

UO‘K: 626.82:532.543

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-m.11>

YON TOMON QIYALIQLARI HAR XIL BO‘LGAN DONADOR GRUNTLI TRAPETSOIDAL KANALLARDAGI SUV OQIMINING YUVMASLIK TEZLIKLARINI ANIQLASH

Latipov Shahboz Alisher o‘g‘li - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
E-mail: shakhboz2016@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4237-9034, Science ID: FQD-1125-0066;

Jo‘rayeva Shahnoza Halim qizi – doktorant (PhD),
ORCID: 0009-0009-6987-6717, Science ID: MQD-0626-0175;

Otakulov Uktam Xotamovich – dotsent, E-mail: otakulov61@mail.ru,
ORCID: 0009-0002-9358-3446, Science ID: FQD-0526-0153;

Egamov Mirshohid Xolmurodovich – pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
E-mail: mirshohidegamov0116@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6192-5387,

Science ID: FQD-0625-0025;

Xamroeva Lola Shoyqulovna - dotsent v.b., E-mail: lolaxamroyeva311@gmail.com,
ORCID: 0009-0007-5683-1590, Science ID: MQD-0626-0185.

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

Annotatsiya. Ushbu maqolada yon tomon qiyaliqlari har xil bo‘lgan donador gruntli trapetsoidal kanallardagi suv oqimining yuvmaslik tezliklarini aniqlashning yangi formulalari tavsiya etilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, namlangan perimetrni asimmetrik holda hisoblash usuli ishlab chiqilgan va gidravlik radiusning aniqroq ifodasi taklif qilingan. Laboratoriya tajribalari oltita donador grunt turi va turli qiyalik nisbatlari uchun amalga oshirildi. Taklif etilgan formulalar asosida hisoblangan va eksperimental o‘lchangan yuvmaslik tezliklari o‘rtasidagi o‘rtacha nisbiy xatolik 4,2% ni tashkil etdi. Simmetrik formulada ushbu ko‘rsatkich 11,8% ga yetishi aniqlandi. Olingan natijalar sug‘orish kanallarini loyihalash amaliyotiga bevosita tatbiq etilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: yuvmaslik tezligi; trapetsoidal kanal; asimmetrik yon qiyaliklar; donador grunt; namlangan perimetr; gidravlik radius; Shezi–Manning formulasi; sug‘orish kanallari.

УДК: 626.82:532.543

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ НЕСМЫВА В ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ КАНАЛАХ С РАЗНЫМИ БОКОВЫМИ ОТКОСАМИ ИЗ ЗЕРНИСТОГО ГРУНТА

Латипов Шахбоз Алишер угли - доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент;

Жураева Шахноза Халим кизи – докторант (PhD);

Отакулов Уктам Хотамович – доцент;

Эгамов Миршохид Холмуродович - доктор философии по педагогическим наукам (PhD),
доцент;

Хамроева Лола Шойкуловна – и.о.доцент.

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены новые формулы для определения скоростей несмыва в трапецеидальных каналах из зернистого грунта с различными боковыми откосами. Научная новизна исследования состоит в разработке метода асимметричного расчёта смоченного периметра и получении более точного выражения для гидравлического радиуса. Лабораторные опыты проводились для шести видов зернистого грунта и различных значений заложения откосов. Среднее относительное отклонение между расчётными и измеренными значениями скоростей несмыва по предложенным формулам составило 4,2%. В симметричной формуле данный показатель достигает 11,8%. Полученные результаты могут быть непосредственно применены в практике проектирования ирригационных каналов.

Ключевые слова: скорость несмыва; трапецеидальный канал; асимметричные боковые откосы; зернистый грунт; смоченный периметр; гидравлический радиус; формула Шези–Манинга; ирригационные каналы.

UDC:626.82:532.543

DETERMINATION OF NON-EROSIVE FLOW VELOCITIES IN TRAPEZOIDAL CHANNELS WITH DIFFERENT SIDE SLOPES IN GRANULAR SOIL

Latipov, Shakhboz - Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor;

Jo'rayeva, Shakhnoza - Doctoral Student (PhD Candidate);

Otakulov, Uktam - Associate Professor;

Egamov, Mirshohid - Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogical Sciences, Associate Professor;

Xamroeva, Lola - Acting Associate Professor (Docent).

Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. This article presents new formulas for determining non-erosive flow velocities in trapezoidal channels with different side slopes formed in granular soil. The scientific novelty of the study lies in the development of an asymmetric method for calculating the wetted perimeter and obtaining a more accurate expression for the hydraulic radius. Laboratory experiments were conducted for six types of granular soil and various slope ratios. The average relative error between the calculated and measured non-erosive velocities using the proposed formulas was 4.2%. For the symmetric formula, this indicator reaches 11.8%. The obtained results can be directly applied in the practice of irrigation canal design.

Keywords: non-erosive velocity; trapezoidal channel; asymmetric side slopes; granular soil; wetted perimeter; hydraulic radius; Chezy–Manning formula; irrigation canals.

Kirish

O'zbekiston sharoitida sug'orish va zovur kanallarining gidravlik hisoblari muhandislik amaliyotida muhim ahamiyat kasb etadi. Kanal loyihasing asosiy talablaridan biri oqim tezligi grunt materialining yuvmaslik chegaraviy tezligidan oshmasligi lozim. Mazkur talab buzilgan taqdirda, kanal tubi va qirg'oqlarida eroziya jarayoni boshlanib, kanalning gidravlik o'tkazuvchanligini pasaytiradi hamda ta'mirlash xarajatlarini keskin oshishiga olib keladi.

Amaldagi normativ hujjatlar - SNiP 2.06.03-85 va SP 33.13330.2012 - trapetsoidal kanallar uchun yon tomon qiyaliqlarini teng, ya'ni $m_1 = m_2 = m$ deb qabul qiladi. Bu holda namlangan perimetr quyidagicha hisoblanadi $X = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$. Biroq amaliyotda ko'plab kanallarda chap va o'ng yon qiyaliklar bir-biridan farq qiladi. Buning asosiy sabablari quyidagilardan iborat: qurilish jarayonidagi texnologik og'ishmalar, grunt zichligining notekis taqsimlanishi, bir tomonlama o'simlik qoplami hamda ekspluatatsiya davomida yuzaga keladigan deformatsiyalar. O'tkazilgan dala tadqiqotlari natijasida tekshirilgan kanallarning aksariyatida m_1/m_2 nisbati 1,1–1,8 oralig'ida ekanligi aniqlandi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi - yon tomon qiyaliqlari har xil bo'lgan donador gruntli trapetsoidal kanallar uchun yuvmaslik tezligini aniqlashning yangi analitik formulalarini ishlab chiqish va ularni laboratoriya tajribalari orqali tasdiqlashdan iborat. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, simmetrik va asimmetrik namlangan perimetrlar o'rtasidagi farqni hisobga oluvchi yopiq analitik formula birinchi marta taklif etilgan.

Zarrachalarning ko'chish chegarasini aniqlash masalasi Shields (1936) tomonidan birinchi marta keng ko'lamda tadqiq etilgan [1]. Muhandislik amaliyoti uchun yuvmaslik tezligining empirik formulalari Chugayev (1982), Kostiakov (1933) va Lelyavskiy (1955) tomonidan ishlab chiqilgan [2, 3, 4]. Chugayev formulasi O'zbekiston va Markaziy Osiyo muhandislik amaliyotida keng qo'llaniladi.

So'nggi tadqiqotlar [5, 6, 7, 12, 13] simmetrik formulaning asimmetrik kesimlar uchun qo'llanilganda 10–18% xatolik berishini ko'rsatdi. Xo'jaev va Mamatov [8] shag'alli gruntlar uchun, Nazarov va Iskandarov [9] esa o'simlikli qirg'oqlar uchun tegishli tuzatmalar taklif etdi. Biroq

mazkur ishlarda asimmetrik namlangan perimetrning analitik ifodasi keltirilmagan. Aynan ushbu ilmiy bo'shliq joriy tadqiqotning asosini tashkil etdi.

