(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

UO‘K: 628.143.1:624.131 10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.30

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

BOG‘LANGAN GRUNTLI KANALLARDA YUVMASLIK TEZLIGINI ANIQLASH



Eshev Sobir Samadovich

Texnika fanlari doktori, professor, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: telnets@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-3880-9289
Science ID: DQD-1125-0019



G‘ayimnazarov Israil Xoliqovich

Dotsent, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: igayimnazarov@gmail.com
ORCID ID: 0009-0000-0680-5174
Science ID: FQD-0226-0016



Aralov Behro‘zjon G‘ayratovich

Tayanch doktorant (PhD), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: behruzaralov44@gmail.com
ORCID ID: 0009-0004-6842-7809
Science ID: MQD-0426-0162



Bozorov Bustonjon Erkin o‘g‘li

Tayanch doktorant (PhD), Buxoro davlat texnika universiteti, Buxoro, O‘zbekiston
E-mail: bozorovbuston@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-5793-2001
Science ID: FBX-0526-0150

Annotatsiya. *Ushbu maqolada bog‘langan gruntli kanallarda suv oqimining yuvmaslik tezligini aniqlash va o‘zan tubi hamda yon tomon qiyaliklarining gidravlik barqarorligini baholash usullarini takomillashtirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi bog‘langan gruntlarning fizik-mexanik xususiyatlari, oqimning gidrodinamik ko‘rsatkichlari va kanal ko‘ndalang kesimining geometrik parametrlarini hisobga olgan holda kritik yuvilish tezligini aniqlashning takomillashtirilgan hisoblash usulini ishlab chiqishdan iborat. Ishda gruntning birikish kuchi, agregatlarning o‘lchami, oqimning turbulent pulsatsiyalari va gidravlik qarshilikning o‘zan yuvilishiga ta’siri tahlil qilingan. Mavjud hisoblash usullari, jumladan, Mirsxulava va Borovkov tomonidan taklif etilgan yondashuvlar o‘rganilib, ularning trapetsiyasimon kanallarga tatbiq etilish xususiyatlari baholangan. Tadqiqot davomida laboratoriya sharoitida strukturasi buzilgan oltita hamda dala sharoitida olingan uchta grunt namunasidan foydalanilgan. Trapetsiyasimon kanallarning geometrik xususiyatlarini hisobga olish maqsadida Borovkov formulasiga ho‘llangan perimetrning suv sathi kengligiga nisbatini ifodalovchi qo‘shimcha parametr kiritilgan. Olingan hisoblash natijalari tajriba ma’lumotlari bilan taqqoslanib, modifikatsiyalangan formula asosida aniqlangan kritik tezlik qiymatlari dastlabki hisoblash usuliga nisbatan tajriba natijalariga yaqinroq ekanligi ko‘rsatilgan. Taklif etilgan yondashuv bog‘langan gruntli kanallarning yuvilishga chidamliligini baholash, o‘zan deformatsiyasini kamaytirish hamda irrigatsiya kanallarini gidravlik jihatdan barqaror loyihalashda amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *bog‘langan grunt, gruntli kanal, yuvmaslik tezligi, kritik oqim tezligi, o‘zan yuvilishi, gruntning birikish kuchi, gidravlik barqarorlik, trapetsiyasimon kanal, ho‘llangan perimetr, turbulent oqim, matematik modellashtirish, gidravlik hisoblash.*

Received: 26.09.2026 | Accepted: 10.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ ПОТОКА В КАНАЛАХ СО СВЯЗНЫМ ГРУНТОВЫМ РУСЛОМ

Эшев Собир Самадович
Доктор технических наук, профессор, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Гайимназаров Исраил Холикович
Доцент, доктор философии (PhD) по техническим наукам, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аралов Бехрузжон Гайратович
Докторант (PhD), Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Бозоров Бустонжон Эркин угли
Докторант (PhD), Бухарский государственный технический университет, Бухара, Узбекистан

Аннотация. *В статье исследуются вопросы совершенствования методов определения неразмывающей скорости водного потока и оценки гидравлической устойчивости дна и боковых откосов каналов со связным грунтовым руслом. Основная цель исследования заключается в разработке усовершенствованного расчётного метода определения критической скорости размыва с учётом физико-механических свойств связных грунтов, гидродинамических характеристик потока и геометрических параметров поперечного сечения канала. Проанализировано влияние сцепления грунта, размеров грунтовых агрегатов, турбулентных пульсаций потока и гидравлического сопротивления на процессы русловой эрозии. Рассмотрены существующие методы расчёта, в том числе подходы, предложенные Мирцхулавой и Боровковым, и оценены особенности их применения к каналам трапецеидального сечения. В ходе исследования использованы шесть образцов грунта с нарушенной структурой, исследованных в лабораторных условиях, и три образца, отобранных в полевых условиях. Для учёта геометрических особенностей трапецеидальных каналов в формулу Боровкова введён дополнительный параметр, характеризующий отношение смоченного периметра к ширине водной поверхности. Проведено сравнение расчётных значений критической скорости с экспериментальными данными, которое показало более близкое соответствие результатов модифицированной формулы экспериментальным значениям по сравнению с исходным методом расчёта. Предложенный подход имеет практическое значение для оценки устойчивости каналов со связными грунтами к размыву, уменьшения деформаций русла и обеспечения гидравлически устойчивого проектирования ирригационных каналов.*

Ключевые слова: *связный грунт, грунтовый канал, неразмывающая скорость, критическая скорость потока, русловая эрозия, сцепление грунта, гидравлическая устойчивость, трапецеидальный канал, смоченный периметр, турбулентный поток, математическое моделирование, гидравлический расчёт.*

