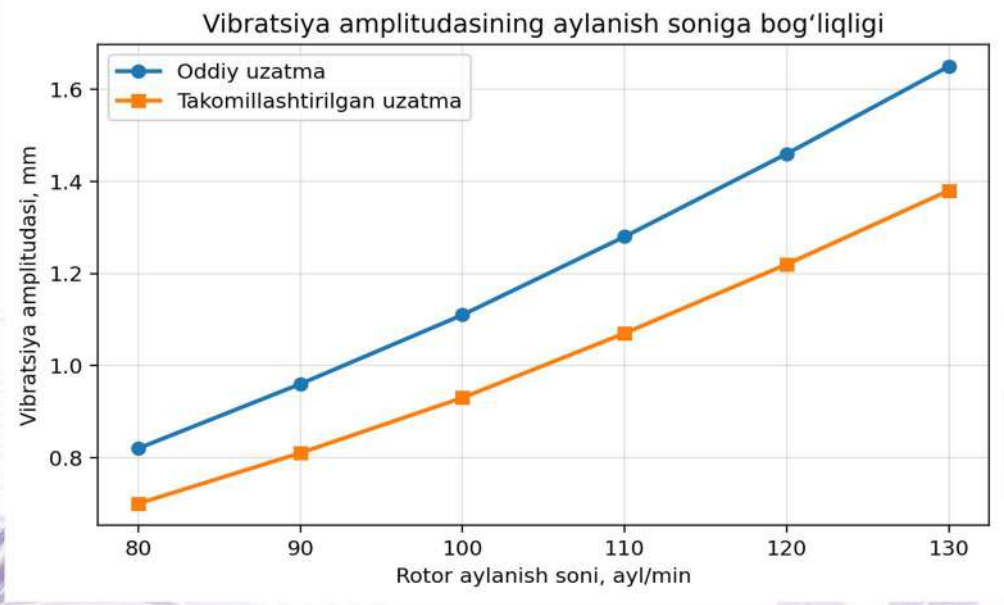
h = 100 mm dagi dinamik koeffitsient	1,44	1,31	9,0 % kamaydi
Podshipnikka tushadigan zarba yuklama	100 %	88,5 %	11,5 % kamaydi
Rotor aylanish barqarorligi	100 %	106 %	6 % yaxshilandi

4-jadval.

Grafiklarni qurish uchun qabul qilingan hisob qiymatlari

Ko‘rsatkich	X qatori	Oddiy uzatma	Takomil. uzatma	Birlik
Vibratsiya amplitudasi	80; 90; 100; 110; 120; 130	0,82; 0,96; 1,12; 1,28; 1,46; 1,65	0,70; 0,81; 0,94; 1,07; 1,22; 1,38	mm
Quvvat yo‘qotilishi	40; 60; 80; 100; 120	5,2; 7,1; 9,0; 11,4; 13,6	4,6; 6,3; 7,9; 10,1; 12,1	kW
Dinamik koeffitsient	40; 60; 80; 100; 120	1,18; 1,26; 1,35; 1,44; 1,54	1,10; 1,17; 1,23; 1,31; 1,39	k_d
Umumiy taqqoslash	V; Q; k_d; zarba; barqarorlik	100; 100; 100; 100; 100	84; 89; 91; 88,5; 106	%

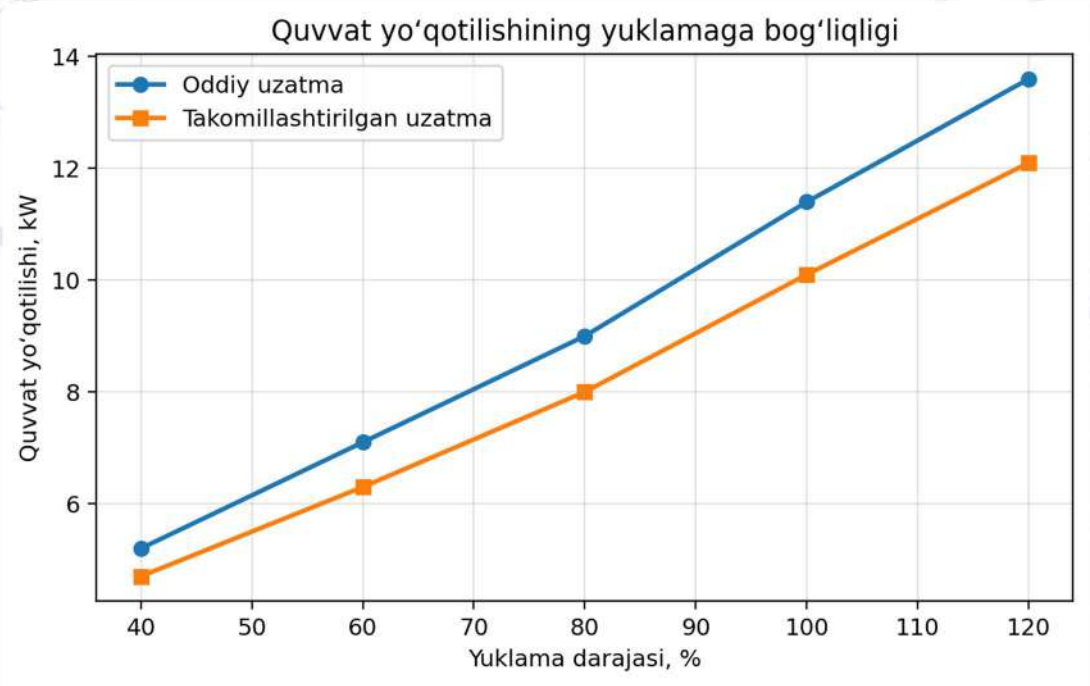
Jadvaldagi qiymatlar grafiklarni qurishda foydalanilgan hisob qatorlarini ko‘rsatadi. Ular taklif etilgan parametrli model bo‘yicha olingan nazariy-hisoblash natijalari bo‘lib, konstruktiv yechimni tajriba orqali aniqlashtirish uchun boshlang‘ich asos vazifasini bajaradi.



