

DALAMBER PRINSIPINING MEXANIK TIZIMLAR DINAMIKASIDAGI O'RNI

*Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
assistenti PhD **Kasimova Firuza Ulugbekovna***

*Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
"Mexanika va matematik modellash" yo'nalishi
magistranti **Fayyoza Sohibova Siddiqjon qizi**
fayyozasohibova2004@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu maqolada Dalamber prinsipining mexanik tizimlar dinamikasidagi nazariy va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi. Klassik mexanikada jismlar harakati Nyuton qonunlari asosida o'rganiladi, biroq murakkab mexanik tizimlarda kuchlar, bog'lanish reaksiyalari va tezlanishlarni bevosita aniqlash ko'p hollarda murakkab hisoblashlarni talab qiladi. Dalamber prinsipi ana shunday vaziyatlarda dinamik masalani statika masalasiga yaqinlashtirib tahlil qilish imkonini beradi. Mazkur prinsipga ko'ra, harakatlanayotgan tizimga inersiya kuchlari kiritilsa, tizim shartli ravishda muvozanat holatida deb qaraladi. Natijada harakat tenglamalarini tuzishda virtual ish prinsipi, umumlashgan koordinatalar va Lagranj tenglamalaridan samarali foydalanish mumkin bo'ladi. Maqolada Dalamber prinsipining mazmuni, matematik ifodasi, mexanik tizimlarga tatbiqi, tebranishlar nazariyasi va muhandislik amaliyotidagi o'zni batafsil yoritiladi.

Kalit so'zlar: Dalamber prinsipi, mexanik tizim, dinamika, inersiya kuchi, virtual ish, ideal bog'lanish, Lagranj tenglamalari, umumlashgan koordinata, dinamik muvozanat, tebranishlar.

Kirish

Mexanika fanining asosiy vazifalaridan biri jismlarning harakatini, bu harakatga sabab bo'luvchi kuchlarni va ular orasidagi bog'lanishlarni o'rganishdan iborat. Klassik mexanikada jismlar harakati, asosan, Nyuton qonunlari yordamida tushuntiriladi. Ayniqsa, Nyutonning ikkinchi qonuni dinamikaning eng muhim qonunlaridan biri hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, jismga ta'sir etuvchi natijaviy kuch jism massasi bilan uning tezlanishi ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$F = ma$$

bu yerda F — jismga ta'sir etuvchi kuch, m — jism massasi, a — jism tezlanishi.

Amaliy mexanik tizimlar ko'pincha bitta erkin jismdan emas, balki bir-biri bilan bog'langan bir nechta jismlardan tashkil topadi. Masalan, mashina mexanizmlari, robot qurilmalari, krivoshipshatunli mexanizmlar, ko'tarish moslamalari, avtomobil osma tizimlari va tebranuvchi konstruksiyalar murakkab mexanik tizimlarga kiradi. Bunday tizimlarda harakat tenglamalarini

tuzishda faqat tashqi kuchlarni emas, balki bog‘lanish reaksiyalari, ichki kuchlar, inersiya kuchlari va cheklov shartlarini ham hisobga olish talab etiladi.

Dalamber prinsipi aynan shunday murakkab dinamik masalalarni soddalashtirishda muhim ahamiyatga ega. U dinamik masalani statik masalaga o‘xshash shaklda tahlil qilish imkonini beradi. Bunda harakatlanayotgan jism yoki tizimga inersiya kuchlari kiritiladi va tizim shartli muvozanat holatida deb qaraladi.

Dalamber prinsipining mazmuni

Dalamber prinsipi fransuz olimi Jan le Ron Dalamber nomi bilan bog‘liq bo‘lib, u mexanik tizimlar harakatini tahlil qilishda dinamikani statika tamoyillari bilan bog‘lash imkonini beradi. Mazkur prinsipga ko‘ra, agar harakatlanayotgan jismga haqiqiy kuchlar bilan birga inersiya kuchi ham kiritilsa, jismni shartli muvozanat holatida deb qarash mumkin.

Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagicha yoziladi:

$$F = ma$$

Ushbu tenglamani quyidagi shaklga keltirish mumkin:

$$F - ma = 0$$

Bu yerda $-ma$ had inersiya kuchi sifatida talqin qilinadi. Inersiya kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$F_i = -ma$$

Demak, jismga ta’sir etuvchi haqiqiy kuch bilan inersiya kuchining yig‘indisi nolga teng bo‘ladi:

$$F + F_i = 0$$

Bu ifoda Dalamber prinsipining eng sodda matematik ko‘rinishidir. Uning mazmuni shundan iboratki, harakatlanayotgan jismga inersiya kuchi qo‘shib qaralganda, u go‘yoki muvozanat holatida turgandek tahlil qilinadi. Shuning uchun Dalamber prinsipi ko‘pincha dinamik muvozanat prinsipi deb ham ataladi.

Mexanik tizimlar uchun Dalamber prinsipining umumiy ifodasi

Agar mexanik tizim bir nechta moddiy nuqtalardan tashkil topgan bo‘lsa, har bir nuqta uchun alohida harakat tenglamasi yoziladi. Faraz qilaylik, tizim n ta moddiy nuqtadan iborat bo‘lsin. Har

bir nuqtaning massasi m_i , tezlanishi a_i , unga ta'sir etuvchi kuch esa F_i bilan belgilanadi. Bunda har bir nuqta uchun quyidagi tenglama yoziladi:

$$F_i = m_i a_i$$

Dalamber prinsipiga ko'ra, bu tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F_i - m_i a_i = 0$$

Butun tizim uchun umumiy ifoda quyidagicha yoziladi:

$$\sum_{i=1}^n (F_i - m_i a_i) = 0$$

Bu formula mexanik tizimdagi barcha nuqtalarga ta'sir etuvchi kuchlar va inersiya kuchlari yig'indisi shartli muvozanat holatida qaralishini bildiradi.

Agar tizim bog'lanishlar bilan cheklangan bo'lsa, Dalamber prinsipi virtual ko'chishlar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\sum_{i=1}^n (F_i - m_i a_i) \delta r_i = 0$$

bu yerda δr_i — i -nuqta uchun mumkin bo'lgan virtual ko'chish, F_i — ta'sir etuvchi haqiqiy kuch, $m_i a_i$ — inersiya hadi, n — tizimdagi moddiy nuqtalar soni. Ushbu ifoda Dalamber-Lagranj prinsipi deb ham yuritiladi.

Inersiya kuchining fizik mazmuni

Inersiya kuchi Dalamber prinsipining asosiy tushunchalaridan biridir. Inersiya kuchi haqiqiy jism yoki maydon tomonidan hosil qilinadigan kuch emas, balki tezlanishli harakatni muvozanat shaklida ifodalash uchun kiritiladigan shartli kuchdir.

Inersiya kuchi har doim jism tezlanishiga qarama-qarshi yo'naladi. Agar jism oldinga tezlanayotgan bo'lsa, inersiya kuchi unga qarama-qarshi yo'nalishda deb qaraladi. Bu holatni kundalik hayotda ham kuzatish mumkin. Masalan, avtomobil birdan harakatlana boshlaganda yo'lovchi orqaga tortilgandek bo'ladi. Aslida yo'lovchiga orqaga yo'nalgan real kuch ta'sir qilmaydi, balki uning tanasi avvalgi tinch holatini saqlashga intiladi.

Shu jihatdan inersiya kuchi harakatni matematik tahlil qilishda qulay vosita vazifasini bajaradi. Dalamber prinsipida aynan shu inersiya ta'siri kuch shaklida ifodalanib, harakatdagi jism muvozanat holatida deb qaraladi.