DETERMINATION OF NON-ERODING FLOW VELOCITY IN CHANNELS WITH COHESIVE SOIL BEDS

Eshev Sobir Samadovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Gayimnazarov Israil Kholikovich
Associate Professor, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Aralov Behruzjon Gayratovich
PhD Researcher, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Bozorov Bustonjon Erkin ugli
PhD Researcher, Bukhara State Technical University, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. *This article investigates the improvement of methods for determining non-eroding flow velocity and assessing the hydraulic stability of channel beds and side slopes composed of cohesive soils. The main objective of the study is to develop an improved calculation method for determining critical erosion velocity by considering the physicomechanical properties of cohesive soils, hydrodynamic flow characteristics, and geometric parameters of the channel cross-section. The effects of soil cohesion, aggregate size, turbulent pressure fluctuations, and hydraulic resistance on channel erosion processes*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

are analyzed. Existing calculation methods, including the approaches proposed by Mirtskhulava and Borovkov, are examined, and their applicability to trapezoidal channels is evaluated. The investigation involved six disturbed soil samples examined under laboratory conditions and three soil samples collected under field conditions. To account for the geometric characteristics of trapezoidal channels, an additional parameter representing the ratio of the wetted perimeter to the water surface width was introduced into Borovkov's equation. The calculated critical flow velocities were compared with experimental data, demonstrating that the modified equation provides estimates closer to the experimental values than the original calculation method. The proposed approach is of practical significance for evaluating the erosion resistance of channels with cohesive soil beds, reducing channel deformation, and improving the hydraulic stability of irrigation canal designs.
Keywords: *cohesive soil, earthen channel, non-eroding velocity, critical flow velocity, channel erosion, soil cohesion, hydraulic stability, trapezoidal channel, wetted perimeter, turbulent flow, mathematical modeling, hydraulic calculation.*

Kirish. Bog‘langan gruntli kanallarning gidravlik barqarorligini ta’minlashda o‘zan tubi va yonbag‘irlarining yuvilmaslik shartini to‘g‘ri baholash muhim ahamiyatga ega. Yuvmaslik tezligi kanalning suv o‘tkazish qobiliyati, o‘zan deformatsiyasi va ekspluatatsion ishonchliligini belgilovchi asosiy gidravlik ko‘rsatkichlardan biridir. Mavjud usullarda ushbu parametrni aniqlashda asosan oqim tezligi, suv chuqurligi va gidravlik nishablik hisobga olinadi, biroq bog‘langan gruntlarning granulometrik tarkibi, zichligi, namligi va mexanik bog‘lanish xususiyatlarining ta’siri yetarli darajada aks ettirilmagan.

Shu sababli bog‘langan gruntli kanallarda yuvilishning boshlanish shartlarini kompleks baholash va yuvmaslik tezligini aniqlash usulini takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi oqimning gidravlik parametrlari hamda gruntning fizik-mexanik xususiyatlarini o‘zaro bog‘lagan holda yuvmaslik tezligini aniqlashning takomillashtirilgan usulini ishlab chiqishdan iborat. Taklif etilayotgan yondashuv kanal o‘zanining barqarorligini aniqroq baholash va yuvilish xavfini kamaytirishga xizmat qiladi. [1-4]

Bizga ma’lumki, bog‘langan gruntlar bog‘lanmagan gruntlardan o‘ziga xos xususiyatlaridan biri bo‘lgan birikish kuchlari bilan farqlanadi. Shuning uchun bog‘langan gruntlarning bu fizik xususiyati inobatga olingan holda o‘zanining yuvilish jarayonidagi fizik xususiyatlari va ularning yuvilishga chidamlilik sharoitlarini o‘rganish, hisobiy o‘zan yuvilishini aniqlash masalalariga alohida ahamiyat beriladi. Kanal loyli bog‘langan gruntlaridagi o‘zanning yuvilish sharoitlarini ko‘rib chiqamiz, ular birikish kuchlariga ega bo‘lgan gruntlarning biri bo‘lib hisoblanadi.

Bog‘langan gruntlarning yuvilish jarayoni V.N.Goncharov tomonidan o‘rganilgan bo‘lib, keyinchalik S.YE. Mirxulava tomonidan [2] deyarli batafsil tadqiqot etilgan. Muammoni eksperimental jihatdan tadqiqot qilish, bog‘langan grunt va oqim gidrodinamik o‘zaro ta’sirini chuqur o‘rganish, gruntning fizik-mexanik xossalarini hamda suv oqimining turbulent tuzilmasi va dinamik xususiyatlarini hisobga olish ushbu tadqiqotning maqsadini belgilaydi. Mirxulavaning [2] ishiga ko‘ra, gil gruntlarning yuvilishga mustahkamligini ko‘rsatuvchi asosiy omil bo‘lib, birikish kuchi hisoblanadi. Birikish kuchi siljishdagi σ_c va uzilishdagi σ_p chegaraviy kuchlanishlar bilan xarakterlanadi. [1-10]

