

UO‘K: 621.224

ZATVOR ORQALI O‘TAYOTGAN SUV OQIMINING TEZLIK-BOSIM TAQSIMOTINI SOLIDWORKS DASTURIDA MODELLASHTIRISH

Urishev Boboraim – texnika fanlari doktori, professor,
ORCID: 0009-0004-6546-8226, E-mail: bob-urishev@mail.ru
Ochilov Obid Boymurod o‘g‘li – doktorant (PhD),
ORCID: 0000-0002-1172-4747, E-mail: obidbekochilov@bk.ru

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada suv oqimining tezlik va bosim ko‘rsatkichlarini matematik modellashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Asosiy nazariy baza sifatida Bernoulli va Navier–Stokes tenglamalari qo‘llanilib, suvning dinamik va kinematik yopishqoqlik xususiyatlari tahlil qilingan. Ochiq o‘zarlarda oqim rejimini aniqlash uchun Reynolds sonidan foydalanilgan va laminar, o‘tish hamda turbulent oqim sharoitlari ilmiy asoslangan. Tadqiqotlarda SolidWorks dasturining Flow Simulation moduli yordamida zatvor orqali o‘tayotgan suv oqimining tezlik va bosim taqsimoti modellashtirilgan. Natijalarda tezlik va bosim o‘zgarishlari o‘zaro teskari bog‘liqligi, energiya saqlanish qonuniyatlari va kavitatsiya xavfi ko‘rsatib berilgan. Shuningdek, oqimning nolinear xarakteri, turbulentlik ta’siri va amaliy kuzatuvlarning zarurligi ta’kidlangan. Olingan xulosalar gidroenergetika, irrigatsiya tizimlari va gidrotexnika inshootlari loyihalashda muhim ahamiyatga ega.*

***Kalit so‘zlar:** suv oqimi, bosim, tezlik, Bernoulli tenglamasi, Navier–Stokes tenglamasi, Reynolds soni, SolidWorks Flow Simulation*

УДК: 621.224

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И ДАВЛЕНИЯ ВОДНОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ЗАТВОР В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

Уришев Бобораим – доктор технических наук, профессор
Очилов Обид Боймурод угли – докторант (PhD)

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы математического моделирования скорости и давления потока воды. В качестве теоретической базы использованы уравнения Бернулли и Навье–Стокса, проведён анализ динамической и кинематической вязкости воды. Для определения режима потока в открытых руслах применено число Рейнольдса, на основе которого обоснованы ламинарный, переходный и турбулентный режимы течения. В исследованиях с использованием модуля Flow Simulation программы SolidWorks смоделировано распределение скорости и давления водного потока через затвор. Полученные результаты показали обратную зависимость между изменениями скорости и давления, подтвердили действие закона сохранения энергии и выявили риск кавитации. Кроме того, подчеркнуты нелинейный характер течения, влияние турбулентности и необходимость эмпирических наблюдений. Сделанные выводы имеют практическое значение при проектировании гидроэнергетических и гидротехнических сооружений, а также ирригационных систем.*

***Ключевые слова:** водный поток, давление, скорость, уравнение Бернулли, уравнение Навье–Стокса, число Рейнольдса, кавитация, SolidWorks Flow Simulation*

UDC: 621.224

MODELING THE VELOCITY–PRESSURE DISTRIBUTION OF WATER FLOW THROUGH A SLUICE GATE USING SOLIDWORKS

Urishev, Boboraim – Doctor of Technical Sciences, Professor
Ochilov, Obid Boymurod ugli – Doctoral Student (PhD)

Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *This article addresses the issues of mathematical modeling of water flow velocity and pressure parameters. The theoretical basis relies on the Bernoulli and Navier–Stokes equations, while the dynamic and kinematic viscosity of water is analyzed. To determine flow regimes in open channels, the Reynolds number is applied, providing a scientific justification for laminar, transitional, and turbulent conditions. Using the Flow Simulation module of SolidWorks, the distribution of velocity and pressure through a sluice gate has been simulated. The results demonstrate the inverse relationship between velocity and pressure variations, confirm the principle of energy conservation, and highlight the risk of cavitation. Furthermore, the nonlinear nature of flow, the influence of turbulence, and the necessity of empirical observations are emphasized. The findings are of practical importance for the design of hydropower, irrigation systems, and hydraulic engineering structures.*