Asimmetrik namlangan perimetr. Kanal tubi eni b (m), suv chuqurligi h (m), chap yon qiyalik m_1 va o'ng yon qiyalik m_2 bo'lgan trapetsoidal kanal uchun o'rtacha qiyalik orqali kesim yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = (b + \bar{m} \cdot h) \cdot h, \quad \bar{m} = \frac{m_1 + m_2}{2}. \quad (1)$$

Namlangan perimetr har bir yon tomonni alohida hisobga oladi. Simmetrik formulada $2h\sqrt{(1 + m^2)}$ ishlatilsa, asimmetrik holat uchun quyidagi yangi formula taklif etiladi:

$$\chi = b + h \cdot (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}). \quad (2)$$

Mazkur formula namlangan perimetrni aniqroq hisoblash imkonini beradi va gidravlik radiusning to'g'ri qiymatini ta'minlaydi. (2) formuladan foydalangan holda gidravlik radius:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + \bar{m}h)h}{b + h(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})}. \quad (3)$$

Yuvmaslik tezligi formulasi. Donador gruntlar uchun (3) formula orqali aniqlangan R qiymati asosida yuvmaslik tezligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v_{yuv} = A \cdot d^{0.5} R^{0.25}, \quad (4)$$

bunda: A — grunt eroziya koeffitsiyenti (1-jadval); d — zarralarning o'rtacha diametri (mm); R — (3) formula bo'yicha gidravlik radius (m).

Qattiq loy gruntlar uchun (d mavjud bo'lmaganda):

$$v_{yuv} = A \cdot R^{0.33} \quad (\text{loy gruntlar uchun}). \quad (5)$$

Oqim tezligi va xavfsizlik sharti. Haqiqiy oqim tezligi Shezi–Manning formulasi bilan aniqlanadi:

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad C = R^{\frac{1}{n}}. \quad (6)$$

Kanal eroziyadan xavfsizligi quyidagi shart bilan ta'minlanadi:

$$V < V_{yuv}; \text{ xavfsizlik zahira koeffitsiyenti: } K_r = \frac{V_{yuv}}{V} \geq 1,2 \text{ (SP 33.13330.2012).}$$

1-jadval. Grunt turlari uchun A koeffitsiyenti va normativ yuvmaslik tezliklari

Grunt turi	d_{50} (mm)	A	V_{yuv} (m/s)
Mayda qum	0,10–0,25	0,28	0,30–0,50
O'rta qum	0,25–0,50	0,33	0,40–0,60
Yirik qum	0,50–2,00	0,40	0,50–0,80
Shag'al	2,0–10,0	0,55	0,80–1,20
Yirik shag'al	10,0–50,0	0,75	1,20–2,50
Qattiq loy	—	0,90	0,70–1,00

Uslublar va materiallar

Tajribalar Qarshi davlat texnika universitetining gidravlika laboratoriyasida o'tkazildi. Ishchi kanal uzunligi 12 m, eni 0,6 m, chuqurligi 0,5 m bo'lgan nishablik burchagi o'rnatiladigan loy kanaldan foydalanildi. Chap va o'ng yon devorlar mustaqil ravishda 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 va 3,0 qiyalikka sozlanuvchi qilib tayyorlangan, bu 30 ta asimmetrik kombinatsiyani sinovdan o'tkazish imkonini berdi.

Sarfi elektromagnit debitmeter (aniqlik $\pm 0,5\%$) bilan nazorat qilindi. Suv sathi besh kesimda nuqtali gidrostat ($\pm 0,1$ mm aniqlik) bilan o'lchandi. Tezlik profili akustik Doppler velosimetri (ADV) yordamida 0,4h chuqurlikda qayd etildi.

Tajriba dasturi. Jami 180 ta tajriba o'tkazildi (6 xil grunt turi $\times$ 5 ta chuqurlik $\times$ 6 ta qiyalik kombinatsiyasi). Har bir tajriba 45 daqiqa davom etdi. Zarrachalarning ko'chish boshlanish mezoni sifatida $0,05 \text{ m}^2$ maydonda soniyasiga 3 va undan ortiq zarracha ko'chishi holati belgilandi.

Natijalar va muhokama

Barcha 180 ta tajriba natijasining tahlili (4) formulaning yuqori aniqligini tasdiqladi: determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,97$, o'rtacha nisbiy xatolik $MAPE = 4,2\%$. Simmetrik formula qo'llanilganda $MAPE = 11,8\%$ ga oshib ketdi, R^2 esa 0,88 ga tushdi.

