

UO‘K: 626.823.914:532.59 (575.3)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.38

BETON QOPLAMALI TO‘G‘RI TO‘RTBURCHAK KANALLARDA QIRG‘OQ KOEFFITSIYENTNI ANIQLASH VA UNING TEZLIK TAQSIMOTIGA TA‘SIRINI BAHOLASH



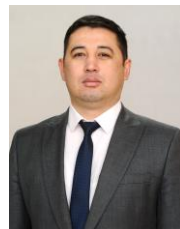
**Otaxonov Maqsud
Yusufovich**

“Smart Solution System” MCHJ
laboratoriya mudiri, dotsent,
Tashkent, O‘zbekistan
E-mail: maksud.otakhonov@bk.ru
ORCID ID: 0000-0003-3969-4436



**Babajanov Farruhbek
Karimovich**

Texnika fanlari falsafa doktori,
dotsent, TIQXMMI Milliy tadqiqot
universiteti, Tashkent, O‘zbekistan
E-mail:
babajanovfarruh@mail.com
ORCID ID: 0000-0001-7669-5687



**Allayorov Davronjon
Shamsiddinovich**

DSc doktorant, Toshkent davlat
transport universiteti, Tashkent,
O‘zbekistan
E-mail: d.allayorov@tiame.uz
ORCID ID: 0000-0002-1745-6907



**Zokirov Ilhomjon
Bahtiyor o‘g‘li**

PhD doktorant, TIQXMMI Milliy
tadqiqot universiteti,
Tashkent, O‘zbekistan
E-mail:
ilhomjonzokirov1@gmail.com
ORCID ID: 0009-0005-9672-3987

Annotatsiya. Beton qoplamali to‘g‘ri to‘rtburchak kanallarda qirg‘oq koefitsiyentini aniqlash va tezlik taqsimotini baholash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari keltiriladi. Tadqiqotlar “Smart Solution System” MCHJ laboratoriyasida qurilgan K-2 kanalida olib borildi. Kanal kesimida 9 ta vertikal tanlanib, har birida 10 sm, 23 sm va 33 sm chuqurliklarda tezlik o‘lchovlari bajarildi. Aniqlikni oshirish uchun har bir nuqtada 3 marotaba o‘lchov amalga oshirilib, arifmetik o‘rtacha qiymatlar hisobga olindi. O‘lchov ishlari Universal Muline (CM-32) gidrometrik vertushkasi va elektromagnit suv sarfi o‘lchash qurilmasi yordamida bajarildi. Olingan natijalar asosida qirg‘oq koefitsiyentini aniqlash uchun maxsus formula ishlab chiqildi. Hisoblash jarayonida kanal bo‘yicha olingan o‘rtacha tezlik qiymatlari hamda qirg‘oq zonalaridagi tezliklar taqqoslanib, qirg‘oq koefitsiyenti qiymati $T=0.92$ ga teng ekani aniqlandi. Shuningdek, gidrometrik o‘lchovlar orqali aniqlangan suv sarfi $Q=0.443$ m³/s bo‘lib, u elektromagnit o‘lchash qurilmasida qayd etilgan $Q=0.445$ m³/s qiymatiga juda yaqin natija berdi. Ularning farqi $\Delta Q=0.002$ m³/s bo‘lib, 1% xatolikni tashkil etdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, qirg‘oq zonalarida tezlik keskin kamayib, kanal markazida esa yuqoriroq qiymatlar kuzatildi. Qirg‘oq va markaziy qismlar orasidagi maksimal tezlik farqi $\Delta \theta=16-29$ % ni tashkil etdi. Ushbu natijalar kengligi 2.5 m bo‘lgan, beton qoplamali kanallarga tegishli bo‘lib, boshqa shakl va o‘lchamlardagi kanallar uchun qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazishni taqozo etadi.

Kalit so‘zlar: Qirg‘oq koefitsiyenti, beton qoplamali to‘g‘ri to‘rtburchak kanal, gidrometrik vertushka, elektromagnit suv o‘lchagich, oqim tezligi, tezlik taqsimoti, laboratoriya tajribalari, vertikal bo‘yicha tezliklar.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА БЕРЕГА И ОЦЕНКА ЕГО ВЛИЯНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ БЕТОННЫХ КАНАЛАХ

**Отахонов Максуд
Юсуфович**

Заведующий лабораторией ООО
«Smart Solution System», доцент,
Ташкент, Узбекистан

**Бабажанов Фаррухбек
Каримович**

Доктор философии технических
наук, доцент, Национальный
исследовательский университет
ТИИИМСХ, Ташкент,
Узбекистан