Materiallar va usullar. Bog‘langan gruntlar zich (monolit) va agregat tuzilishga ega gruntlarga bo‘linadi, ular yetarlicha yirik yoriqlar bilan alohida agregatlarga ajralgan bo‘ladi. Mirxulava tadqiqotlariga ko‘ra, agregat tuzilishga ega gruntlarning yuvilishi agregatlar orasidagi bog‘lanishlarning buzilishi orqali sodir bo‘ladi. Kuchsiz birikishga ega zich gruntlar (masalan, loy) sirt qatlamining yuvilishi natijasida buziladi. Agar gruntning birikishi yetarlicha katta bo‘lsa, unda buzilish mikro yoriqlarning joylashish xususiyati bilan belgilanadi. Shuningdek, uzilib chiqayotgan agregatlar o‘lchami oqim tubining tuzilishi va turbulentlik intensivligi bilan belgilanadi. Agar kanal o‘zanining tubi tekis deb hisoblansa, agregatlarning uzilishiga sabab bo‘luvchi pulsatsion

bosim kuchi bo‘lib, u kanal tubida [17] ishga ko‘ra ma’lum bir qiymatga ega bo‘ladi. [12-14]

$$p' = 3{,}5\rho u_*^2 \quad (1)$$

Bosim pulsatsiyalari ta’siri bilan bog‘liq bo‘lgan ishorasi o‘zgaruvchan dinamik yuklama agregatlar orasidagi birikishning buzilishiga va mikro yoriqlarning asta-sekin ochilishiga olib keladi. Bunda agregatlar o‘z joyida faqat og‘irlik kuchi hisobiga ushlanib turadi, deb hisoblash mumkin. Yuzaga keladigan bosim pulsatsiyalari o‘zan tubining sezilarli sirt qismlarini qamrab oladi, ularning o‘lchami turbulentlikning makromasshtabi bilan taqqoslanadi. Shu sharoitda grunt agregati yuzasidagi bosim pulsatsiyalari standartining o‘zgarishini hisobga olmasa ham bo‘ladi. Bog‘langan gruntning yuvilishi faqat shunday holatda sodir bo‘ladiki, bunda agregat yuzasiga ta’sir etayotgan manfiy pulsatsion bosim kuchi agregatga ta’sir qilayotgan og‘irlik kuchiga teng bo‘ladi. Agregat o‘lchamini L deb belgilab, ushbu shartni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$3{,}5\rho u_*^2 L^2 = (\rho_T - \rho) g L^3 \quad (2)$$

Bundan ajralalib chiqayotgan agregatlarning o‘lchamini baholash mumkin:

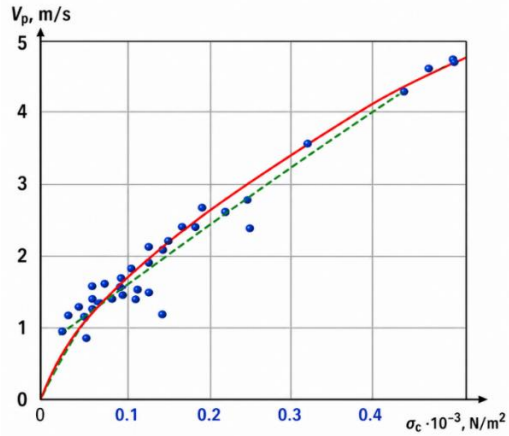
$$L_{kr} = \frac{3{,}5 i_*^2}{P_t - P} \frac{g}{P} \quad (3)$$

Laboratoriya tajribalarida dinamik tezlik $u_* = 10 \div 15 sm/s$ bo‘lganda, uzilib chiqayotgan agregatlarning hisobiy o‘lchami taxminan 3-4 mm ga teng bo‘lib [Mirs], tajribalarda qayd etilgan ajralayotgan bo‘laklar o‘lchamiga yaqin. Ushbu natijadan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: bog‘langan gil sifat gruntning oqimning turbulentligi ta’sirida buzilish jarayoni so‘nggi bosqichida bevosita birikish kuchiga bog‘liq bo‘lmay, balki ma’lum darajada to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqlik paydo bo‘lishi mumkin. Buning sababi shundan iboratki, grunt mikro yoriqlarning joylashuv xarakteri, chastotasi va chuqurligi birikishga ta’sir qiluvchi quyidagi omillarga ham bog‘liq bo‘lishi mumkin: gruntning petrografik tarkibi, g‘ovakligi, maydalanganlik darajasi va boshqalar [15].

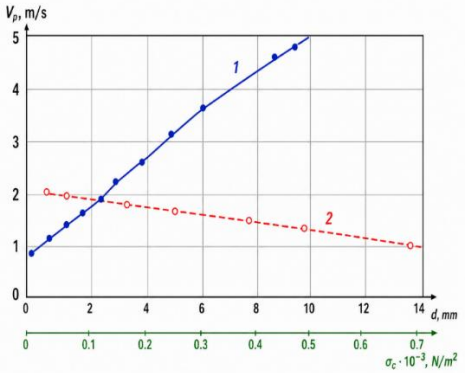
Natijalar va muhokama. Haqiqatan ham, [2] ishdagi bog‘langan gruntlar yuvilishi bo‘yicha ma’lumotlar (1-rasmda keltirilgan) tahlil qilinsa, o‘rtacha kritik tezlik 2,5 m/s ga teng bo‘lganda, dinamik tezlik taxminan 0,1 m/s ga yaqin ekanligini va tubdagi urinma kuchlanishni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$\tau = pu_*^2 = 1\frac{g}{sm^3} \cdot 10^2 \frac{sm^2}{s^2} = 10^{-7}\frac{H}{m^2}\left(10^{-4}\frac{kgs}{sm^2}\right). \quad (4)$$

Shu vaqtda (1-rasm) grunt tubida ta’sir etib, yuvilishni keltirib chiqarayotgan birikish kuchi qiymati urinma kuchlanishdan ming martadan ham ko‘pdir. Bu holat bog‘langan gil gruntlar yuvilish mexanizmini birikish kuchini yengib o‘tish bilan bog‘laydigan dastlabki gipotezaning to‘g‘riligiga shubha tug‘diradi. Agar biror omil o‘z qiymatining atigi 1/1000 qismi darajasida ta’sir ko‘rsatayotgan bo‘lsa, holbuki u to‘liq ta’sir ko‘rsatishi kerak bo‘lgan vaziyatda, bunday omilni yuvilish mexanizmiga bevosita ta’sir qiluvchi omil deb qarash mumkin emas. Eng ehtimolli tushuntirish shuki, yuqorida qayd etilgan bir nechta omillar yuvilish jarayoniga birgalikda fizik ta’sir ko‘rsatadi. Ularni kompleks tarzda birikish kuchi orqali ifodalash qulay, chunki birikish nisbatan oddiy o‘lchanadigan kattalik hisoblanadi.