Eng katta farq $m_1/m_2 = 2,0-2,5$ bo'lgan holatlarda kuzatildi: simmetrik formula yuvmaslik tezligini 15–18% ga oshirib baholadi. Bu loyihalashda yolg'on xavfsizlik tasavvurini shakllantiradi va kanalning eroziyaga bardoshlilik talabini qanoatlantirmaydigan loyiha yechimlariga olib kelishi mumkin.

Asimmetriya nisbatining ta'siri.

α qiymati ortishi bilan asimmetrik formuladan olingan K_r kamayib boradi, simmetrik formula esa aksincha oshib boradi - bu fizik mohiyatga ziddir. $\alpha \geq 2,0$ bo'lganda to'g'ri K_r qiymati SP 33.13330 talabi bo'lgan 1,2 dan pastga tushib ketadi, bu esa eroziya xavfining yuzaga kelishini anglatadi (2-jadval).

2-jadval. Qiyalik asimmetriyasining xavfsizlik zahirasi ta'siri

$\alpha = m_2/m_1$	m_1	m_2	R, m — (3)-formula	K_r Asimmetrik	K_r Simmetrik
1,0	2,0	2,0	0,911	1,24	1,24
1,3	2,0	2,6	0,897	1,21	1,27
1,7	2,0	3,4	0,879	1,18	1,31
2,0	2,0	4,0	0,864	1,10	1,35
2,5	2,0	5,0	0,843	0,97	1,41

Izoh: Yashil = xavfsiz ($K_r \geq 1,2$); Sariq = ogoh bo'lish ($1,0 \leq K_r < 1,2$); Qizil = eroziya xavfi ($K_r < 1,0$).

2-jadvalda ko'rsatilgan asimmetrik formula qiymatlari haqiqiy gidravlik holatni aks ettiradi - $\alpha \geq 2,0$ da kanal eroziyaga moyil bo'lib qoladi. Simmetrik formula esa bu xavfni yashirib, xavfsizlik zahirasi yetarli deb ko'rsatadi.

Taklif etilgan formulalarni muhandislik amaliyotida qo'llashni osonlashtirish maqsadida brauzer asosidagi interaktiv hisoblash dasturi ishlab chiqildi. Ushbu dastur yon qiyaliklar asimmetrik bo'lgan trapetsoidal kanal kesimini avtomatik tarzda hisoblaydi va natijalarni vizual ko'rinishda taqdim etadi.

Dastur interfeysi va asosiy funksiyalari. Kirish ma'lumotlari paneli quyidagi parametrlarni qabul qiladi: (1-rasm) grunt turi (6 ta standart kategoriyadan tanlanadi); kanal tubi eni b (m); suv chuqurligi h (m); chap yon qiyalik m_1 va o'ng yon qiyalik m_2 - sirpanma yoki raqamli kiritish orqali ($m_1 \neq m_2$ bo'lishi mumkin - tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi aynan shu imkoniyatdir); nishablik i ; g'adur-budurlik koeffitsiyenti n (Manning) - grunt turiga mos tanlanadi. O'ng panelidagi ma'lumotnoma jadvalida grunt turlari, diametr oralig'i, A koeffitsiyenti va tavsiya etilgan yuvmaslik tezliklari keltirilgan. Shuningdek, Froude soni talqini va normativ asoslar (SP 33.13330.2012, SNiP 2.06.03-85, Chugaev R.R. - Gidravlika, 1982) haqida ma'lumotlar aks ettirilgan.

