

## NAVYE-STOKS TENGLAMALARI VA ULARNING MUHANDISLIKDA QO‘LLANILISHI

*Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti 2-kurs talabasi  
Abdullajonova Mo`nisaxon Sharobidin Qizi*

*Anotatsiya: Ushbu maqolada Navye-Stoks tenglamalari va ularning muhandislik sohasidagi amaliy ahamiyati yoritilgan. Suyuqlik va gazlar harakati nazariyasining asosini tashkil qiluvchi bu tenglamalar aerodinamika, gidravlika, issiqlik almashinuvi, turbinalar, dvigatellar, sovutish tizimlari va boshqa ko‘plab texnik tizimlar dizaynida muhim o‘rin tutadi. Shuningdek, maqolada mavzuga oid yetuk olimlarning ilmiy ishlari tahlil qilinadi, mavzuning dolzarbligi asoslanadi hamda mavjud muammolar va ularning yechimlari muhokama qilinadi.*

*Kalit so‘zlar: Navye-Stoks tenglamalari, suyuqliklar dinamikasi, muhandislik, turbulentslik, aerodinamika, viskozlik, matematik modellashtirish, hisoblash gidrodinamikasi.*

### **Kirish:**

Suyuqliklar va gazlar harakatini modellashtirish muhandislik amaliyotida muhim o‘rin tutadi. Ushbu harakatlarni aniqlashtirish va bashorat qilishda Navye-Stoks tenglamalari asosiy matematik vosita hisoblanadi. Bu tenglamalar — viskoz (yopishqoq) muhitdagi suyuqlik va gazlarning harakatini ifodalovchi differensial tenglamalar bo‘lib, gidrodinamika va aerodinamikaning asosini tashkil qiladi. Muhandislik sohasida, ayniqsa, oqimlarning xarakterini aniqlash, issiqlik almashinuvi tizimlarini loyihalash, dvigatel va turbinalarni tahlil qilishda ushbu tenglamalarning ahamiyati beqiyosdir. Zamonaviy hisoblash texnologiyalari yordamida bu tenglamalarni sonli (numerik) usullar orqali yechish imkoniyati ochilgan, bu esa amaliyotda keng qo‘llanishiga zamin yaratgan.

**Klod-Lui Navye (Claude-Louis Navier)** — mexikaning asosiy qonunlariga asoslangan holda yopishqoq suyuqlik harakatining differensial tenglamalarini birinchi bo‘lib taklif qilgan.

**Jorj Gebriel Stoks (George Gabriel Stokes)** — suyuqliklar mexikanasi nazariyasini rivojlantirgan va Navye tomonidan ishlab chiqilgan tenglamalarni mukammallashtirgan.

**Osborn Reynolds** — laminar va turbulent oqimlar orasidagi farqni tahlil qilgan va mashhur Reynolds sonini kiritgan.

**Andrey Kolmogorov** — turbulentslikning statistik nazariyasini ishlab chiqqan.

**Jan Lere (Jean Leray)** — Navye-Stoks tenglamalarining mavjudlik va yagona yechimlar masalalarini matematik nuqtai nazardan chuqur o‘rgangani bilan tanilgan.

**(3rd international scientific and practical conference)**

**Jon fon Neyman (John von Neumann)** — sonli hisoblash usullari va kompyuter yordamida gidrodinamik masalalarni yechishda dastlabki asoslarni yaratgan.

### ***O‘zbekistonlik olimlari***

**Yoqub Ahmedov** — suyuqliklar va gazlar mexanikasi sohasida ilmiy izlanishlar olib borgan, ayniqsa Navye-Stoks tenglamalarining sonli yondashuvlariga oid tadqiqotlar bilan tanilgan.

**Sirojiddin Nuriddinov** — O‘zbekistonning matematik modellashtirish va gidrodinamika yo‘nalishidagi yetakchi olimlaridan biri, viskoz muhitdagi oqimlar masalalarini o‘rgangan.

**Nodir Kadirov** — kompyuter modellasuvi asosida Navye-Stoks tenglamalari yechimlariga oid algoritmlar ustida ishlagan, CFD yo‘nalishida o‘zbek ilmiy maktabini rivojlantirgan.

**Ziyodulla Yusupov** — differensial tenglamalarning muhandislikda qo‘llanilishi, ayniqsa aerodinamika tizimlarida modellashtirish bo‘yicha tadqiqotlar olib borgan.