Dinamikani statika bilan bog'lashdagi ahamiyati

Dalamber prinsipining eng muhim jihati shundaki, u dinamik masalalarni statika usullari yordamida tahlil qilish imkonini beradi. Statikada jism muvozanatda bo'lishi uchun kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$\sum F = 0$$

Dinamikada esa jism tezlanish bilan harakatlanadi. Shuning uchun kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lmaydi, balki massa bilan tezlanish ko'paytmasiga teng bo'ladi. Dalamber prinsipida esa inersiya kuchi kiritilib, dinamik muvozanat sharti hosil qilinadi:

$$\sum F + \sum F_i = 0$$

bu yerda $\sum F$ — haqiqiy kuchlar yig'indisi, $\sum F_i$ — inersiya kuchlari yig'indisi. Agar jism aylanma harakat qilayotgan bo'lsa, kuch momentlari ham hisobga olinadi. Bunda quyidagi tenglama yoziladi:

$$\sum M - I\varepsilon = 0$$

bu yerda $\sum M$ — kuch momentlari yig'indisi, I — jismning inersiya momenti, ε — burchak tezlanish.

Bu formula aylanma harakatdagi jism uchun Dalamber prinsipining ifodasidir. U orqali aylanma harakatdagi tizimlar ham dinamik muvozanat asosida tahlil qilinadi.

Virtual ish prinsipi bilan bog'liqligi

Dalamber prinsipi virtual ish prinsipi bilan bevosita bog'liq. Virtual ish prinsipi statikada muvozanat shartini aniqlashda qo'llaniladi. Unga ko'ra, agar tizim muvozanatda bo'lsa, barcha faol kuchlarning mumkin bo'lgan virtual ko'chishlardagi umumiy ishi nolga teng bo'ladi. Statik holat uchun virtual ish prinsipi quyidagicha yoziladi:

$$\sum F_i \delta r_i = 0$$

Dalamber prinsipida esa haqiqiy kuchlar bilan bir qatorda inersiya kuchlari ham hisobga olinadi:

$$\sum (F_i + F_{in,i}) \delta r_i = 0$$

Inersiya kuchi $F_{in,i} = -m_i a_i$ ekanligini hisobga olsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\sum (F_i - m_i a_i) \delta r_i = 0$$

Bu formula shuni anglatadiki, dinamik harakatni ham virtual ishlar yordamida tahlil qilish mumkin. Aynan shu yondashuv analitik mexanikada Lagranj tenglamalarining shakllanishiga asos bo'lgan.

Dalamber prinsipi va Lagranj tenglamalari

Dalamber prinsipi Lagranj tenglamalarini hosil qilishda muhim nazariy asos hisoblanadi. Lagranj mexanikasida tizimning harakati umumlashgan koordinatalar orqali ifodalanadi. Bu usul, ayniqsa, ko'p bog'lanishli va murakkab mexanik tizimlar uchun juda qulaydir.

Agar tizimning holati quyidagi umumlashgan koordinatalar orqali aniqlansa:

$$q_1, q_2, \dots, q_s$$

unda tizimning kinetik energiyasi T , potensial energiyasi esa V bilan belgilanadi. Lagranj funksiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$L = T - V$$

Lagranj tenglamalari esa quyidagi umumiy ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = Q_j$$

bu yerda L — Lagranj funksiyasi, T — kinetik energiya, V — potensial energiya, q_j — umumlashgan koordinata, \dot{q}_j — umumlashgan tezlik, Q_j — umumlashgan kuch.

Lagranj tenglamalari Dalamber prinsipining umumlashtirilgan shakli hisoblanadi. Ular yordamida murakkab mexanik tizimlarning harakat tenglamalarini bog'lanish reaksiyalarini bevosita topmasdan tuzish mumkin. Masalan, oddiy mayatnikning harakatini Nyuton tenglamalari orqali tahlil qilishda ip taranglik kuchini ham hisobga olishga to'g'ri keladi. Lagranj yondashuvida esa umumlashgan koordinata sifatida faqat burchak tanlanadi va ip taranglik kuchi tenglamaga kiritilmaydi. Natijada masala ancha ixcham shaklda yechiladi.