1-rasm. Bog‘langan gruntning yuvilish sharti.



2-rasm. Yopishish va agregat yirikligining kritik tezlikka ta’siri (Mirsxulava ma’lumotlari bo‘yicha).

1 — yopishishning o‘zgarishi, 2 — agregat yirikligining o‘zgarishida o‘rniga L deb o‘qish kerak.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

Agar gil grunt agregatlari oqim ta'sirida bosimning lokal pulsatsion pasayishi kuzatiladigan sohalarda uzilib chiqadi deb qabul qilinsa, bosimning pulsatsion pasayishi, oqim chegarasida quyidagiga teng deb qabul qilinishi mumkin:

$$p' = 3{,}5\rho u_*^2 \quad (5)$$

Atrofdagi grunt bilan birikishni saqlab turgan agregatning kritik muvozanat sharti quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$3{,}5\rho u_*^2 = k\sigma_p \quad (6)$$

bu yerda k - proporsionallik koeffitsiyenti.

$u_*^2 = \frac{V^2\lambda}{8}$ ekanligini inobatga olgan holda kritik tezlik uchun ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$V_{kr} \propto \sqrt{\sigma_p} \quad (7)$$

Bog'langan gruntlar uchun chegaraviy siljituvchi kuch bilan birikish kuchi o'rtasidagi juda katta farq gruntning toliqishi asosidagi buzilish modelidan foydalanishni keltirib chiqaradi. Shuningdek, koeffitsiyentlar tizimini kiritish orqali siljituvchi va ushlab turuvchi kuchlarni o'zaro moslashtirish imkonini berdi. Bunda toliqish bo'yicha meyoriy birikish qiymati aniqlanadi [101]. Siljishga nisbatan yopishish (ssepleniye) qiymati N.A.Sitovich usuli bo'yicha aniqlanadi. Dastlab $M = 0{,}1 \div 1{,}0$ ishqalanish koeffitsiyentiga, undan keyin esa $h_D = 0{,}16 \div 0{,}22$ dinamik mustahkamlik koeffitsiyentiga va oxirida eksperimental materialning bir jinslilik koeffitsiyentiga ko'paytiriladi.

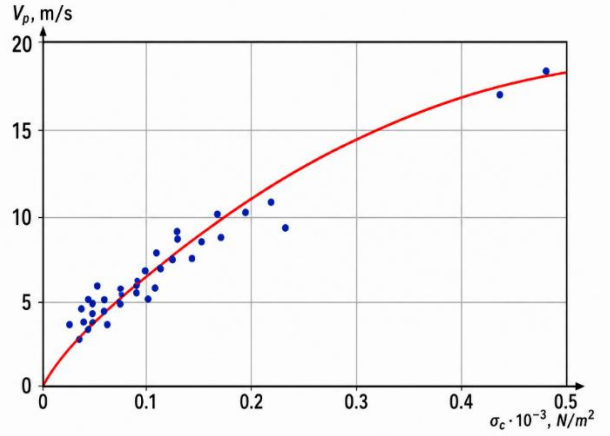
Ushbu koeffitsiyentlarni ko'paytirish hisobiy birikish koeffitsiyenti sifatida siljishga sharikli sinash usuli bilan aniqlangan dastlabki birikishga nisbatan 500-1000 marta kichikroq bo'lgan kattalikdan foydalanish imkonini beradi va shu bilan birga bog'langan gruntning ushbu mustahkamlik tavsifini uning yuvilishga sinash natijalari bilan muvofiqlashtiradi.

[Mirsxulava] ishda keltirilgan bog'langan gruntlarning kritik tezligini hisoblash usulida agregatlar og'irligi ham hisobga olinib, bunda bu og'irlik ularning diametrining uchinchi darajasiga bog'liq bo'ladi. Bog'langan grunt agregatining diametrini namunalarning mikrotuzilmaviy tahlili usuliga ko'ra aniqlash tavsiya etiladi. Agar bunga sharoit bo'lmasa, unda agregatlar diametrini 0,004 m ga teng deb qabul qilish mumkin. Bunda agregatlar diametri ham, grunt birikishi ham yuvilish tezligini oshiradi. 2-rasmda keltirilgan ma'lumotlar, ya'ni: $V_{kr} = f(\sigma_s)$ bog'lanishi (agregat yirikligi doimiy bo'lganda, $L = 0{,}004m$), $V_{kr} = f(L)$ bog'lanishi ($\sigma_c = (0{,}11 \div 0{,}12) \cdot 10^6 H/m^2$ bo'lganda), ushbu parametrlarning kritik tezlikka turlicha ta'sir ko'rsatishini aniqlaydi.