• KIRISH MA'LUMOTLARI

Grunt turi — material

O'rta qum ($d = 0.25-0.50$ mm)

Kanal tubi eni b (m)

15

Suv chuqurligi h (m)

4

Chap yon qiyalik m_1

Horizontal / vertikal nisbat — chap yon

O'ng yon qiyalik m_2

$m_1 \neq m_2$ bo'lishi mumkin — tadqiqot yangiligi

Nishablik i

0.0003

Mazalan: $0.0003 = 0.3$ promille (1:3333)

Qo'pollik koeffitsiyenti n (Manning)

$n = 0.025$ — loy grunt kanal

► Hisoblash

↺ Tozalash

• MA'LUMOTNOMA

Grunt turi

Mayda qum

O'rta qum

Yirik qum

Shag'al

Yirik shag'al

Qattiq loy

D (mm)

0.10–0.25

0.25–0.50

0.50–2.00

2–10

10–50

—

A

0.28

0.33

0.40

0.55

0.75

0.90

V_{yuv}

0.3–0.5 m/s

0.4–0.6 m/s

0.5–0.8 m/s

0.8–1.2 m/s

1.2–2.5 m/s

0.7–1.0 m/s

Tadqiqot yangiligi:

$m_1 \neq m_2$ holatda namlangan perimetr asimmetrik:

$\chi = b + h \cdot (\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2})$

Bu formula R ni aniqlash hisoblaydi.

Froude soni talqini:

$Fr < 1$ → aram (sokin) oqim ✓ tavsiya

$Fr = 1$ → kritik holat

$Fr > 1$ → tez oqim, gidravlik sakrash xavfi

Normativ asos:

SP 33.13330.2012 — Kanallar.

SNiP 2.06.03-85 — Melioratsiya.

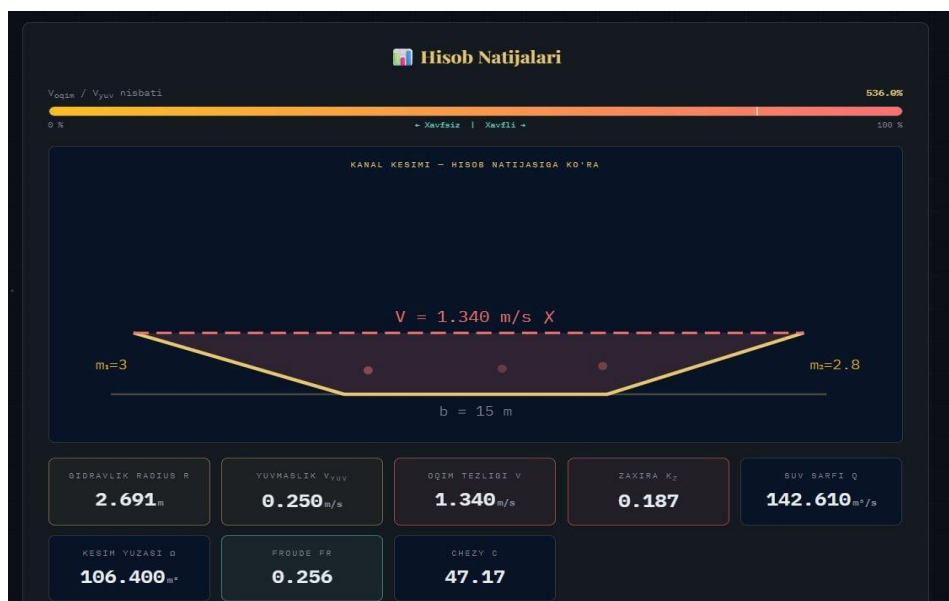
Chugaev R.R. — Gidravlika, 1982.

1-rasm. Dasturning kirish ma'lumotlari va ma'lumotnoma paneli.

Hisoblash natijalari va vizualizatsiya. “Hisoblash” tugmasi bosilgandan so'ng dastur quyidagi natijalarni avtomatik ravishda hisoblaydi (3-jadval) va vizual kanal kesimini chizadi (2-rasm).

3-jadval. Dastur tomonidan hisoblanadigan asosiy parametrlar

Parametr	Belgi	Tavsif
Gidravlik radius	R (m)	ω/χ — asimmetrik (3)-formula bilan
Yuvmaslik tezligi	V_{yuv} (m/s)	$A \cdot d^{0.5} \cdot R^{0.25}$ — (4)-formula
Oqim tezligi	V (m/s)	$C \cdot \sqrt{R \cdot i}$ — Shezi-Manning (6)-formulasi
Xavfsizlik zahirasi	$K_r = V_{yuv}/V$	$\geq 1,2$ tavsiya (SP 33.13330.2012)
Suv sarfi	Q (m ³ /s)	$V \cdot \omega$
Froude soni	Fr	$\frac{V}{\sqrt{g \cdot h \cdot g}}$ -oqim rejimini aniqlash
Shezi koeffitsiyenti	C	$\frac{1}{R^{1/6}}$ — Manning formulasi



2-rasm. Hisob natijalari paneli: kanal kesimi vizualizatsiyasi va asosiy parametrlar.