2-rasm. Vibratsiya amplitudasining rotor aylanish soniga bog‘liqligi

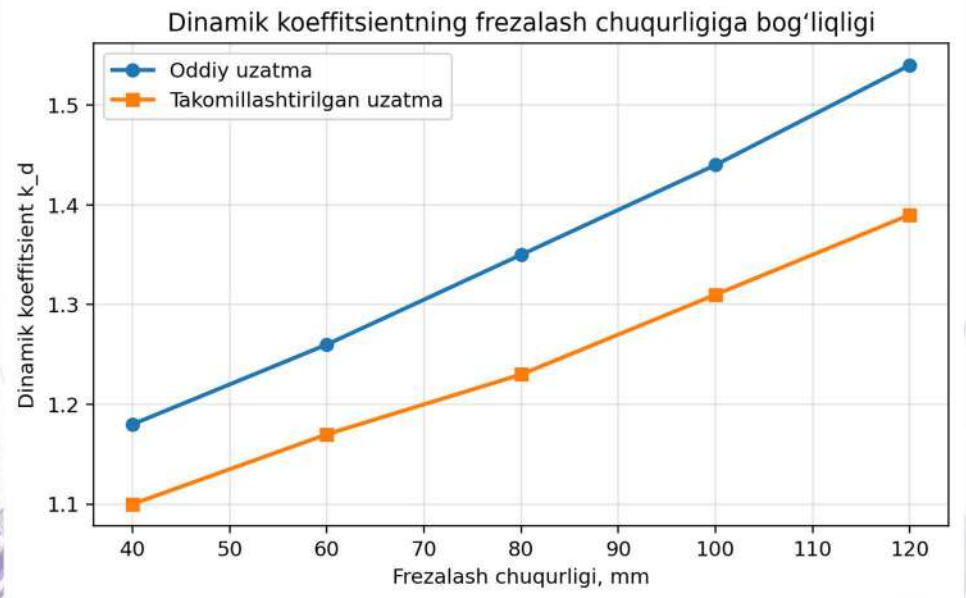
ISSN 3030-3907

Rotor aylanish soni ortishi bilan har ikkala sxemada ham vibratsiya amplitudasi oshadi. Biroq elastik-amortizatsiyalovchi uzatma sxemasida moment uzatish zanjiri zarba yuklamalarini qisman yutgani sababli vibratsiya amplitudasi barcha aylanish sonlarida pastroq bo‘ladi. Hisob natijalari bo‘yicha farq o‘rtacha 12-18 % ni tashkil etdi.



