

COMSOL MULTIPHYSICS DASTURIDA ZARRACHA HARAKATINI EULER-
LAGRANGE MODELI YORDAMIDA TADQIQ QILISH.

Mamadaliyev Y.M.

Farg'ona davlat texnika universiteti "Atrof muhit muhandisligi"
yo'nalishi 1-kurs M8-25 ATMM magistranti.
pochta: mamadaliyevyaxyoxon9@gmail.com
+998905709957

Annotatsiya: Ushbu tezisda COMSOL Multiphysics dasturi yordamida laminar oqim muhitida zarrachalar harakati Euler–Lagrange modeli asosida modellashtirildi. Tadqiqotda 100 mkm, 150 mkm va 200 mkm o'lchamdagi zarrachalarning oqimdagi trayektoriyasi, geometrik to'siqlar bilan o'zaro ta'siri hamda turli nuqtalarga yetib borish foizlari o'rganildi. Modelda Laminar Flow va Particle Tracing for Fluid Flow fizik interfeyslari qo'llanildi. Hisoblash natijalari zarracha diametri ortishi bilan inertsiya kuchi ortishini va oqim bo'ylab tarqalish masofasi kamayishini ko'rsatdi. Olingan natijalar sanoat ventilyatsiya tizimlari, chang tutish qurilmalari va ekologik monitoring masalalarida muhim amaliy ahamiyatga ega.

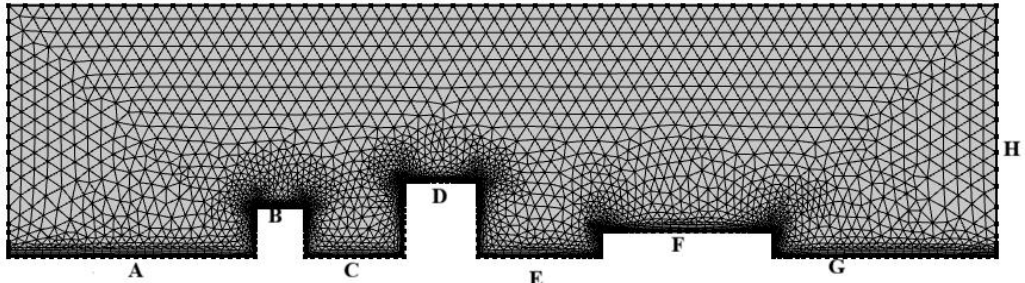
Kalit so'zlar: Euler–Lagrange modeli, zarracha harakati, COMSOL Multiphysics, laminar oqim, particle tracing, trayektoriya, modellashtirish, inertsiya, mesh, zarracha diametri.

Kirish: Hozirgi kunda sanoat korxonolari va texnologik tizimlarda hosil bo'ladigan chang hamda qattiq zarrachalarning oqim muhitidagi harakatini o'rganish muhim ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Zarrachalarning gaz va suyuqlik oqimidagi tarqalishi ekologik xavfsizlik, filtrlash tizimlari samaradorligi hamda sanoat qurilmalarining ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Suyuqlik va gaz muhitlarida zarracha harakatini modellashtirish uchun Euler–Lagrange modeli keng qo'llaniladi. Ushbu modelda oqim muhiti Euler usulida, zarrachalar esa Lagrange usulida kuzatiladi. Natijada har bir zarrachaning trayektoriyasi, tezligi va to'siqlar bilan o'zaro ta'siri aniqlanadi. COMSOL Multiphysics dasturi fizik jarayonlarni sonli modellashtirish uchun samarali vositalardan biri bo'lib, laminar oqim va zarracha harakatini birgalikda hisoblash imkonini beradi. Ushbu ishda kanal ichidagi geometrik to'siqlar atrofida zarrachalarning tarqalishi, cho'kishi va oqim bilan ko'chishi tadqiq qilindi.

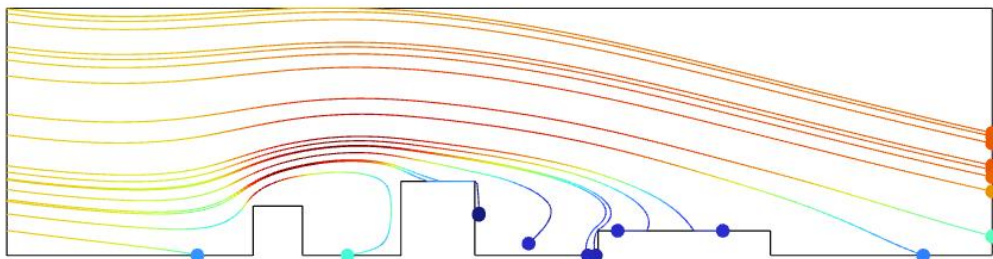
Masalaning qo'yilishi: Tadqiqotning asosiy maqsadi — laminar oqim muhitida zarracha harakatini Euler–Lagrange modeli yordamida modellashtirish va zarracha diametrining oqimdagi tarqalishga ta'sirini aniqlashdan iborat. Buning uchun COMSOL Multiphysics dasturida ikki o'lchamli geometrik model qurildi. Modelda geometrik to'siqlar joylashtirilib, oqimning kirish va chiqish chegaralari belgilandi. Hisoblashlarda Laminar Flow hamda Particle Tracing for Fluid Flow fizik interfeyslari qo'llanildi. Modelga jami 20 ta zarracha kiritildi va har bir zarracha 5 % ulushga ega deb qabul qilindi. Zarrachalar diametri 100 mkm, 150 mkm va 200 mkm qiymatlarda tanlandi. Hisoblashlarda zarrachalarning trayektoriyasi, to'siqlar bilan to'qnashuvi va turli nuqtalarga yetib borishi tahlil qilindi. Natijalar asosida A, B, C, D, E, F, G va H nuqtalarda zarrachalarning taqsimlanishi foiz hisobida aniqlandi.