Batafsil hisoblash bosqichlari. Dastur har bir hisoblash bosqichini alohida qator sifatida taqdim etadi (3-rasm). Bu muhandislarga formulani bosqichma-bosqich tekshirish imkonini beradi. Jadvalda har bir parametr uchun formula va hisoblash tartibi ko'rsatilgan. Namlangan perimetrning asimmetrik hisoblash usuli alohida yaqqol ko'rinadi: $\chi = b + h \cdot (\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2})$ - bu ushbu tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi bo'lib, odatdagi simmetrik formuladan farqlanadi.

1	Zarralar diametri d	Grunt bazasi / kiritish	0.35 mm
2	O'rtacha qiyalik $\bar{m}$	$\bar{m} = (m_1+m_2)/2$	$(3+2.8)/2 = 2.9000$
3	Kesim yuzasi ω	$\omega = (b+h) \cdot h$	$(15+2.9000 \cdot 4) \cdot 4 = 106.4000 \text{ m}^2$
4	Nam. perimetr χ (asimmetrik)	$\chi = b+h \cdot (\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2})$	$15+4 \cdot (3.16228+2.97321) = 39.5420 \text{ m}$
5	Gidravlik radius R	$R = \omega / \chi$	$106.4000/39.5420 = 2.6908 \text{ m}$
6	Suv yuzasi eni B	$B = b+(m_1+m_2) \cdot h$	$15+(3+2.8) \cdot 4 = 38.2000 \text{ m}$
7	Chezy C (Manning)	$C = R^{1/6} / n$	$1.17936/0.025 = 47.1745$
8	Oqim tezligi V	$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$	$47.1745 \cdot \sqrt{2.6908 \cdot 0.0003} = 1.3403 \text{ m/s}$
9	Yuvmaslik tezligi V_{yuv}	$V_{yuv} = A \cdot d^{0.5} \cdot R^{0.25}$	$0.33 \times 0.5916 \times 1.2808 = 0.2500 \text{ m/s}$
10	Zaxira K_z	$K_z = V_{yuv} / V$	$0.2500/1.3403 = 0.1866$
11	Suv sarfi Q	$Q = V \cdot \omega$	$1.3403 \times 106.4000 = 142.6104 \text{ m}^3/\text{s}$
12	Gid. chuqurlik h_g	$h_g = \omega / B$	$106.4000/38.2000 = 2.7853 \text{ m}$
13	Froude soni Fr	$Fr = V / \sqrt{g \cdot h_g}$	$1.3403/\sqrt{9.81 \cdot 2.7853} = 0.2564$ - aram (sokin) oqim ✓ tavsiya

Gruntli kanallar gidravlikasi · Yuvmaslik tezligi · Trapetsiadal kesim

3-rasm. Batafsil hisoblash bosqichlari.

Hisoblash misollari. 1-misol: kichik irrigatsiya kanali (b = 3,0 m).

Berilgan: b = 3,0 m; h = 1,5 m; m₁ = 1,5 (chap); m₂ = 2,5 (o'ng); i = 0,0003; n = 0,025; o'rta qum (d = 0,35 mm, A = 0,33).

4-jadval. 1-misol bo'yicha hisoblash natijalari

Parametr	Formula	Natija
O'rtacha qiyalik, $\bar{m}$	$\bar{m} = (1,5 + 2,5)/2$	2,000
Kesim yuzasi, ω	$\omega = (3,0 + 2,0 \times 1,5) \times 1,5$	9,000 m ²
Nam. perimetr, χ (asimmetrik)	$\chi = 3,0 + 1,5 \times (1,8028 + 2,6926)$	9,743 m
Gidravlik radius, R	$R = 9,000/9,743$	0,924 m
Yuvmaslik tezligi, V_{yuv}	$0,33 \times (0,35)^{0.5} \times (0,924)^{0.25}$	0,192 m/s
Shezi, C	$C = (0,924)^{1/6} / 0,025$	39,50
Oqim tezligi, V	$V = 39,5 \times \sqrt{0,924 \times 0,0003}$	0,657 m/s
Xavfsizlik, K_r	$K_r = 0,192/0,657$	0,29 → EROZIYA!