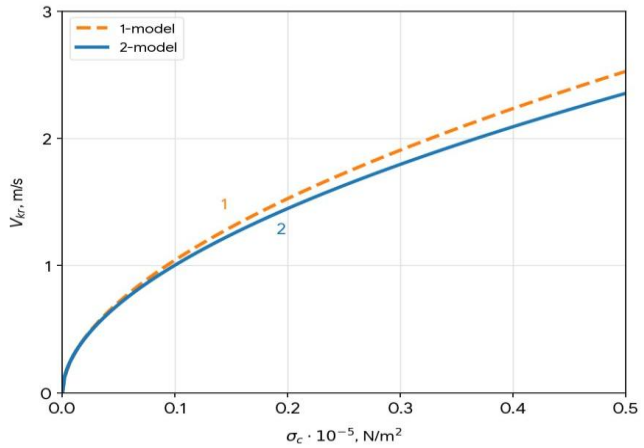
Shu sababli, bog'langan gruntlarning yuvilishga barqarorligini hisoblashda agregat diametrini xarakterli parametr sifatida kiritish qo'shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

Laboratoriya kanalida $h = 6sm$ o'zgarmas chuqurlikda, tabiiy sharoitlarga Mirsxulava qarshilikning kvadratik rejimini va unga mos keladigan profil tezligini taxmin qilgan holda amalga oshiradi. Bunga asos sifatida yuvilayotgan namunalarning sirt holatini kuzatish natijalari xizmat qilgan: ular shuni ko'rsatdiki, yuvilish boshlanganidan bir muncha vaqt o'tgach, sirt haqiqatan ham g'adir-budir) holatga keladi.

Bu holatda shuni ko'rsatib o'tish kerakki, ushbu sharoitda qarshilik rejimini namuna sirtining holati bilan bog'lash to'g'ri kelmaydi, chunki uzunligi 30 sm dan qisqa bo'lgan namuna sirtida yuvadigan oqimning tuzilmasi to'liq shakllanishga ulgurmaydi. Bizga ma'lumki [10], chegaraviy shartlar o'zgarganda oqimning barqarorlashish uzunligi yetarlicha katta bo'ladi va taxminan $\frac{L_{st}}{h} = \frac{4}{\lambda} \approx 200$ qiymatga teng. Shu sababli laboratoriya ma'lumotlarini tabiiy sharoitlarga o'tkazish mumkin deb hisoblanmaydi.



3-rasm. Tajriba kanali qarshiligini hisobga olgan holda chegaraviy (kritik) dinamik tezlikni aniqlash (Mirsxulava o'lchovlari bo'yicha).



4-rasm. Taqqoslash grafigi: Mirsxulava; - Borovkov.

A.P.Zegjda tomonidan tahlil qilingan yog‘och kanallarning qarshiligi bo‘yicha ko‘plab ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu kanallarning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti Reynolds soniga bog‘liq bo‘ladi va quyidagi bog‘lanish orqali aniqlanishi mumkin:

$$\lambda = \psi\lambda_{gl.} \qquad (8)$$

yaxshi sifatli qurilgan kanallar uchun $\psi = 1{,}17$ va $\lambda = \frac{0{,}316}{Re^{0{,}25}}$.

Eksperimental ma’lumotlarga asoslangan dinamik tezliklarning chegaraviy qiymatlari Mirtsxulava (8) formulasidan foydalanib hisoblangan natijalar 3-rasmda keltirilgan. Bu ma’lumotlar quyidagi munosabatga ko‘ra approksimatsiyalanadi:

$$u_{*kr} = 0{,}025\sqrt{\frac{\sigma_s}{\rho}} \qquad (9)$$

Bu yerda $\frac{[u_{*c}]m}{s}; \frac{[\sigma_s]N}{m^2}; \frac{[\rho]kg}{m^3}$. (9) munosabatdan gil gruntning yuvilishga nisbatan chegaraviy mustahkamlik shartini quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{\rho u_{*c}^2}{\sigma_c} = \frac{1}{1600} \qquad (10)$$

Kanal chuqurligi $h = 1m$ bo‘lganda va $n = 0{,}03$ bo‘lgan holatda, u_{*c} ning o‘rnatilgan qiymatlariga ko‘ra hisoblangan kritik (o‘rtacha) oqim tezliklari 1-jadvalda keltirilgan.

Yuqorida jadval ma’lumotlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, Mirsxulava tomonidan taklif etilgan usul asosida aniqlangan kritik tezliklar meyoriy xujjatlarda keltirilgan ruxsat etilgan tezliklarga deyarli mos tushadi. Ruxsat etilgan oqim tezliklari odatda kritik tezliklardan biroz past bo‘lishini inobatga olsak, Mirsxulava tajribalarini talqin qilish bo‘yicha amalga oshirilgan yondashuv qoniqarli natijalar beradi, deb hisoblash mumkin. Shunday qilib, bog‘langan gil gruntlar uchun kritik tezlikni quyidagi formulaga ko‘ra aniqlash mumkin:

$$V_{kr} = 0{,}025C\sqrt{\frac{\sigma_s}{\rho g}} \qquad (11)$$

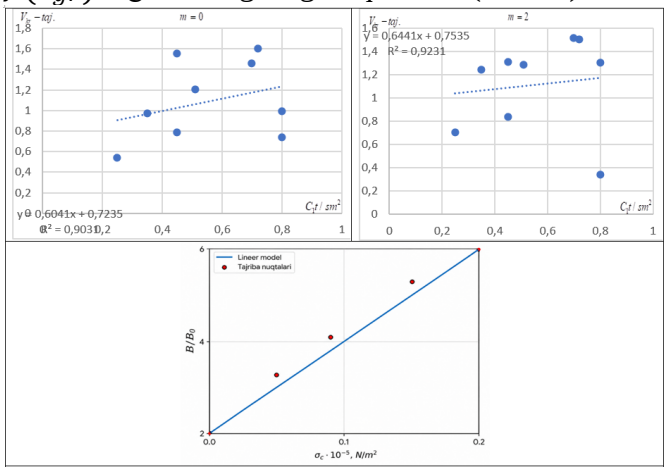
1-jadval

Chuqurligi 1 m bo‘lgan kanallar uchun hisoblangan kritik tezlik qiymatlarini meyoriy hujjatlar bo‘yicha ruxsat etilgan tezliklar bilan taqqoslash

