

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY
UNIVERSITETINING JIZZAX FILIALI**



KOMPYUTER ILMLARI VA MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALARI
mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami
2026-yil 25-26-sentabr

(1-qism)

JIZZAX-2026

Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari. Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami – Jizzax: O'zMU Jizzax filiali, 2026-yil 25-26-sentabr. 507-bet.

Xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman materiallarida zamonaviy kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari sohasidagi innovatsion tadqiqotlar aks etgan.

Globalashuv sharoitida davlatimizni yanada barqaror va jadal sur'atlar bilan rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan islohotlar samarasini yaxshilash sohasidagi ilmiy-tadqiqot ishlariga alohida e'tibor qaratilgan. Zero iqtisodiyotning, ijtimoiy sohalarni qamrab olgan modernizatsiya jarayonlari, hayotning barcha sohalarini liberallashtirishni talab qilmoqda.

Ushbu ilmiy ma'ruza tezislari to'plamida mamlakatimiz va xorijlik turli yo'nalishlarda faoliyat olib borayotgan mutaxassislar, olimlar, professor-o'qituvchilar, ilmiy tadqiqot institutlari va markazlarining ilmiy xodimlari, tadqiqotchilari, magistr va talabalarining ilmiy-tadqiqot ishlari natijalari mujassamlashgan.

Mas'ul muharrirlar: DSc.prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M.

Tahrir hay'ati a'zolari: p.f.d.(DSc), prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M., t.f.f.d.(PhD), prof. Abduraxmanov R.A., p.f.f.d.(PhD) Eshankulov B.S., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., p.f.n., dots. Alimov N.N., p.f.f.d.(PhD), dots. Alibayev S.X., t.f.f.d.(PhD), dots. Abdumalikov A.A., p.f.f.d.(PhD) Hafizov E.A., f.f.f.d.(PhD) dots., Norbekova B.Sh. p.f.f.d.(PhD) dots. Sindorov L.K., t.f.f.d.(PhD), dots. Nasirov B.U., b.f.f.d. (PhD) O'ralov A.I., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., t.f.f.d.(PhD) Kuvandikov J.T., i.f.n., dots. Tsoy M.P., Sharipova S.F., Jo'rayev M.M.

Mazkur to'plamga kiritilgan ma'ruza tezislarining mazmuni, undagi statistik ma'lumotlar va me'yoriy hujjatlarning to'g'riligi hamda tanqidiy fikr-mulohazalar, keltirilgan takliflarga mualliflarning o'zlari mas'uldirlar.

kengayishiga olib kelishini ko'rsatdi. Olingan natijalar matematik kutilishni statistik baholashning aniqligini tahlil qilishda qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.- М.: Высшая школа, 2003. — 479 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. -М.: КНОРУС, 2010. — 480 с.
3. Боровков А.А. Математическая статистика. - М.: Наука, 1984. — 472 с.
4. S.X.Abduxakimov, A. Shamshiyev, M G'. Abduxakimova. Ehtimollar nazariyasidan misol va masalalar to'plami:o'quv qo'llanma / Nukus: Tafakkur Tamaddum, 2026.-225 b.

OQIM OPERATORLARI VA ULARNING XOSSALARI

Amaliy matematika magistranti **Sodiqova Vazira**

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali

sodiqovavazira3@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tezisdan dinamik tizimlar nazariyasining muhim tushunchalaridan biri bo'lgan oqim operatorlari va ularning asosiy matematik xossalari ko'rib chiqiladi. Oqim tushunchasi, unga mos keluvchi evolyutsiya operatori, Koopman va Perron–Frobenius operatorlari ta'riflanadi. Operatorlarning yarim guruh xossasi, chiziqliligi, uzluksizligi, chegaralanganligi hamda infinitezimal generatori bilan bog'liq xossalari tahlil qilinadi. Shuningdek, oqim operatorlari nazariyasining zamonaviy ma'lumotlarga asoslangan dinamik tizimlarni tahlil qilish usullaridagi ahamiyati ko'rsatib o'tiladi.

Kalit so'zlar: oqim, dinamik tizim, evolyutsiya operatori, yarim guruh, Koopman operatori, Perron–Frobenius operatori, generator, spektr.