Muhandislik amaliyotida Dalamber prinsipining qo'llanilishi

Dalamber prinsipi muhandislik amaliyotida keng qo'llaniladi. Mashina va mexanizmlarni loyihalashda harakatlanuvchi qismlarga ta'sir etuvchi kuchlar, momentlar, tezlanishlar va inersiya ta'sirlarini aniqlash zarur bo'ladi. Bunday jarayonlarda Dalamber prinsipi hisoblashlarni soddalashtiradi.

Masalan, krivoship-shatunli mexanizmida porshen ilgarilanma harakat qiladi, shatun murakkab harakatda bo'ladi, krivoship esa aylanadi. Bunday tizimda har bir bo'g'inning harakatini Nyuton qonunlari asosida alohida tahlil qilish murakkab. Dalamber prinsipidan foydalanilganda esa har bir bo'g'inga inersiya kuchi va inersiya momenti kiritilib, tizim dinamik muvozanat holatida tekshiriladi.

Robototexnikada ham mazkur prinsip muhim ahamiyatga ega. Robot manipulyatorlarining bo'g'inlari turli tezlik va tezlanishlar bilan harakat qiladi. Bu jarayonda inersiya kuchlari va momentlarini hisobga olmasdan robotning aniq va barqaror harakatini ta'minlash qiyin.

Avtomobil osma tizimlari, ko'tarish mexanizmlari, sanoat robotlari, stanoklar, tebranuvchi qurilmalar va qurilish konstruksiyalarining dinamik tahlilida ham Dalamber prinsipidan foydalaniladi.

Tebranishlar nazariyasida Dalamber prinsipining o'rni

Tebranishlar nazariyasida Dalamber prinsipi alohida ahamiyatga ega. Har qanday tebranuvchi tizimda elastiklik kuchi, qarshilik kuchi va inersiya kuchi mavjud bo'ladi. Masalan, prujinaga osilgan massaning erkin tebranishida prujina elastiklik kuchi va inersiya kuchi o'zaro ta'sirlashadi.

Agar massa m , prujina qattiqligi k , siljish x bo'lsa, erkin tebranish tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

bu yerda m — massa, x — siljish, \ddot{x} — tezlanish, k — prujina qattiqligi.

Dalamber prinsipiga ko'ra ushbu tenglama quyidagicha izohlanadi:

$$-kx - m\ddot{x} = 0$$

Bu yerda $-kx$ elastiklik kuchini, $-m\ddot{x}$ esa inersiya kuchini bildiradi. Demak, tebranuvchi tizimlarda Dalamber prinsipi yordamida kuchlar dinamik muvozanat shaklida qaraladi.

Agar tizimda qarshilik kuchi ham mavjud bo'lsa, tebranish tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

bu yerda c — qarshilik koeffitsiyenti, \dot{x} — tezlik, $c\dot{x}$ — qarshilik kuchi.

Bu formula so'navchi tebranishlarni ifodalaydi. Bunday tenglamalar mashina detallarining tebranishini, avtomobil osma tizimlarini, bino va ko'priklarning dinamik barqarorligini tahlil qilishda ishlatiladi.

Dalamber prinsipining afzalliklari

Dalamber prinsipining birinchi afzalligi shundaki, u dinamik masalalarni statika masalalariga yaqinlashtiradi. Bu esa murakkab mexanik tizimlarni tahlil qilishni ancha qulaylashtiradi.