Gruntlar	Siljishga yopishish $a_s \cdot 10^{-5}, \frac{N}{m^2}$	Hisobiy kritik tezlik V_{kr} m/s	Ruxsat etilgan tezlik, m/s	Ruxsat etilgan tezlik, m/s
Yumshoq, kam zich gil	0,05-0,1	0,73	0,7	0,40
Normal, o‘rtacha zich gil	0,1-0,2	1,03	1,2	0,85
Zich gil	0,2-0,4	1,46	1,5	1,20

Bu bog‘lanish Mirsxulavaning bog‘lanishiga qaraganda ancha sodda bo‘lib, u Mirsxulava bo‘yicha hisoblangan qiymatlarga yaqin qiymatlarini olish imkonini beradi (4-rasm).

Grunt birikish kuchining oqim yuvmaslik tezligiga bog‘liqlini o‘rganish uchun laboratoriya va dala tajribalari o‘tkazildi. Olingan tadqiqot ma’lumotlar kiritilgan. Laboratoriya tajribalari va dala tajribalaridan foydalanib $v_{kr} = f(C_{gr})$bog‘lanish grafigini quramiz (5-rasm).



5-rasm. Birikishning o‘zan kengligi yoyilishiga ta’siri $v_{kr} = f(C_b)$ (tajriba).

Tadqiqotlarda gruntning birikish kuchi qancha katta bo‘lsa, uning yuvilishga qarshiligi shuncha mustahkam bo‘lishi, aks holda esa yuvilishga moyilligi ko‘rindi (5-rasm).

Shuningdek, yana bir holatni ta’kidlashimiz

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

kerakki, bog‘lanmagan grunt zarrachalarining kanal qiyaliklarida yuvilishga nisbatan kamroq barqa-rorligi o‘zan kesimining asta-sekin yoyilib, kengayib borishiga sabab bo‘ladi. Bog‘langan gil gruntlar esa kanal tubida ham, yon tomon qiyaliklarida ham yuvilishga nisbatan bir xil mustahkamlikka ega bo‘ladi. Shuning uchun, bog‘langan gil gruntlardagi mustahkam o‘zan-larning nisbiy kengligi grunt birikishi qanchalik katta bo‘lsa, shunchalik kichik bo‘ladi (5-rasm).

Yuqorida keltirilgan munosabatdan kelib chiqib, bog‘langan gruntli trapetsiya shaklidagi kanallarda oqim yuvmaslik tezliklarini o‘rganish uchun laboratoriya tajribalari o‘tkazildi.

Bog‘langan gruntlarda oqimning yuvmaslik tezliklarini o‘rganish uchun laboratoriya sharoitida strukturasi buzilgan 6 xil va dala sharoitida 3 xil olingan gruntlardan foydalanildi. Bog‘langan grunt modeli Mirsxulava usuli bo‘yicha tayyorlandi.

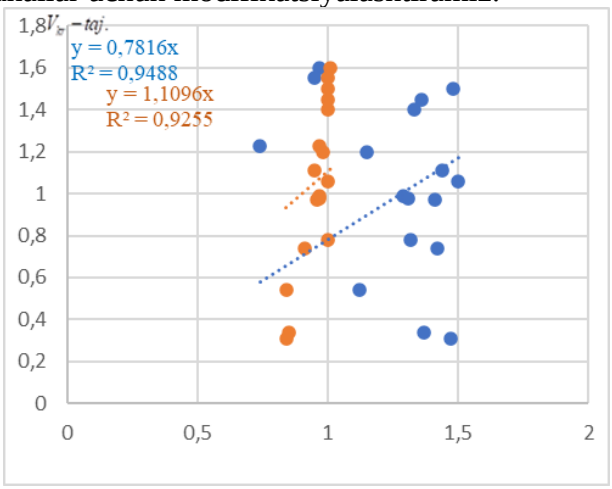
Bu bog‘langan gruntlardagi suv oqimining ta’siri natijasida sodir bo‘ladigan yuvilish jarayonini qarab chiqamiz. Buning uchun yuqorida keltirilgan 4.3-jadvaldan foydalanamiz.

Hisoblash natijasida kanal tubi ($m = 0$) va yon tomon qiyaliklari ($m = 2$) yuvish tezliklarining tajriba ma’lumotlari va Borovkov formulasiga (11) bo‘yicha hisoblangan qiymatlarni taqqoslasak, tajribalarda olingan yuvish tezliklarining qiymatlari Borovkov formulasi bo‘yicha hisoblangan qiymatlardan kattaligi kuzatiladi. Bizga ochiq o‘zanlar gidravlikasidan ma’lumki, trapetsiadal kanallarning yon tomon qiyaliklari o‘zan oqimini gidravlikasiga ancha ta’sir ko‘rsatadi. Bizning tajriba ma’lumotlari qiymatlarining Borovkov formulasi bo‘yicha hisoblangan qiymatlarning kattaligiga sabab, biz tomondan o‘tkazilgan tajribalar trapetsiadal kanallarda olib borilgan, Borovkov tajribalari esa keng, ya’ni o‘zan eni oqim chuqurligiga nisbatan ancha katta bo‘lgan kanal modellarida olib borilgan.