Berilgan: Oqim turi — laminar oqim; Dastur — COMSOL Multiphysics; Model turi — Euler–Lagrange modeli; Fizik interfeyslar: Laminar Flow; Particle Tracing for Fluid Flow; Zarrachalar soni — 20 ta; Har bir zarracha ulushi — 5 %; Zarracha diametrlari: 100 mkm; 150 mkm; 200 mkm; Geometriya — ikki o'lchamli kanal va to'siqlar; Mesh turi — uchburchak elementli zichlashtirilgan mesh.

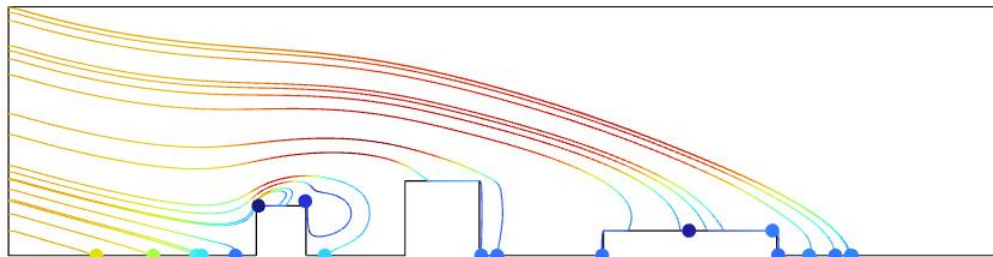
Hisoblash jarayonida oqim kirish qismida ma'lum tezlik va konsentratsiya qiymatlari berildi. Chiqish qismida esa erkin chiqish sharti tanlandi. Model uchun mos to'r (mesh) (1-rasm) hosil qilinib, stationary yechim usuli orqali natijalar olindi.