**Аллаёров Давронжон
Шамсиддинович**

DSc докторант, Ташкентский
государственный транспортный
университет,
Ташкент, Узбекистан

**Закиров Илхомджон
Бахтиёр угли**

Докторант PhD, Национальный
исследовательский университет
ТИИИМСХ,
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований, проведённых по определению коэффициента берега и оценке распределения скоростей в прямоугольных бетонных каналах. Эксперименты выполнялись в лаборатории ООО «Smart Solution System» на специально построенном канале К-2. В поперечном сечении канала было выбрано 9 вертикалей, на каждой из которых измерения скоростей проводились на глубинах 10 см, 23 см и 33 см от поверхности воды. Для повышения точности каждое измерение повторялось трижды, а итоговые значения определялись как арифметическое среднее. Измерения осуществлялись с использованием гидрометрической вертушки Universal Muline (CM-32) и электромагнитного расходомера. На основе полученных данных была разработана специальная формула для определения коэффициента берега. В результате вычислений установлено, что значение коэффициента берега составляет $T=0.92$. Кроме того, расход, определённый гидрометрическими измерениями, составил $Q=0.443$ м³/с, что практически совпадает с результатом, полученным при помощи электромагнитного расходомера — $Q=0.445$ м³/с. Разница составила всего $\Delta Q=0.002$ м³/с, что соответствует 1% погрешности. Результаты исследований показали, что в прибрежной зоне скорость потока резко уменьшается, тогда как в центральной части канала наблюдаются более высокие значения. Максимальная разница скоростей между берегом и центром канала составила $\Delta v=16-29\%$. Эти результаты характерны для прямоугольных бетонных каналов шириной 2.5 м, однако для каналов иных форм и размеров необходимы дополнительные исследования.

Ключевые слова: Береговой коэффициент, бетонированный прямоугольный канал, гидрометрическая вертушка, электромагнитный водомер, скорость потока, распределение скоростей, лабораторные эксперименты, скорости по вертикали.

DETERMINATION OF THE BANK COEFFICIENT AND EVALUATION OF ITS EFFECT ON VELOCITY DISTRIBUTION IN RECTANGULAR CONCRETE-LINED CHANNELS

**Otakhonov Maksud
Yusufovich**

Head of the laboratory of LLC
“Smart Solution System”, Associate
Professor, Tashkent, Uzbekistan

**Babajanov Farrukhbek
Karimovich**

Doctor of Philosophy in Technical
Sciences, Associate Professor,
National Research University
TIAME, Tashkent, Uzbekistan

**Allayorov Davronjon
Shamsiddinovich**

DSc doctoral student, Tashkent
State Transport University,
Tashkent, Uzbekistan

**Zakirov Ilkhomjon
Bakhtiyor ugli**

PhD doctoral student, National
Research University of TIAME,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of a study on the determination of the bank coefficient and the evaluation of velocity distribution in rectangular concrete-lined channels. The experiments were conducted in the laboratory of “Smart Solution System” LLC on the specially constructed K-2 channel. Nine verticals were selected across the channel cross-section, and velocity measurements were taken at depths of 10 cm, 23 cm, and 33 cm from the water surface. To improve accuracy, each measurement was repeated three times, and the final values were calculated as arithmetic means. The measurements were carried out using a Universal Muline (CM-32) hydrometric current meter and an electromagnetic flowmeter. Based on the obtained data, a specific formula for determining the bank coefficient was developed. The calculations showed that the value of the bank coefficient was $T=0.92$. Furthermore, the

discharge determined from hydrometric measurements was $Q=0.443 \text{ m}^3/\text{s}$, which was very close to the discharge obtained from the electromagnetic flowmeter — $Q=0.445 \text{ m}^3/\text{s}$. The difference was only $\Delta Q=0.002 \text{ m}^3/\text{s}$, corresponding to an error of 1%. The results demonstrated that flow velocity decreases sharply in the bank zones, while higher values are observed in the central part of the channel. The maximum velocity difference between the banks and the channel center was found to be $\Delta v=16\text{--}29\%$. These findings apply to rectangular concrete-lined channels with a width of 2.5 m, whereas channels of different shapes and dimensions require further investigation.

Keywords: Bank coefficient, rectangular concrete-lined channel, current meter, electromagnetic flow meter, flow velocity, velocity distribution, laboratory experiments, vertical velocity profiles.