Bizning tajribalar ham Mirsxulava va Borovkovlar o‘tkazgan tajribalaridagidek, gruntning yuvilishi jarayoni bir necha bosqichlardan iborat bo‘lishi kuzatildi. Birinchi bo‘lib asosan monolit grunt bilan bog‘lanishi uzilgan mayda elementar dispers zarrachalarning (agregatlar) yuvilishi va bu holatning g‘adir-budir sirt paydo bo‘lishi bilan to‘xtaydi. Keyingi navbatda oqim tezligining ortishi mobaynida pulsatsiyali frontal va yuqoriga ko‘tarish (agregat) kuchlarining ortishi hisobiga agregatga nisbatan tebranish va dinamik kuchlanishlar ortadi. Bu ta’sirlar asta-sekin agregatlarning buzilishiga hamda teng ta’sir etuvchi aktiv kuchlarning agregat og‘irligi va birikish kuchlardan ustivorligi natijasida agregatning grunt monolitidan uzilishiga olib keladi.

Endi olib borilgan tajribalardan yuvilish jarayonini, ya’ni kanal o‘zani ko‘ndalang kesimi bo‘yicha yuvilishni kuzatadigan bo‘lsak, birinchi navbatda kanal tubi va yon tomon qiyaliklari pastki qismi tutashgan uchastkasining yuvilishi, keyin-chalik esa kanal tubi markazining va oxirida yon tomon qiyaliklarining yuqori qismi yuvilishi kuzatildi. Shuningdek, tajribalardan qumloq gruntli kanallarning qirg‘oqlarining ham yuvilishi va kichik sohillarni sodir bo‘lishi kuzatildi.

Yuqoridagi yuvilish jarayoni bilan bog‘liq bo‘lgan masalalarni yechimini topishga harakat qilamiz. Borovkovning kritik oqim yuvish tezliklarini aniqlash (11) bog‘lanishini trapetsiadal kanallar uchun modifikatsiyalashtiramiz.



6-rasm. Tajriba ma’lumotlari bilan $(V_{kr} = 0,025C\frac{\chi}{B}\sqrt{\frac{C_s}{\rho g}})$ ***formula va*** $(V_{kr} = 0,025C\sqrt{\frac{\sigma_s}{\rho g}})$ ***formulalar bo‘yicha hisoblangan qiymatlarning taqqoslanishi (m=0) (Muallif, Borovkov).***

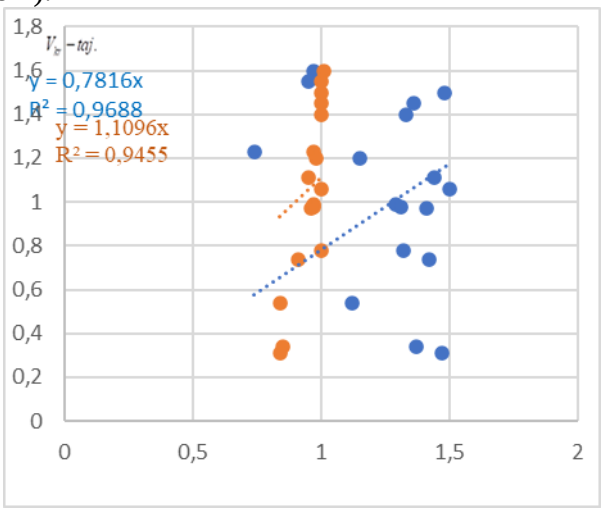
Buning uchun trapetsiadal kanal χ ho‘llanish perimetrining B suv sathini kengligiga nisbati o‘rtasida χ/B bog‘liqlik bor degan gipotezani kiritamiz. Bunga asosan trapetsiadal kanallarda oqimning yuvmaslik tezliklarini aniqlash uchun

(11) formulaga χ/B parametrni kiritsak, u holda bog‘lanish quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$V_{kr} = 0{,}025C\frac{\chi}{B}\sqrt{\frac{\sigma_s}{\rho g}} \qquad (12)$$

Olingan tajriba ma’lumotlari bo‘yicha kritik oqim yuvish tezligi qiymatlarini (12) formula bo‘yicha hisoblangan qiymatlarning taqqoslanishi 6-7 chi rasmda keltirilgan.

Tajriba ma’lumotlari, muallif va Borovkov formulalari bo‘yicha hisoblangan qiymatlarning taqqoslanishi, biz tomondan modifikatsiya qilingan tenglamaning Borovkov formulasidan ancha farqlanishini, olingan tajriba ma’lumotlari qiymatlari bilan o‘zaro yaqinligini ko‘rsatadi (6-rasm).



7- rasm. Tajriba ma’lumotlari bilan $V_{kr} = 0{,}025C\frac{\chi}{B}\sqrt{\frac{C_s}{\rho g}}$ ***formula va*** $V_{kr} = 0{,}025C\sqrt{\frac{\sigma_s}{\rho g}}$ ***formulalar bo‘yicha hisoblangan qiymatlarning taqqoslanishi (m=2) (Muallif, Borovkov).***

Regression tahlil natijalari bo‘yicha olingan tajriba ma’lumotlari bilan $(V_{kr} = 0{,}025C\frac{\chi}{B}\sqrt{\frac{C_s}{\rho g}})$ muallif bog‘lanishi asosida hisoblangan qiymatlarning ancha yaqinligi ko‘rinadi (7-rasm).

Demak, bog‘langan gruntli yer o‘zanli kanallardagi oqimning yuvmaslik tezliklarini aniqlashda yuqorida hosil qilingan $(V_{kr} = 0{,}025C\frac{\chi}{B}\sqrt{\frac{C_s}{\rho g}})$ foydalanish mumkin. Bu formula QN va Q larida kanallarni loyihalashda tavsiya qilingan Mirsxulava formulasidan ancha sodda ko‘rinishga ega bo‘lib, ishonchli natijalarni beradi.