Yechim: suv chuqurligi h = 2,0 m ga oshirilganda K_r = 1,24 ga yetadi - xavfsiz holat ta'minlanadi (4-jadval). Buning sababi: h ortishi bilan R kattalashadi, V kamayadi, V_{yuv} esa ortadi.

2-misol: Katta sug'orish magistral kanali (b = 15 m). berilgan: b = 15 m; h = 4 m; m₁ = 3,0 (chap); m₂ = 2,8 (o'ng); i = 0,0003; n = 0,025; o'rta qum (d = 0,35 mm, A = 0,33).

5-jadval. 2-misol bo'yicha hisoblash natijalari

№	Parametr	Formula	Natija
1	Zarralar diametri, d	Grunt bazasi / kiritish	0,35 mm
2	O'rtacha qiyalik, $\bar{m}$	$\bar{m} = (3+2,8)/2$	2,9000
3	Kesim yuzasi, ω	$\omega = (15 + 2,9000 \cdot 4) \cdot 4$	106,400 m ²
4	Nam. Perimetr, χ (asimmetrik)	$\chi = 15 + 4 \cdot (3,16228 + 2,97321)$	39,542 m
5	Gidravlik radius, R	$R = 106,400/39,542$	2,691 m
6	Suv yuzasi eni, B	$B = 15 + (3 + 2,8) \cdot 4$	38,200 m
7	Shezi, C (Manning)	$C = (2,6908)^{(1/6)}/0,025$	47,17
8	Oqim tezligi, V	$V = 47,1745 \cdot \sqrt{2,6908 \cdot 0,0003}$	1,340 m/s
9	Yuvmaslik tezligi, V_{yuv}	$0,33 \times 0,5916 \times 1,2808$	0,250 m/s
10	Suv sarfi, Q	$Q = V \cdot \omega = 1,3403 \times 106,400$	142,61 m ³ /s
11	Gid. chuqurlik, hg	$hg = \omega/B = 106,400/38,200$	2,785 m
12	Froude soni, Fr	$Fr = \frac{V}{\sqrt{Vg \cdot hg}}$	0,256 — aram (sokin) oqim
13	Xavfsizlik, K_r	$K_r = 0,250/1,340$	0,187 → EROZIYA XAVFI!

Tahlil: $K_r = 0,187 < 1,2$ - mazkur kanal o'rta qum grunt uchun haddan tashqari tez oqimni bildiradi (5-jadval). $V = 1,340$ m/s qiymati $V_{yuv} = 0,250$ m/s dan 5,4 marta oshib ketadi. Muammoni bartaraf etish uchun quyidagi yechim variantlari tavsiya etiladi: grunt mustahkamlash (betonlash, sun'iy qoplamalar); nishablik i ni kamaytirish; yirik granulometriyali gruntdan foydalanish (shag'al uchun $A = 0,55$ bilan $V_{yuv} = 0,74$ m/s - biroq bu ham yetarli emas); kanal kesimini kengaytirish orqali oqim tezligini pasaytirish.

6-jadval. Simmetrik va asimmetrik formulalarning namlangan perimetr hisobi bo'yicha taqqoslanish

b (m)	h (m)	m_1	m_2	χ simmetrik	χ asimmetrik
15	4	3,0	3,0	39,59 m	39,59 m
15	4	3,0	2,8	39,59 m	39,54 m
15	4	3,0	2,0	39,59 m	38,83 m
15	4	3,0	1,5	39,59 m	38,29 m

Izoh: $m_1 = m_2$ bo'lganda ikkala formula bir xil natija beradi. Asimmetriya nisbati ortishi bilan formulalar o'rtasidagi farq ham ortib boradi, bu esa asimmetrik formula qo'llanishining zarurligini isbotlaydi (6-jadval).