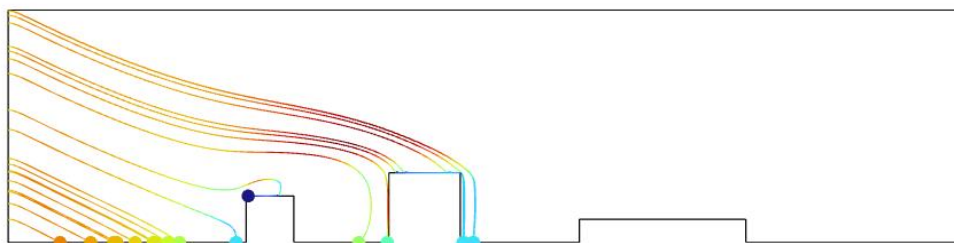
1-rasm



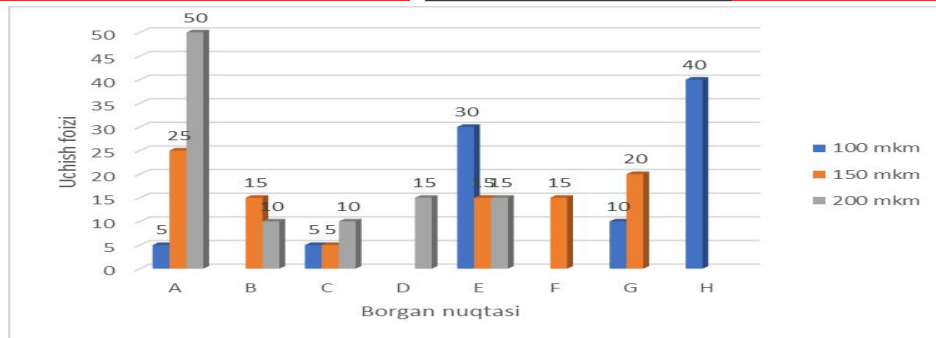
2-rasm 100 mkm



3-rasm 150 mkm



4-rasm 200 mkm



5-rasm

Grafik natijalari 100 mkm, 150 mkm va 200 mkm o'lchamdagi zarrachalarning oqim bo'ylab qaysi nuqtalarga yetib borganligini foiz hisobida ifodalaydi. Modelda jami 20 ta zarracha kiritilgan bo'lib, har bir zarracha 5 % ulushga ega deb qabul qilindi. 100 mkm o'lchamdagi zarrachalar oqim bilan birgalikda eng uzoq masofaga tarqalganligi kuzatildi. Ushbu zarrachalarning 40 % qismi H nuqtaga, 30 % qismi esa E nuqtaga yetib borgan. Bundan tashqari, 10 % zarracha G nuqtada, 5 % dan zarracha esa A va C nuqtalarda qayd etilgan. Bu holat kichik o'lchamdagi zarrachalarning oqim ta'sirida uzoqroq masofaga ko'chishini ko'rsatadi. 150 mkm o'lchamdagi zarrachalarda tarqalish bir necha nuqtalar bo'yicha taqsimlangan. Zarrachalarning 25 % qismi A nuqtada kuzatilgan bo'lsa, 20 % qismi G nuqtaga yetib borgan. B va F nuqtalarda 15 % dan, E nuqtada esa 15 % zarracha qayd etilgan. Natijalar ushbu o'lchamdagi zarrachalarda inertsiya ta'siri kuchayishi sababli oqim trayektoriyasidan chetlanish ortishini ko'rsatadi. 200 mkm o'lchamdagi zarrachalar esa asosan oqimning boshlang'ich qismida to'plangan. Grafikdan ko'rinishicha, zarrachalarning 50 % qismi A nuqtada cho'kkan. Shuningdek, 15 % dan zarracha D va E nuqtalarda, 10 % dan zarracha esa B va C nuqtalarda qayd etilgan. Bu esa yirik zarrachalarning og'irlik va inertsiya kuchlari ta'sirida uzoq masofaga tarqalmasligini anglatadi. Umumiy tahlil shuni ko'rsatdiki, zarracha diametri kichik bo'lganda ular oqim bilan uzoqroq masofaga ko'chadi, diametr ortishi bilan esa cho'kish va to'siqlar oldida to'planish ehtimoli oshadi. Olingan natijalar laminar oqimlarda zarracha transportini baholash hamda sanoat filtrlash va chang tutish tizimlarini loyihalashda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa: Ushbu tadqiqot ishida COMSOL Multiphysics dasturi yordamida laminar oqim muhitida zarracha harakati Euler–Lagrange modeli asosida modellastirildi. Tadqiqot davomida geometrik to'siqlarga ega kanal ichida 100 mkm, 150 mkm va 200 mkm diametrli zarrachalarning oqimdagi trayektoriyasi va tarqalish xususiyatlari tahlil qilindi. Modelga jami 20 ta zarracha kiritilib, har biri umumiy oqimning 5 % qismini tashkil etdi. Hisoblash natijalari zarracha diametri oqimdagi harakat xarakteriga sezilarli ta'sir ko'rsatishini aniqladi. 100 mkm o'lchamdagi zarrachalar oqim bilan uzoqroq masofaga harakatlanib, asosan H va E nuqtalarga yetib bordi. 150 mkm zarrachalarda inertsiya kuchining ortishi sababli ayrim zarrachalarning oqim trayektoriyasidan chetlanishi va girdob zonalarida ushlanib qolishi kuzatildi. 200 mkm o'lchamdagi zarrachalarda esa og'irlik va inertsiya kuchlari ustunlik qilgani sababli ularning katta qismi oqimning boshlang'ich hududlarida cho'kib qoldi. Modellastirish jarayonida qo'llanilgan zich mesh geometrik to'siqlar atrofidagi oqimni yuqori aniqlikda hisoblash imkonini berdi. Grafik tahlillar asosida zarrachalarning A–H nuqtalarga yetib borish foizlari aniqlandi hamda zarracha diametri ortishi bilan tarqalish masofasi kamayishi tasdiqlandi. Olingan natijalar sanoat ventilyatsiya tizimlari, chang tutish qurilmalari va ekologik monitoring tizimlarini loyihalashda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilganm adabiyotlar:

1. COMSOL Multiphysics Reference Manual. COMSOL AB, Stockholm, Sweden, 2024.
2. Transport Phenomena / Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. — New York: John Wiley & Sons, 2007.
3. Computational Fluid Dynamics / Anderson J.D. — McGraw-Hill Education, 1995.
4. Fluid Mechanics / Fox R.W., McDonald A.T., Pritchard P.J. — John Wiley & Sons, 2011.
5. Navier–Stokes equations asoslari bo‘yicha: White F.M. Viscous Fluid Flow. — McGraw-Hill, 2006.
6. Qodirov O‘.R.. Suyuqlik va gazlar mexanikasi asoslari. — Toshkent: O‘qituvchi, 2018.