Ikkinchidan, ushbu prinsip ideal bog'lanishli tizimlarda bog'lanish reaksiyalarini bevosita aniqlamasdan harakat tenglamalarini tuzish imkonini beradi. Uchinchidan, Dalamber prinsipi umumlashgan koordinatalardan foydalanishga asos yaratadi. Bu esa Lagranj mexanikasining rivojlanishi uchun muhim nazariy poydevor hisoblanadi.

To'rtinchidan, prinsip real muhandislik masalalarida qo'llash uchun qulaydir. U mashinasozlik, robototexnika, qurilish mexanikasi, transport dinamikasi va tebranishlar nazariyasida keng ishlatiladi. Beshinchidan, u mexanik tizimlarning matematik modelini tuzishda aniq va ixcham yondashuv beradi.

Dalamber prinsipining cheklanishlari

Dalamber prinsipini qo'llashda ayrim cheklanishlarni ham hisobga olish zarur. Avvalo, inersiya kuchi haqiqiy fizik kuch emas, balki hisoblashni qulaylashtirish uchun kiritiladigan shartli kuchdir. Shu sababli uni real kuch sifatida talqin qilish noto'g'ri bo'ladi.

Ikkinchidan, tizimdagi bog'lanishlar ideal bo'lmasa, bog'lanish reaksiyalarining virtual ishi nolga teng bo'lmasligi mumkin. Bunday holatda ishqalanish, qarshilik va boshqa noideal kuchlarni alohida hisobga olish zarur.

Uchinchidan, juda yuqori tezliklarda, deformatsiyalanuvchi jismlar dinamikasida yoki suyuqlik va gazlar bilan bog‘liq murakkab tizimlarda klassik Dalamber prinsipi yetarli bo‘lmashligi mumkin. Bunday holatlarda qo‘shimcha nazariyalar va murakkab matematik modellar talab etiladi.

Xulosa

Dalamber prinsipi mexanik tizimlar dinamikasida muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega. U harakatdagi tizimlarni inersiya kuchlari yordamida shartli muvozanat holatida qarash imkonini beradi. Shu sababli mazkur prinsip dinamika va statika o‘rtasida bog‘lovchi vosita vazifasini bajaradi.

Mazkur prinsipning asosiy afzalligi shundaki, u murakkab mexanik tizimlarning harakat tenglamalarini soddaroq va ixcham shaklda tuzishga yordam beradi. Ayniqsa, ideal bog‘lanishli tizimlarda bog‘lanish reaksiyalarini bevosita aniqlamasdan tenglamalar tuzish imkoniyati muhim ahamiyatga ega.

Ushbu prinsip virtual ishlar prinsipi va Lagranj tenglamalari bilan uzviy bog‘liq. Shu bois Dalamber prinsipi analitik mexanikaning asosiy tushunchalaridan biri hisoblanadi. Muhandislik amaliyotida esa u mashina va mexanizmlar harakatini tahlil qilish, robototexnika tizimlarini modellashtirish, tebranishlarni hisoblash, transport vositalari va qurilish konstruksiyalarining dinamik barqarorligini aniqlashda keng qo‘llaniladi.

Demak, Dalamber prinsipi mexanik tizimlar dinamikasini chuqur tushunish, murakkab harakat jarayonlarini matematik ifodalash va real texnik masalalarni samarali yechishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Goldstein H., Poole C., Safko J. Classical Mechanics. — New York: Addison Wesley, 2002.
2. Landau L.D., Lifshitz E.M. Mechanics. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 1976.
3. Arnold V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics. — New York: Springer, 1989.
4. Lanczos C. The Variational Principles of Mechanics. — Toronto: University of Toronto Press, 1970.
5. Targ S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki. — Moskva: Vysshaya shkola, 2010.

6. Butenin N.V., Lunts Ya.L., Merkin D.R. Kurs teoreticheskoy mekhaniki. — Moskva: Nauka, 1985.
7. Yablonskiy A.A., Nikiforova V.M. Kurs teoreticheskoy mekhaniki. — Moskva: Vysshaya shkola, 2002.