Kirish. Suv insoniyat hayotining ajralmas qismi bo'lib, u nafaqat ichimlik manbai, balki qishloq xo'jaligi va sanoatning barqaror faoliyati uchun ham zaruriy resursdir. Hozirgi kunda dunyo miqyosida suv tanqisligi tobora jiddiylashib bormoqda. Birlashgan Millatlar Tashkiloti hisobotlariga ko'ra, XXI asrda insoniyat duch keladigan eng katta muammolardan biri - aholiga ichimlik va sug'orish uchun yetarli miqdorda toza suv yetkazib berish masalasidir. Ayniqsa, Markaziy Osiyo sharoitida bu muammo yanada dolzarb, chunki bu mintaqada suv resurslari cheklangan, iqlim keskin kontinental, aholining soni tez o'sib bormoqda va qishloq xo'jaligi maydonlari kengaymoqda [5,2].

Global iqlim o'zgarishi ham jarayonni murakkablashtirmoqda. Qurg'oqchilik davrlarining cho'zilishi, yog'in miqdorining notekisligi va daryo oqimlarining mavsumiy farqlari suvdan samarali foydalanishni yanada muhim masalaga aylantiradi. Shu sababli suvni boshqarish, hisobini yuritish va aniq o'lchash bugungi kunning eng zarur ilmiy va amaliy vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda.

Sug'orish tarmoqlarida suv, odatda, tuproq o'zanli yoki beton qoplamali kanallar orqali yetkazib beriladi. Kichik kesimli kanallarda suv sarfini zamonaviy doppler datchiklari yordamida o'lchash ko'p hollarda murakkab kechadi va natijalar yetarli darajada aniqlik bermaydi. Shu sababdan hali-hamon klassik usullar — gidrometrik vertushkalar yordamida o'lchash amaliy ahamiyatini saqlab qolmoqda. Biroq bu usullarda o'lchovning ishonchiligi ko'p jihatdan qirg'oq koeffitsiyentiga bog'liq, chunki u oqim tezligi taqsimotiga hamda gidravlik hisoblarning aniqligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [4].

Qirg'oq koeffitsiyenti ko'pincha empirik yo'l bilan aniqlanadi va turli olimlar tomonidan turlicha qiymatlar tavsiya etilgan. Masalan, qirg'oq yonbag'iri qiya bo'lsa, $T=0.70$; tik va notekis bo'lsa,

$T=0.80$; silliq vertikal yonbag'irda $T=0.90$; qirg'oqqa yaqin joyda esa suv tezligi keskin pasayganda $T=0.50$ qabul qilinishi maqsadga muvofiq deb topilgan [3,7].

Amaliyotda sug'orish kanallari odatda trapetsiya shaklida loyihalangani, to'g'ri to'rtburchak kesimli kanallar esa kamroq uchraydi. Biroq so'nggi yillarda kichik kesimli kanallarning suv o'tkazuvchanligini oshirish va yerdan foydalanish samaradorligini ko'tarish maqsadida to'g'ri to'rtburchak shakldagi beton kanallar qurilishi kengaya boshladi [8]. Shu bilan birga, bunday kanallarda suv tezligi va sarfini aniqlashda qirg'oq koeffitsiyenti uchun aniq qiymatlar hali to'liq ishlab chiqilmagan. Natijada o'lchov ishlari va ularning tahlili ko'pincha murakkabliklar va noaniqliklarga olib kelmoqda.

Shu sababli, to'g'ri to'rtburchak shakldagi beton kanallarda qirg'oq koeffitsiyentini baholash, suv sarfini yanada aniq o'lchash va oqimning gidravlik xususiyatlarini chuqur tahlil qilish bugungi kunning dolzarb ilmiy-amaliy masalalaridan biridir [1].

Material va metodlar. Tadqiqot hududining tavsifi. Tadqiqotlar "Smart Solution System" MCHJning "Gidravlika va gidrometriya" laboratoriyasida olib borildi. Tajriba ob'ekti sifatida laboratoriya sharoitida maxsus qurilgan K-2 beton kanali tanlandi (1-rasm). Ushbu kanal gidravlik tajribalar o'tkazish uchun mo'ljallangan bo'lib, oqim parametrlarini doimiy nazorat qilish imkonini beradi. K-2 kanalining asosiy geometrik o'lchamlari quyidagicha: qurilish chuqurligi — $h_q=1.02 \text{ m}$, eni — $b=2.50 \text{ m}$, suv sathi balandligi — $h=0.43 \text{ m}$. Kanalning tubi va devorlari beton qoplama bilan mustahkamlangan bo'lib, silliq yuzalarning saqlanishi tajriba davomida gidravlik sharoitlarning barqarorligini ta'minladi.