Kirish. Dinamik tizimlar nazariyasi zamonaviy matematika va uning tabiiy fanlar, muhandislik, iqtisodiyot hamda sun'iy intellekt sohalaridagi tatbiqlarida markaziy o'rin egallaydi. Ko'pgina real jarayonlar — suyuqlik oqimi, mexanik tizimlarning harakati, populyatsiya dinamikasi, iqtisodiy jarayonlar — vaqt bo'yicha o'zgaruvchi holat fazosidagi nuqtalarning harakati sifatida modellashtiriladi. Bunday harakatni tavsiflovchi asosiy matematik ob'ekt oqim (flow) deb ataladi. Oqim bilan bog'liq bo'lgan chiziqli operatorlar — oqim operatorlari — tizim holatining vaqt bo'yicha evolyutsiyasini funksional fazolarda chiziqli tarzda ifodalash imkonini beradi, bu esa nochiziqli tizimlarni chiziqli operatorlar apparati yordamida tahlil qilishga yo'l ochadi [1].

Oqim tushunchasi. Faraz qilaylik, X — holat fazosi (masalan, $X \subset \mathbb{R}^n$ yoki umumiy metrik fazo) bo'lsin. X fazodagi oqim deb quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi $\varphi: \mathbb{R} \times X \rightarrow X$ akslantirishga aytiladi:

- 1) $\varphi(0, x) = x$ barcha $x \in X$ uchun (boshlang'ich shart);
- 2) $\varphi(t + s, x) = \varphi(t, \varphi(s, x))$ barcha $t, s \in \mathbb{R}$ va $x \in X$ uchun (guruh xossasi).

Odatda oqim biror avtonom differensial tenglamalar sistemasi $\dot{x} = f(x)$ ning yechimlari orqali hosil qilinadi: $\varphi(t, x_0)$ shu tenglamaning $x(0) = x_0$ boshlang'ich shartli yechimi bo'ladi. Agar f funksiya yetarlicha silliq (masalan, lokal Lipshtits) bo'lsa, Piko–Lindelyof teoremasiga ko'ra bunday yechim yagona bo'ladi va u lokal oqimni aniqlaydi [2].

Oqim operatorlari ta'rifi. Oqimning o'zi holat fazosidagi nuqtalarni harakatlantiradi, biroq ko'pgina tatbiqlarda holat fazosida aniqlangan funksiyalar fazosida ishlash qulayroqdir. Shu maqsadda quyidagi ikkita asosiy operator kiritiladi.

1. Evolyutsiya (o'tish) operatori. Har bir $t \in \mathbb{R}$ uchun $U(t): X \rightarrow X$ operator $U(t)x = \varphi(t, x)$ tenglik bilan aniqlanadi. Bu — holat fazosidagi nuqtalarni bevosita harakatlantiruvchi operator.

2. Koopman operatori. $F \subset X$ da aniqlangan (masalan, uzluksiz yoki kvadrat bilan integrallanuvchi) funksiyalar fazosi bo'lsin. Har bir t uchun Koopman operatori $K^t: F \rightarrow F$ quyidagicha aniqlanadi:

$$(K^t g)(x) = g(\varphi(t, x)), \quad g \in F.$$

Muhim jihati shundaki, agar φ oqimi (va demak $U(t)$ operatori) nochiziqli bo'lsa ham, Koopman operatori K^t har doim chiziqli operator bo'ladi, chunki u funksiyalar ustida kompozitsiya orqali harakat qiladi. Bu xossa Koopman operatorlari nazariyasining asosiy afzalligi hisoblanadi [3].

3. Perron–Frobenius (transfer) operatori. Koopman operatoriga qo'shma (dual) operator sifatida Perron–Frobenius operatori P^t kiritiladi, u fazodagi ehtimollik zichliklari yoki o'lchovlarning oqim ta'sirida qanday o'zgarishini tavsiflaydi va ergodik nazariyada muhim rol o'ynaydi.

Oqim operatorlarining asosiy xossalari. Yuqorida kiritilgan $\{U(t)\}$, $\{K^t\}$ operatorlar oilalari quyidagi umumiy xossalarga ega:

1) Yarim guruh (semigroup) xossasi. Ixtiyoriy $t, s \in \mathbb{R}$ uchun $U(t+s) = U(t) \circ U(s) = U(s) \circ U(t)$ va $U(0) = I$ (ayniy operator) o'rinli. Agar t faqat manfiy bo'lmagan qiymatlarni qabul qilsa ($t \geq 0$), bunday operatorlar oilasi bir parametrli yarim guruh deyiladi; agar $t \in \mathbb{R}$ bo'lsa va har bir $U(t)$ teskarilanuvchi bo'lsa ($U(t)^{-1} = U(-t)$), u holda bu bir parametrli guruh hosil qiladi [1].