Xulosa:

1. An’anaviy formulalardan farqli o‘laroq, yangi modifikatsiya o‘zanning geometrik shakli va ko‘ndalang kesimi o‘lchamlarini inobatga oladi. Bu esa oqimning o‘zan perimetri bo‘ylab ishqalanish va qarshilik kuchlarini to‘g‘ri baholash imkonini beradi.

2. Namlanish perimetri va o‘zan eni nisbatining (χ/B) kiritilishi, ayniqsa, turli shakldagi (trapetsiyasimon, uchburchak yoki to‘g‘ri burchakli) va har xil chuqurlikdagi kanallarda yuvmaslik tezligini hisoblash xatoliklarini sezilarli darajada kamaytiradi.

3. Mazkur nisbat oqimning grunt bilan aloqada bo‘lgan yuzasini ifodalagani sababli, bog‘langan gruntlarning (loyli, suglinka va gil tuproqlar) mustahkamlik va birlashish xususiyatlarini oqimning dinamik ta’siri bilan yanada realroq bog‘lashga xizmat qiladi.

4. Modifikatsiyalangan formula asosida o‘tkazilgan hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy usullarga nisbatan kritik tezlikni aniqlashdagi xatolik darajasi sezilarli darajada kamaydi. Bu esa bog‘langan gruntlarning (loyli, suglinka va gil tuproqlar) birikish xususiyatlarini oqimning gidrodinamik kuchlari bilan yanada aniqroq muvozanatlashtirishga xizmat qiladi.

5. Ishlab chiqilgan modifikatsiyalangan formula irrigatsiya va melioratsiya tizimlaridagi magistral kanallarni loyihalashda tuproq eroziyasi va o‘zan yuvilishi xavfini oldindan prognoz qilish imkonini beradi. Mazkur yondashuv kanallarning barqaror va xavfsiz o‘lchamlarini iqtisodiy jihatdan samarali belgilash hamda ularning ekspluatatsion muddatini uzaytirish uchun loyihalash tashkilotlariga tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Гайимназаров, И. Х. (2024). Натурные исследования по определению расхода наносов в условиях нестационарного течения. Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences, 4(4), 317–324.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

[2] Мирцхулава, Ц. Е. (1967). Размыв русел и методика оценки их устойчивости. Колос.
[3] Choo, Y.-M., Jeon, H.-S., & Seo, J.-C. (2021). Entropy-based shear stress distribution in open channel for all types of flow using experimental data. Entropy, 23(11), Article 1540. https://doi.org/10.3390/e23111540
[4] Chow, V. T. (1959). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.
[5] Eshev, S. S., Gayimnazarov, I. X., Latipov, S. A., Rahmatov, M. I., & Kholmamatov, I. K. (2023). Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels. AIP Conference Proceedings, 2612(1), Article 050033. https://doi.org/10.1063/5.0135363
[6] G‘ayimnazarov, I. X. (2025). Calculation of the parameters of the base rows in a non-stationary flow. Innovatsion texnologiyalar, 59(3), 62–66.
[7] G‘ayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, S., Rakhimov, A., & Guliyeva, S. (2025). Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows. AIP Conference Proceedings, 3256(1), Article 020041. https://doi.org/10.1063/5.0275207
[8] G‘ayimnazarov, I. X., Mamarasulov, S. R., & Toshmurodov, J. J. (2026). O‘zan tubi barqarorligini baholash usullari. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(1), 237–241. https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.30
[9] Granados, J. M., Bustamante, C. A., Toro-Botero, F. M., Cuervo, A. F., & Nieto-Londoño, C. (2023). Wall shear stress in open channel flow using different configurations of groynes. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 29(2), 138–146. https://doi.org/10.1080/09715010.2022.2026827
[10] Guo, J., & Julien, P. Y. (2005). Shear stress in smooth rectangular open-channel flows. Journal of Hydraulic Engineering, 131(1), 30–37. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2005)131:1(30)
[11] Henderson, F. M. (1966). Open channel flow. Macmillan.
[12] Lyapin, V. Yu., Cherkasskikh, S. N., Ryzhenkov, A. V., Volkov, A. V., & Dasaev, M. R. (2021). Some aspects of the shear stress distribution in non-uniform gradually varied open flows. International Journal of Engineering Trends and Technology, 69(12), 307–311. https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I12P237
[13] Maturi, F., & Behdarvandi Askar, M. (2019). Experimental study of the effects of flow discharge, diameter, and depth on shear stress in a rectangular channel with rigid unsubmerged vegetation. Journal of Applied Engineering Sciences, 9(2), 155–160. https://doi.org/10.2478/jaes-2019-0021
[14] Shiono, K., & Knight, D. W. (1991). Turbulent open-channel flows with variable depth across the channel. Journal of Fluid Mechanics, 222, 617–646. https://doi.org/10.1017/S0022112091001246
[15] Swamee, P. K., & Mittal, M. K. (1976). An explicit equation for critical shear stress in alluvial streams. Journal of Irrigation and Power, 33(2), 237–239.
[16] Yang, S.-Q. (2010). Depth-averaged shear stress and velocity in open-channel flows. Journal of Hydraulic Engineering, 136(11), 952–958. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000271

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Eshev, S. S., G‘ayimnazarov, I. X., Aralov, B. G., & Bozorov, B. E. (2026). Bog‘langan gruntli kanallarda yuvmaslik tezligini aniqlash. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3–1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.30