Keywords: *water flow, pressure, velocity, Bernoulli equation, Navier–Stokes equation, Reynolds number, cavitation, SolidWorks Flow Simulation*

Kirish

Insoniyat tarixida suv resurslari nafaqat ichimlik suvi va qishloq xo‘jaligi sug‘orish tizimlarida, balki energetik manba sifatida ham muhim o‘rin tutib kelgan. Bugungi kunda gidroenergetika global energiya ishlab chiqarishda katta ulushga ega bo‘lib, qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida eng ishonchli va samarali yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Biroq suv oqimidan samarali foydalanish uchun uning gidravlik xususiyatlarini chuqur o‘rganish, xususan, tezlik va bosimning o‘zaro bog‘lanishini matematik modellashtirish zarurdir. Mazkur yo‘nalishda xalqaro miqyosda ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan bo‘lib, White, F. M., Munson B.R. va hamkorlari, Çengel, Y. A., Streeter, V. L kabi klassik manbalar suv oqimi mexanikasi bo‘yicha muhim nazariy asoslarni taqdim etadi [1-3]. Shuningdek, N.T.Mirzaev va M.M.Mavlonov kabi o‘zbek olimlarining ishlarida suv oqimining lokal sharoitlarda modellashtirilishi yoritilgan. Ushbu ilmiy an‘analarga tayanib, suv oqimining tezligi va bosimini modellashtirish masalasini chuqur tahlil qilamiz [6, 8].

Uslub va materiallar

Suv oqimining tezligi va bosimini modellashtirishda asosiy nazariy baza sifatida Bernoulli tenglamasidan foydalanamiz:

$$P + \frac{1}{2} * \rho * v^2 + \rho * g * h = const, \quad (1)$$

Bu yerda P – bosim (Pa), v – tezlik (m/sek), ρ – zichlik (kg/m^3), h – suv bosimi balandligi (m).

Real suv oqimining turli nuqtalaridagi tezlikni aniqlashni Navier–Stokes tenglamasi yordamida amalga oshiramiz.

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 v + \rho g, \quad (2)$$

bu yerda μ – dinamik yopishqoqlik (1-jadval), ∇P – bosim gradiyenti, $\mu \nabla^2 v$ – yopishqoqlik kuchlari.

Ochiq o‘zanlardagi oqimlarni modellashtirishda muhim ko‘rsatkichlardan biri Reynolds sonidir. Reynolds soni oqim rejimini aniqlash uchun qo‘llaniladi:

$$Re = \frac{vR}{n}, \quad (3)$$

bu yerda R – gidravlik radius, n – kinematik yopishqoqlik [4, 5].

Chow, V. T. va Henderson, F. M. asarlarida qayd etilishicha, agar $Re < 500$ bo'lsa oqim laminar, $500 < Re < 2000$ bo'lsa o'tish rejimida, $Re > 2000$ bo'lsa turbulent oqim rejimida bo'ladi. Amaliyotda daryo va kanallardagi oqimlarning Reynolds soni odatda $10^5 - 10^6$ oralig'ida bo'ladi, bu esa turbulent oqim ustunligini ko'rsatadi [9, 10].