3-rasm. Quvvat yo‘qotilishining yuklama darajasiga bog‘liqligi

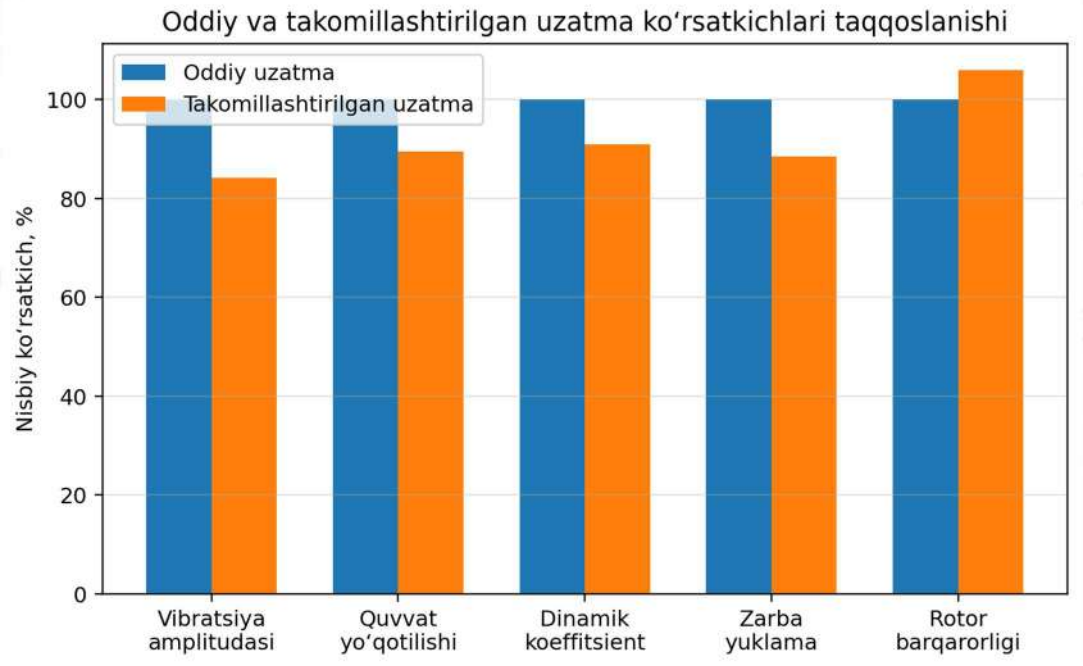
Oddiy qattiq uzatma sxemasida tishli ilashmalar, podshipniklar va vallardagi qo‘shimcha tebranishlar energiya sarfini oshiradi. Takomillashtirilgan sxemada esa amortizatsiyalovchi element va elastik mufta tebranish energiyasining bir qismini so‘ndiradi, natijada nominal va yuqori yuklamalarda quvvat yo‘qotilishi 8-12 % gacha kamayadi.



4-rasm. Dinamik koeffitsientning frezalash chuqurligiga bog‘liqligi

ISSN 3030-3907

Chuqurlik ortganda tishlar materialga chuqurroq kiradi, chip hajmi va kesish qarshiligi ko‘payadi, rotor qarshilik momenti notekis o‘zgaradi. Takomillashtirilgan sxemada c_m va b_m parametrlarining ta’siri tufayli k_d qiymati pastroq bo‘lib, uzatma elementlarining haqiqiy yuklanishini kamaytiradi.



5-rasm. Oddiy va takomillashtirilgan uzatma ko‘rsatkichlarining umumiy taqqoslanishi

5-rasmdagi ustunli diagrammada vibratsiya amplitudasi, quvvat yo‘qotilishi, dinamik koeffitsient va zarba yuklamasi kamayish mezoni sifatida, rotor barqarorligi esa yaxshilanish mezoni sifatida berilgan. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, asfalt frezalash mashinasi uzatma mexanizmini takomillashtirishda faqat reduktor uzatish sonini tanlash yetarli emas. Frezalash jarayoni impulsli va notekis yuklama bilan kechganligi sababli uzatma zanjirining elastik-dempfer xususiyatlari ham hisobga olinishi zarur. Ayniqsa frezalash chuqurligi 80-120 mm bo‘lgan rejimlarda dinamik koeffitsientning tez ortishi uzatma detallarida qo‘shimcha kuchlanishlar paydo qiladi. Taklif etilgan modelning amaliy ahamiyati shundaki, u konstruktor yoki tadqiqotchiga bir nechta parametrlarni birgalikda baholash imkonini beradi. Masalan, rotor aylanish sonini oshirish unumdorlikni ko‘paytirishi mumkin, lekin k_d va vibratsiya amplitudasini ham oshiradi. Elastik mufta qattiqligi juda past tanlansa, moment uzatish kechikishi va rotor aylanish notekisligi paydo bo‘lishi mumkin; juda yuqori tanlansa, zarba yuklamalari yetarli darajada so‘nmaydi. Demak, c_m va b_m qiymatlarini optimal oraliqda tanlash muhim.