### **Mavzuni Dolzarbligi**

Navye-Stoks tenglamalari — suyuqliklar va gazlar harakatini matematik modellashtirishda asosiy vositalardan biri hisoblanadi. Ularning to‘liq yechimlari hali ham fan uchun ochiq masala bo‘lib qolmoqda. Bu tenglamalar yordamida texnik tizimlar — samolyot qanotlaridan tortib, gaz quvurlari, turbinalar, sovutish tizimlari, hatto yurakdagi qon oqimigacha bo‘lgan murakkab jarayonlar modellashtiriladi. Ayniqsa, zamonaviy kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi bilan bu tenglamalarning amaliy yechimlari real hayotdagi muhim muammolarni hal qilishda keng qo‘llanmoqda. Shuning uchun bu mavzuning nazariy va amaliy jihatdan ham dolzarbligi yuqoridir.

### **Muammoni o‘rganganlik darajasi**

Navye-Stoks tenglamalarining umumiy analitik yechimi yo‘qligi haqida.

Bugungi kunga kelib, Navye-Stoks tenglamalarining umumiy va aniq analitik yechimini topish hanuzgacha ochiq muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. Bu tenglamalar nisbatan oddiy ko‘rinishga ega bo‘lsa-da, ular nolinch bo‘lmagan, nolinear, viskoz muhitdagi harakatni ifodalaganligi sababli, yechimlar turli sharoitlarda juda murakkab bo‘ladi. Ayniqsa, turbulentlik holatida oqimning beqarorligi va xaotik harakati ularni an‘anaviy matematik usullar bilan yechishni imkonsiz qilmoqda.

Yevropa matematika jamiyati, Clay Mathematics Institute tomonidan bu muammo “Ming yillik muammolari” qatoriga kiritilgan bo‘lib, Navye-Stoks tenglamalarining silliq, global yechimi mavjudligini isbotlash (yoki isbotlab

bo‘lmasligini ko‘rsatish) uchun 1 million AQSh dollari miqdorida mukofot belgilangan.

Bu muammo faqat nazariy matematik nuqtai nazardan emas, balki amaliy muammolar uchun ham hal qiluvchi ahamiyatga ega. Misol uchun, yuqori aniqlikdagi simulyatsiyalar, aviatsion oqim nazorati, biomexanikada qon oqimini modellashtirish, atmosfera oqimlarini prognoz qilish kabi sohalarda bu tenglamalarning barqaror va silliq yechimlarini aniqlay olmaslik katta noaniqliklarni keltirib chiqarmoqda.

### **Muammo uchun zamonaviy yechim yo‘nalishlari**

Navye-Stoks tenglamalarining umumiy analitik yechimi mavjud emasligi sababli, zamonaviy ilm-fanda ushbu muammoni hal etish uchun bir nechta asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda:

#### **1. Sonli (numerik) usullar va hisoblash gidrodinamikasi (CFD)**

Bugungi kunda muhandislik amaliyotida eng keng qo‘llaniladigan yondashuv bu – **hisoblash suyuqliklar dinamikasi (Computational Fluid Dynamics, CFD)** usullaridir. Bu usulda:

- **Navye-Stoks tenglamalari differensial shakldan diskret shaklga o‘tkaziladi** (masalan, tugunlar yoki panjaralar orqali),
- So‘ng **sonli algoritmlar (finite difference, finite volume, finite element)** yordamida taxminiy yechimlar olinadi,
- Ushbu yechimlar real qurilmalar va fizik tizimlarga tadbiq qilinadi.

Bu metod aniq analitik yechim bermasa-da, **amaliy prognozlar** uchun yetarli aniqlikda natijalar beradi.

#### **2. Turbulentlikni modellashtirish (RANS, LES, DNS)**

Turbulent oqimlar bilan bog‘liq murakkabliklar yechimi uchun quyidagi model yondashuvlar qo‘llaniladi:

- **RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)** – o‘rtacha qiymatlar asosida ish olib boriladi.
- **LES (Large Eddy Simulation)** – yirik turbulent strukturalar simulyatsiya qilinadi, kichiklari modellashtiriladi.
- **DNS (Direct Numerical Simulation)** – barcha turbulent o‘zgarishlar to‘liq hisobga olinadi (juda yuqori hisoblash resursini talab qiladi).