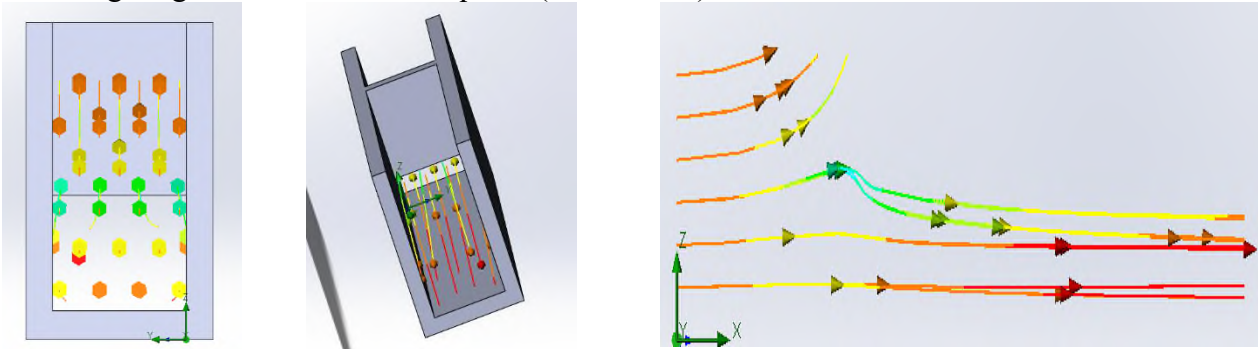
1-jadval

Suvning dinamik yopishqoqliklarini haroratga bog'liqlik jadvali

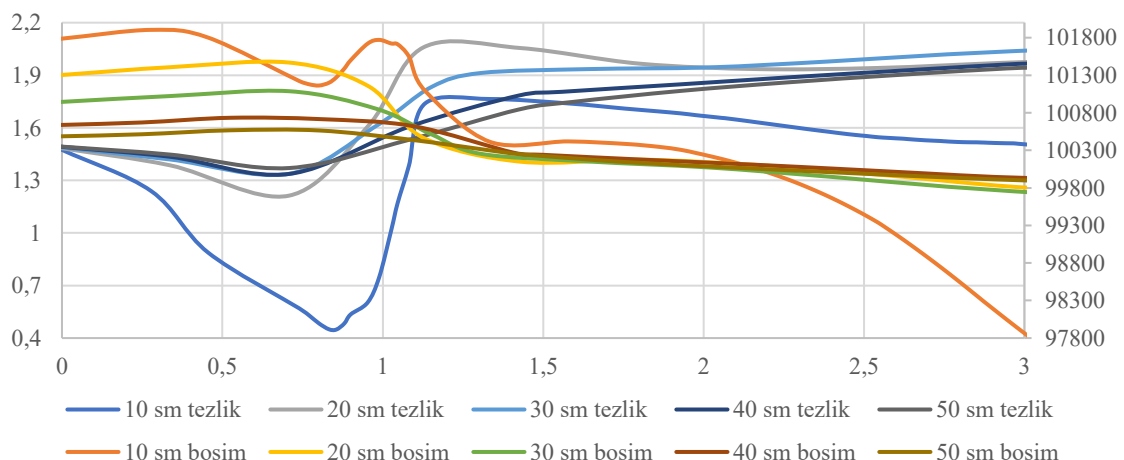
Harorat (°C)	Dinamik yopishqoqlik, μ (Pa·s)	Dinamik yopishqoqlik, μ (mPa·s)
0 °C	$1,79 \times 10^{-3}$ Pa·s	1,79 mPa·s
10 °C	$1,31 \times 10^{-3}$ Pa·s	1,31 mPa·s
20 °C	$1,00 \times 10^{-3}$ Pa·s	1,00 mPa·s
30 °C	$0,80 \times 10^{-3}$ Pa·s	0,80 mPa·s
40 °C	$0,65 \times 10^{-3}$ Pa·s	0,65 mPa·s
60 °C	$0,47 \times 10^{-3}$ Pa·s	0,47 mPa·s
80 °C	$0,36 \times 10^{-3}$ Pa·s	0,36 mPa·s
100 °C	$0,28 \times 10^{-3}$ Pa·s	0,28 mPa·s