XULOSA. Asfalt frezalash mashinasi ishchi organlari uzatma mexanizmining samaradorligi frezalash rotoriga uzatiladigan o‘rtacha moment bilan bir qatorda dinamik yuklama, zarba kuchlari, burama tebranishlar va quvvat yo‘qotishlariga ham bog‘liq. Shu sababli uzatma mexanizmini faqat statik

ISSN 3030-3907

hisoblash asosida baholash yetarli emas. Tadqiqotda dinamik koeffitsientni frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsienti orqali aniqlashga qaratilgan takomillashtirilgan hisoblash yondashuvi taklif etildi. Ushbu yondashuvning yangiligi shundaki, k_d doimiy yoki umumiy tavsiyaviy qiymat sifatida emas, balki uzatma va frezalash rejimi parametrlariga bog‘liq funksiya sifatida aniqlanadi. Taklif etilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmida dvigatel momenti elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktor orqali frezalash rotoriga uzatiladi. Bunday konstruktiv yechim zarba yuklamalarini yumshatadi, vallardagi burama tebranishlarni kamaytiradi va podshipniklarga tushadigan qo‘shimcha yuklamani pasaytiradi. Hisobiy-modellashtirish natijalariga ko‘ra, takomillashtirilgan uzatma sxemasi oddiy uzatma bilan taqqoslanganda vibratsiya amplitudasini 12-18 % gacha, quvvat yo‘qotishlarini 8-12 % gacha, dinamik koeffitsientni esa o‘rtacha 9 % atrofida kamaytirishi mumkin. Rotor aylanish barqarorligi hisobiy baholash bo‘yicha taxminan 6 % ga yaxshilanadi. Olingan hisoblash natijalari taklif etilgan yondashuvning nazariy samaradorligini ko‘rsatadi; ularni yakuniy konstruktorlik yechimi sifatida asoslash uchun tajriba-stend sinovlari va real frezalash sharoitidagi monitoring natijalari bilan tekshirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Wirtgen GmbH. The WIRTGEN Cold Milling Manual: The Hands-On Guide to Cold Milling. – Windhagen: Wirtgen GmbH, 2017. – 282 p.
2. Wirtgen GmbH. The World of Wirtgen Cold Milling Machines. – Windhagen: Wirtgen GmbH, 2016. – 32 p.
3. Meng F., Hu Y., Ma P., Zhang X., Li Z. Practical Control of a Cold Milling Machine Using an Adaptive PID Controller // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10, No. 7. – Article 2516. DOI: 10.3390/app10072516.
4. Petrescu M.G., Dumitru T., Laudacescu E., Tănase M. Experimental Investigation and Numerical Analysis Regarding the Influence of Cutting Parameters on the Asphalt Milling Process // Materials. – 2024. – Vol. 17, No. 14. – Article 3475. DOI: 10.3390/ma17143475.
5. Yao Y., Yang J., Gao J., Zheng M., Song L., Xu J., Sun C. RAP Chunks Produced in Cold Milling Operation of Asphalt Pavement: Evaluation, Mechanism, and Engineering Investigation in China // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). – 2024. DOI: 10.1016/j.jtte.2024.03.004.
6. Zaumanis M., Loetscher D., Mazor S., Stöckli F., Poulikakos L. Impact of Milling Machine Parameters on the Properties of Reclaimed Asphalt Pavement // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 307. – Article 125114. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125114.

ISSN 3030-3907

7. Dumitru T., Ilincă C., Tănase M. Influence of Technological Parameters on the Behaviour in Operation of the Asphalt Milling Equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2022. – Vol. 1262. – Article 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/1262/1/012018.
8. Blum J., Anderegg R. Modelling of an Innovative Technology for Pavement Milling // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Vol. 49, Issue 21. – P. 591–597. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.10.665.
9. Dumitru T., Petrescu M.G., Tănase M., Laudacescu E. Multi-Response Optimization Analysis of the Milling Process of Asphalt Cutter Teeth // Processes. – 2023. – Vol. 11, No. 8. – Article 2401. DOI: 10.3390/pr11082401.
10. Tan X., Zhang Y., Chen L. Study of the Optimization of Matching Between Torsional Vibration Damper and Elastic Coupling in Transmission System Based on Energy Method // Journal of Vibroengineering. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 1184–1196.
11. Wachel J.C., Szenasi F.R. Analysis of Torsional Vibrations in Rotating Machinery // Proceedings of the 22nd Turbomachinery Symposium. – College Station: Texas A&M University, Turbomachinery Laboratory, 1993. – P. 127–151.
12. Rao S.S. Mechanical Vibrations. 5th ed. – Upper Saddle River: Pearson Education, 2011. – 1104 p.
13. Norton R.L. Machine Design: An Integrated Approach. 5th ed. – Boston: Pearson, 2014. – 1092 p.
14. Shigley J.E., Mischke C.R., Budynas R.G. Mechanical Engineering Design. 10th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2015. – 1120 p.
15. Schafer B.T., Bjorge J.R. Transmission System for Transmitting Power from Engine to Milling Rotor in Cold Planer: United States Patent US 9,175,449 B2. – 2015.

ISSN 3030-3907