2) Chiziqlilik. Koopman operatori K^t funksiyalar fazosida chiziqli operator bo'lib, ixtiyoriy $g_1, g_2 \in F$ va α, β skalyarlar uchun $K^t(\alpha g_1 + \beta g_2) = \alpha K^t g_1 + \beta K^t g_2$ tengligi bajariladi. Bu xossa nochiziqli dinamik tizimlarni funksional analiz va chiziqli operatorlar spektral nazariyasi yordamida o'rganishga imkon beradi.

3) Uzluksizlik. Agar $\varphi(t, x)$ x va t bo'yicha uzluksiz bo'lsa, $\{U(t)\}$ yarim guruhi kuchli uzluksiz (strongly continuous, C_0 -yarim guruh) bo'ladi, ya'ni ixtiyoriy $x \in X$ uchun $\lim_{t \rightarrow 0} U(t)x = x$. Bu xossa yarim guruhlar nazariyasining Xille–Yosida teoremasi orqali ularning infinitezimal generatori bilan bog'liq holda tahlil qilinishiga zamin yaratadi [2].

4) Chegaralanganlik va qisqartiruvchanlik. Ko'p muhim tatbiqlarda (masalan, issiqlik tarqalishi tenglamasi, diffuziya jarayonlari) $U(t)$ operatorlar oilasi qisqartiruvchi (kontraktsiyalovchi) yarim guruh, ya'ni $\|U(t)\| \leq 1$ shartini

qanoatlantiradi. Bu xossa yechimning barqarorligi va energiya kamayib borishini ta'minlaydi.

5) Infinitesimal generator. $\{U(t)\}$ yarim guruhiga mos A generator quyidagicha aniqlanadi:

$$Ag = \lim_{t \rightarrow 0^+} [U(t)g - g] / t$$

bu limit mavjud bo'lgan g elementlar to'plamida. Xille–Yosida teoremasiga ko'ra A generatorining spektral xossalari (rezolventasining chegaralanganligi) yarim guruhning mavjudligi va yagonaligini to'liq aniqlaydi. Fizik jihatdan A generator tizimning “lokal” evolyutsiya qonunini, $U(t)$ esa uning “global” (integral) yechimini ifodalaydi.

6) Spektral xossalari. Koopman operatorining xos funksiyalari va xos qiymatlari tizimning invariant tuzilmalari (invariant to'plamlar, davriy traektoriyalar, attraktorlar) haqida muhim ma'lumot beradi. Xususan, $K^t\varphi = e^{(\lambda t)}\varphi$ shartini qanoatlantiruvchi φ Koopman xos funksiyasi tizimning modal parchalanishini aniqlashda ishlatiladi [3].

Misollar. 1) Chiziqli tizim $\dot{x} = Ax$ (A — o'zgarmas matritsa) uchun oqim $\varphi(t, x) = e^{(At)}x$ ko'rinishida bo'lib, mos $U(t) = e^{(At)}$ operatori matritsali eksponenta orqali aniqlanadi va bu yarim guruhning eng oddiy misolidir. 2) Issiqlik tarqalishi tenglamasi $\partial u / \partial t = \Delta u$ uchun $U(t) = e^{(t\Delta)}$ issiqlik yarim guruhi qisqartiruvchi va analitik yarim guruh bo'lib, dissipativ jarayonlarni tavsiflaydi. 3) Xemilton tizimlarida faza hajmini saqlovchi oqim uchun mos Koopman operatori unitar operator bo'ladi, bu esa Liuvill teoremasining operator tilidagi ifodasidir.

Qo'llanilishi. So'nggi yillarda Koopman operatori nazariyasi ma'lumotlarga asoslangan dinamik tizimlarni tahlil qilishning kuchli vositasiga aylandi. Xususan, Dinamik Rejim Dekompozitsiyasi (Dynamic Mode Decomposition, DMD) usuli Koopman operatorining chekli o'lchamli chiziqli yaqinlashuvini kuzatuv ma'lumotlaridan taxmin qilishga asoslangan bo'lib, suyuqlik dinamikasi, nazorat nazariyasi, neyrofiziologiya va moliyaviy vaqt qatorlarini tahlil qilishda keng qo'llaniladi [3]. Bundan tashqari, oqim operatorlari apparati boshqarish nazariyasida barqarorlikni tahlil qilish, robototexnikada harakatni rejalashtirish hamda iqlim modellarida uzoq muddatli xulq-atvorni bashorat qilishda muhim rol o'ynaydi.