Natijalar

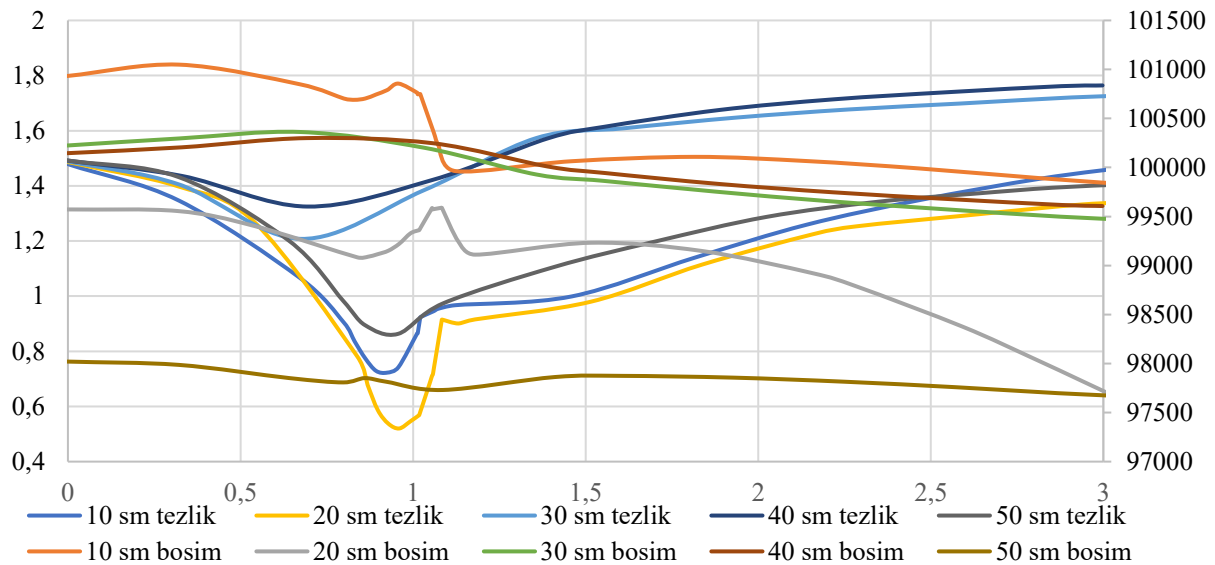
Yuqoridagi formulalar va jadvalga asoslanib solidworks dasturida 50 sm kattalikdagi zatvordan 1,5 m/sek boshlang'ich tezlik bilan oqib o'tayotgan suv oqimining bosimi va tezliklarini tahlil qilamiz, buning uchun biz quyidagicha sxemani chizib olamiz va undan foydalanib solidworks dasturining flow simulation bo'limida zatvorning turli kattalaklardagi ochilishiga nisbatan tezlik va bosimning o'zgarishlarini ko'rib chiqamiz (1-3-rasmlar).



1-rasm. Solidworks dasturining flow simulation bo'limidan foydalanib o'tkazilgan tadqiqotlar



2-rasm. 80 sm suv bosimi vaqtida zatvorning turli darajada ochilishida tezlik va bosimning o'zgarishi.



3-rasm. 100 sm suv bosimi vaqtida zatvorning turli darajada ochilishida tezlik va bosimning o'zgarishi.

Energiya saqlanish qonuniyati suv oqimi uchun asosiy nazariy tamoyildir. Tezlikning oshishi oqimning kinetik energiyasining ortishini bildiradi, shu bilan birga bosim kamayadi. Bunday jarayonlar Venturi effekti misolida yaqqol kuzatiladi. Streeter va White ishlarida bu jarayon keng yoritilgan bo'lib, oqim tezligi va bosim o'zgarishlari gidrotexnika inshootlarida qanday oqibatlariga olib kelishi ko'rsatib berilgan. Masalan, suv tezligining oshishi bilan suv sarfi ham unga mos ravishda ortib boradi (2-jadval), biroq bosimning keskin pasayishi kavitatsiya xavfini yuzaga keltiradi.

2-jadval

Zatvor ochilishiga qarab suv sarfining o'zgarishi

Zatvor ochilishi (sm)	Oqim tezligi 80 sm bosimda (m/s)	Q (m ³ /s)	Oqim tezligi 100 sm bosimda (m/s)	Q (m ³ /s)
10 sm	0,45	0,23	0,60	0,30
20 sm	0,90	0,45	1,00	0,50
30 sm	1,20	0,60	1,30	0,65
40 sm	1,60	0,80	1,70	0,85
50 sm	1,90	0,95	2,00	1,00

Kavitatsiya hodisasi suv oqimining muhim xavfli jihatlaridan biridir. Agar bosim ma'lum bir qiymatdan pastlasha boshlasa, suv bug'lanib, mayda pufakchalar hosil qiladi. Bu pufakchalar keyinchalik yuqori bosimli zonaga tushib portlaydi va material yuzasini yemiradi. Çengel, Y. A. asarida keltirilishicha, kavitatsiya gidrotexnika inshootlari samaradorligini kamaytiradi va ularning xizmat muddatini qisqartiradi. Shuning uchun suv oqimini modellashtirishda bosimning kritik qiymatlarini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi [9].