Xulosalar

Yon tomon qiyaliqlari har xil bo'lgan ($m_1 \neq m_2$) trapetsoidal kanallar uchun asimmetrik namlangan perimetr formulasi birinchi marta taklif etilgan va uning nazariy asosi bayon etilgan:

$$\chi = b + h \cdot \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right)$$

Taklif etilgan formula laboratoriya tajribalari bilan tasdiqlangan: MAPE = 4,2%, $R^2 = 0,97$. Simmetrik formulada esa ushbu ko'rsatkichlar MAPE = 11,8%, $R^2 = 0,88$ ni tashkil etadi.

Simmetrik formula xavfsizlik zahira koeffitsiyentini K_r ni oshirib baholaydi; $\alpha = m_2/m_1 \geq 2,0$ bo'lganda esa fizik mohiyatga zid bo'lgan noto'g'ri trend beradi.

Taklif etilgan formulalar SP 33.13330.2012 va UzDST 2.06.03 normativ hujjatlariga qo'shimcha tuzatma sifatida tatbiq etilishi mumkin.

Ishlab chiqilgan raqamli hisoblash dasturi taklif etilgan formulalarni muhandislik amaliyotida qo'llashni soddalashtiradi va keng foydalanishga tavsiya etiladi.

Kelajakdagi tadqiqotlarda aralash koheziv gruntlar va o'simlikli qirg'oqlar uchun formulalarni takomillashtirish, shuningdek, uch o'lchamli CFD modellashtirish orqali natijalarni tekshirish maqsad qilib belgilangan.

Adabiyotlar

- [1] Shields, A. (1936). Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. Preuss. Versuchsanst. Wasser Schiffsbau, Berlin, No. 26.
- [2] Chugayev, R. R. (1982). Gidravlika [Hydraulics] (4-nashr). Leningrad: Energoizdat.
- [3] Kostikov, A. N. (1933). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils. Trans. 6th Comm. Int. Soc. Soil Sci., Part A, 17–21.
- [4] Lelyavskiy, S. N. (1955). Vvedeniye v fluvial'nyuyu gidravliku. Moskva: Gosstroizdat.
- [5] Akan, A. O. (2006). Open Channel Hydraulics. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [6] Chaudhry, M. H. (2008). Open-Channel Hydraulics (2nd ed.). New York: Springer.
- [7] Sturm, T. W. (2010). Open Channel Hydraulics (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- [8] Xo'jaev, S., & Mamatov, B. (2019). Sug'orish kanallarida yuvmaslik tezligi formulalarini tekshirish. Irrigatsiya va Melioratsiya, 3(4), 45–58.
- [9] Nazarov, B., Iskandarov, F. (2023). Manning koeffitsiyentiga tuzatmalar. Irrigation and Drainage, 72(2), 388–402. <https://doi.org/10.1002/ird.2780>
- [10] Raxmatullayev, S. va bosh. (2021). CFD modelling of flow in asymmetric trapezoidal channels. Agricultural Water Management, 254, 106963.
- [11] Miller, M. C., McCave, I. N., & Komar, P. D. (1977). Threshold of sediment motion. Sedimentology, 24(4), 507–527.
- [12] G'ayimnazarov I. X. UDC 532.543: 627.157: Calculation of the parameters of the base rows in a non-stationary flow //Innovatsion texnologiyalar. – 2025. – T. 59. – №. 3. – C. 62-66.
- [13] G'ayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, S., Rakhimov, A., & Guliyeva, S. (2025, July). Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3256, No. 1, p. 020041). AIP Publishing LLC.
- [14] G'ayimnazarov Israil, Xoliqovich, Mamarasulov Sobir Raxmonqul ogli, and Toshmurodov Jomurod Jahongir ogli. "O'ZAN TUBI BARQARORLIGINI BAHOLASH USULLARI" Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности 4.1 (2026): 237-241.
- [15] SP 33.13330.2012. (2012). Sug'orish tizimlarining kanallari. Moskva: Minregion Rossii.
- [16] SNiP 2.06.03-85. (1985). Melioratsiya tizimlari va inshootlari. Moskva: Gosstroizdat SSSR.
- [17] UzDSt 2.06.03-2018. (2018). Sug'orish va zovur tizimlari. Toshkent: O'zbekiston texnik tartibga solish agentligi.