#### **3. Sun‘iy intellekt va mashinali o‘rganish (AI/ML)**

So‘nggi yillarda **AI va ML asosidagi yondashuvlar** Navye-Stoks tenglamalari asosida oqimlarni prognoz qilishda ishlatila boshladi. Neural network (neyron tarmoq) modellar CFD simulyatsiyalarini tezlashtirish va yangi taxminiy modellar qurishda qo‘llanmoqda.

#### **4. Matematik isbotlar yo‘nalishida fundamental tadqiqotlar**

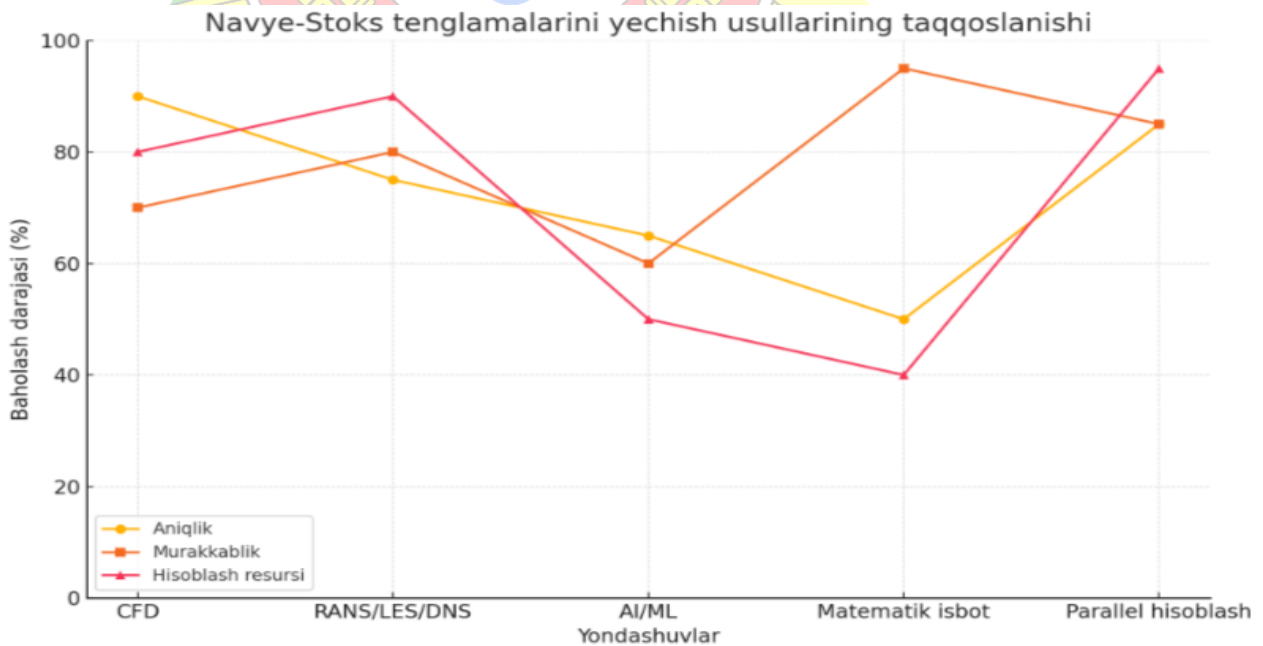
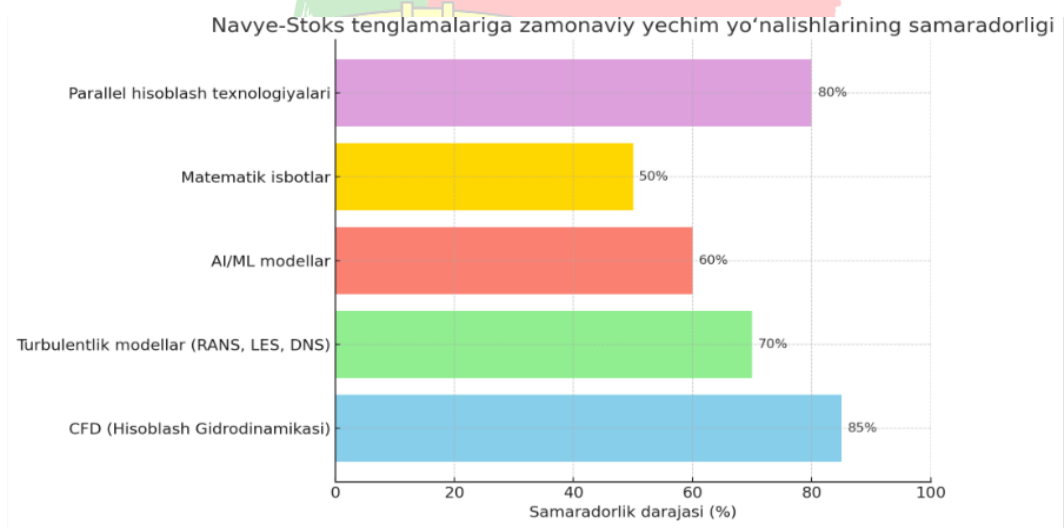
Clay Mathematics Institute tomonidan belgilangan mukofot sharti bo‘yicha ko‘plab matematiklar bu tenglamalarning:

**(3rd international scientific and practical conference)**

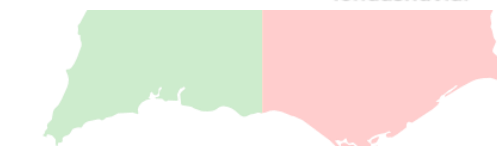
- Silliqlik (smooth),
- Global (cheksiz vaqt oralig'ida),
- Yagona (unique) yechimga ega yoki emasligini **rigoroz matematik usullar** bilan isbotlash ustida ishlamoqda.

### 5. Parallel hisoblash texnologiyalari

Yuqori aniqlikdagi hisob-kitoblar uchun **superkompyuterlar va parallel hisoblash tizimlari** qo'llanilib, minglab protsessorlar yordamida Navye-Stoks tenglamalarining sonli yechimlari samarali tarzda olinmoqda.



**Xulosa:**



(3rd international scientific and practical conference)

Navye-Stoks tenglamalari suyuqliklar va gazlarning harakatini ifodalovchi asosiy matematik model bo'lib, ularning amaliy muhandislikda qo'llanilishi nihoyatda kengdir. Bu tenglamalar aerodinamika, gidravlika, meteorologiya, neft sanoati, energetika va biomexanika sohalarida muhim hisoblanadi. Shunga qaramay, ushbu tenglamalarning umumiy va silliq analitik yechimining mavjudligi hanuzgacha ochiq muammo bo'lib qolmoqda.

Zamonaviy ilmiy yondashuvlar — xususan, hisoblash gidrodinamikasi (CFD), turbulent oqimlarni modellashtirish, mashinali o'rganish usullari, hamda superkompyuter asosida parallel hisoblash texnologiyalari — amaliy muammolarni samarali hal qilish imkonini bermoqda. Bundan tashqari, matematiklar tomonidan ushbu tenglamaning silliq va global yechimi mavjudligini isbotlash bo'yicha izchil tadqiqotlar olib borilmoqda.

Kelajakda bu sohadagi ilmiy va texnologik taraqqiyot, xususan sun'iy intellekt, yuqori aniqlikdagi modellashtirish va matematik yondashuvlarning uyg'unlashuvi bilan, Navye-Stoks tenglamalarining yechimlariga yanada chuqurroq va kompleks yondashuvlar shakllanishi kutilmoqda.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Batchelor, G. K. (2000). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press.
2. Ferziger, J. H., & Perić, M. (2002). *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Springer.
3. Panton, R. L. (2013). *Incompressible Flow*. John Wiley & Sons.
4. Pope, S. B. (2000). *Turbulent Flows*. Cambridge University Press.
5. Kolmogorov, A. N. (1941). "The local structure of turbulence in incompressible viscous fluid for very large Reynolds numbers." *Dokl. Akad. Nauk SSSR*.
6. Leray, J. (1934). "Sur le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace." *Acta Mathematica*, 63: 193–248.
7. Clay Mathematics Institute. (2000). *Millennium Prize Problems – Navier–Stokes Equation*. Retrieved from [www.claymath.org](http://www.claymath.org)
8. Mamatov, R. T. (2018). *Suyuqliklar va gazlar mexanikasi*. Toshkent: O'zMU nashriyoti.
9. Tashanov, J., & Karimov, I. (2021). "Navye-Stoks tenglamalari va ularning hisoblash modellarini rivojlantirish istiqbollari." *Ilmiy-amaliy muhandislik jurnali*, 4(2), 55–61.