Ochiq o'zanlarda oqim modellashtirish nafaqat gidroenergetika uchun, balki irrigatsiya tizimlarini loyihalash, sel va toshqin xavfini baholashda ham qo'llaniladi. Мирзаев Н. Т. ishida O'zbekiston sharoitida suv resurslaridan samarali foydalanish uchun modellashtirishning amaliy imkoniyatlari yoritilgan. Uning fikricha, gidravlik modellar yordamida suv taqsimotini optimallashtirish, suv yo'qotishlarini kamaytirish va sug'orish samaradorligini oshirish mumkin. Bu esa suv tanqisligi sharoitida nihoyatda dolzarbdir.

Yuqorida keltirilgan barcha ilmiy asoslar va tajribaviy natijalar shuni ko'rsatadiki, suv oqimining tezligi va bosimi murakkab nolinear jarayonlarga asoslanadi. Ularni faqat Bernoulli yoki Navier–Stokes tenglamalari yordamida emas, balki empirik kuzatuvlar bilan birgalikda tahlil qilish

zarur. Chow va Henderson asarlarida ta'kidlanganidek, ochiq o'zanlarda oqim modellarini aniqlashda gidravlik radius, oqim qoplamasi, o'zan shakli va qo'shimcha tashqi kuchlar ham inobatga olinishi kerak. Shu bois zamonaviy gidravlik modellashtirish yondashuvlari ko'p omilli bo'lib, nazariy va amaliy ma'lumotlarning sinteziga asoslanadi [10].

Xulosa

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, tezlik va bosim o'zgarishlari bir-biriga teskari xarakterga ega. Bu holat suv oqimlarida energiya saqlanish qonuniyatlarini amalda ko'rsatadi. Masalan, tezlikning keskin oshishi kuzatilgan nuqtalarda bosim pasayishi aniqlangan. Bunday jarayonlar turbinadan o'tayotgan oqimlarda, gidravlik inshootlarda va daryolarning toraygan qismlarida tez-tez uchraydi.

Shuningdek, modellashtirish natijalari shuni ko'rsatdiki, suv oqimining tezlik va bosim qiymatlari chiziqli emas, balki nolinear tarzda bog'langan. Bu esa oqimni bashorat qilishda faqat nazariy formulalarga emas, balki empirik kuzatuvlarga ham tayanish zarurligini ko'rsatadi. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, oqimning ayrim nuqtalarida turbulentslik ta'siri mavjud bo'lib, bu esa Navier–Stokes tenglamasi bilan izohlanadi.

Adabiyotlar

- [1] White, F. M. *Fluid Mechanics*. – 7th Edition. – McGraw-Hill, 2011.
- [2] Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. – John Wiley & Sons, 2013.
- [3] Çengel, Y. A., Cimbala, J. M. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. – McGraw-Hill, 2014.
- [4] Streeter, V. L., Wylie, E. B., Bedford, K. W. *Fluid Mechanics*. – McGraw-Hill, 1998.
- [5] Баженов, Л. Б., Дубровский, В. А. *Гидравлика и гидравлические машины*. – Москва: Высшая школа, 2005.
- [6] Мирзаев, Н. Т. *Гидравлика asoslari*. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2018.
- [7] Сидоров, А. П. *Гидравлика открытых русел*. – Санкт-Петербург: Лань, 2010.
- [8] Mavlonov, M. M. *Gidravlik jarayonlarni matematik modellashtirish*. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.
- [9] Chow, V. T. *Open Channel Hydraulics*. – McGraw-Hill, 1959.
- [10] Henderson, F. M. *Open Channel Flow*. – Macmillan Publishing, 1966.