Xulosa. Oqim operatorlari nazariyasi dinamik tizimlarning geometrik-topologik xususiyatlarini funksional analiz tili orqali ifodalash imkonini beruvchi kuchli matematik vositadir. Evolyutsiya operatorining yarim guruh xossasi, Koopman operatorining chiziqliligi, hamda infinitesimal generator tushunchasi tizimlarning nazariy tahlili bilan bir qatorda amaliy, ma'lumotga asoslangan modellashtirish usullarining rivojlanishiga ham asos bo'lib xizmat qilmoqda. Kelgusi tadqiqotlar sifat jihatidan nochiziqli tizimlarda operatorlarning spektral tuzilmasini chuqurroq o'rganishga qaratilishi maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Katok A., Hasselblatt B. Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems. — Cambridge University Press, 1995.
2. Engel K.-J., Nagel R. One-Parameter Semigroups for Linear Evolution Equations. — Springer, 2000.

3. Brunton S. L., Kutz J. N. Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. — Cambridge University Press, 2019.

4. Lasota A., Mackey M. C. Chaos, Fractals, and Noise: Stochastic Aspects of Dynamics. — Springer, 1994.

ЯРИМ ТЕКИСЛИКДА ЎРНАТИЛГАН ҚОВУШОҚ ЭЛАСТИК ҚАТЛАМДА ТЎЛҚИН ТАРҚАЛИШИ

¹Сафаров И.И., ¹Каримов И.М., ¹Ўролов Ў.А., ¹Юлдошева О.О.

¹Тошкент кимё-технология институти legolas0810@mail.ru

Аннотация: Ушбу тезисда ярим текисликдаги қатлам ёки плита динамикаси масалалари, қовушоқ-эластик хоссага эга бўлган қатламли конструкцияларда тўлқин тарқалиш жараёнлари тадқиқ этилган. Ҳаракат дифференциал тенгламалари келтирилиб, гармоник тебранишлар ва хос интеграл усуллари ёрдамида ечиш услубияти баён қилинган.

Калит сўзлар: қовушоқ-эластиклик, қатлам, плита, тўлқин тарқалиши, гармоник тебраниш, Ҳанкел интеграл алмаштириши, частота, дисперсия.

Ярим текисликдаги қатлам ёки плита динамикаси масалалари техникада кенг қўлланилади [2, 5]. Шунинг учун бундай масалаларни ўрганиш жуда долзарб бўлган масалалар соҳасини ифодалайди [2]. Қатламли асос энг аввало, қатламдаги қатламли конструкцияларини бевосита қўллаш системасини ташкил этади [2, 6]. Юқорида келтирилганлардан келиб чиқадики, йўл қопламалари конструкциясининг турли хил динамик бикрлик ва динамик таъсир ҳолатларини акс эттирадиган физик модель амалий аҳамиятга эга бўлади [2].

Бир неча йил давомида магистрал йўл конструкцияларида динамик диагностика усуллари ёрдамида олинган кўплаб тажриба маълумотларига таяниб, ишчи гипотезани шакллантириш мумкин: мос физик модель бўлиб, нефтьгаздаги эквивалент қатлам хизмат қилиши мумкин, умумий динамик бикрлик ва конструкция ишининг турли ҳолатларини акс эттира олади [2].

Агар қатламнинг эркин сирти $M(t) = Me^{i\Omega t}$ буралувчи гармоник ўзгарувчи момент билан силжитувчи кучланишларнинг чизиқли тақсимооти бўйича доиравий текисликда юкланганда, тегишли ҳаракат тенгламаси, Ҳанкел интеграл алмаштириши қўлланилиб эркин сирт ҳамда қатлам ва ярим фаза чегарасидаги чегаравий шартлар бажарилгандан сўнг, тангенциал кўчишлар u_s кўйидаги кўринишда олинди [1, 3]:

$$u_s = \frac{2Me^{i\Omega t}}{\pi a^2 G} \int_0^\infty H_i J_1(\eta) J_1\left(\frac{r}{h}\eta\right) d\eta \quad (1)$$

$$\text{бу ерда: } H_i = \frac{\varepsilon(A_i^* e^{\xi_i^* \frac{z}{h}} - B_i^* e^{-\xi_i^* \frac{z}{h}})}{(1+i\delta)_i(A_i^* + B_i^*)}, \quad H_i^* = \frac{\varepsilon(A_i^* e^{\xi_i^* \frac{z}{h}} + B_i^* e^{-\xi_i^* \frac{z}{h}})}{(1+i\delta)_i(A_i^* + B_i^*)} \quad [1];$$