Laboratoriya tizimida suv oqimi K-3

kanalidan K-2 kanaliga yoʻnaltirildi (1-rasm). Bu jarayon K-3 kanaliga oʻrnatilgan zatvorlar yordamida tartibga solindi. Shuningdek, K-3 kanalining chiqish qismiga elektromagnit sarf oʻlchagich oʻrnatilgan boʻlib, u K-2 kanaliga kelayotgan suv sarfini aniqlashda asosiy vosita sifatida xizmat qildi.



1-rasm. Laboratoriyadagi kanallarining sxematik koʻrinishi.

Tajribada qoʻllanilgan asbob-uskunalar va oʻlchov metodikasi. Tajriba davomida oqim parametrlarini aniqlash uchun bir nechta zamonaviy oʻlchov asboblari va qurilmalardan foydalanildi.

Universal Muline (CM-32) gidrometrik vertushka – oqim tezligini aniqlashda asosiy oʻlchov asbobi sifatida qoʻllanildi (2-rasm, a). Vertushkaning ishchi mexanizmi oqim taʼsirida aylanish tezligiga asoslangan boʻlib, u maxsus kalibrlash koeffitsiyentlari yordamida chiziqli tezlik qiymatiga oʻzgartiriladi. Ushbu uskuna 0.03–12.0 m/s diapazondagi tezliklarni yuqori aniqlikda qayd etish imkonini beradi [6]. Vertushka suv chuqurligining turli qatlamlarida tezlikni oʻlchash va tezlik profilini shakllantirish uchun qoʻllanildi.

Elektromagnit sarf oʻlchagich – laboratoriyadagi K-3 kanalidan K-2 kanaliga suv oqimini oʻlchashda ishlatildi (2-rasm, b). Qurilma K-3 kanalidagi zatvorga ulangan quvurga oʻrnatilgan boʻlib, undan oʻtayotgan suv sarfini aniq qayd etadi. Elektromagnit sarf oʻlchagich suv oqimining elektr induksiya hodisasiga asoslanib ishlaydi: yaʼni, suv oqimi metall boʻlmagan quvurdan oʻtayotganda magnet maydon hosil qiladi va natijada hosil boʻlayotgan kuchlanish oqim tezligiga proporsional boʻladi.

Aniqlikni taʼminlash maqsadida vertushka koʻrsatgan tezlik qiymatlari elektromagnit sarf oʻlchagich orqali aniqlangan nazariy tezlik bilan

solishtirildi. Natijalarning yaqin chiqishi vertushkaning ishonchli ishlashini tasdiqladi va keyingi tajribalarda undan foydalanish imkonini berdi.

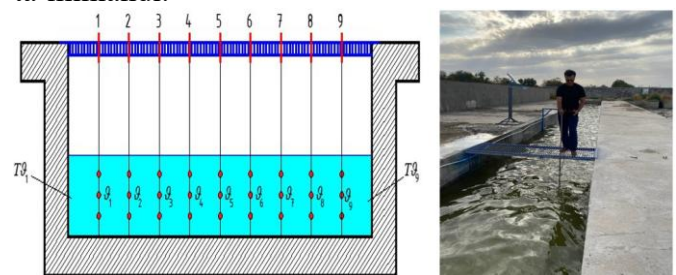


a) Universal Muline (CM-32) markali gidrometrik vertushka b) Elektro magnet oqim oʻlchash qurilmasi

2-rasm. Oqim tezligini oʻlchashda qoʻllaniladigan asboblari.

Oʻlchov ishlari laboratoriya sharoitida qurilgan K-2 kanalida amalga oshirildi. Kanal kesimida 9 ta vertikal tanlanib, ular kanal eni boʻyicha teng masofalarda joylashtirildi (3-rasm). Har bir vertikalda tezlik qiymatlari suv chuqurligi boʻyicha bir nechta nuqtalarda aniqlanib, oqimning chuqurlik boʻyicha taqsimoti hisobga olindi.

Oʻlchov natijalarining ishonchliligini oshirish maqsadida har bir nuqtada 3 marotaba takroriy oʻlchovlar bajarildi. Olingan qiymatlar arifmetik oʻrtacha usuli orqali qayta ishlanib, yakuniy tezlik qiymatlari belgilandi. Shu orqali oʻlchov jarayonida yuzaga kelishi mumkin boʻlgan tasodifiy xatoliklarning taʼsiri kamaytirildi va natijalar aniqligi taʼminlandi.



3-rasm. K-2 kanali kesimida vertikal boʻyicha tezlik oʻlchash sxemasi va laboratoriya sharoitida amaliy oʻlchov jarayoni.

Qirgʻoq zonalarida tezlik bevosita oʻlchanmaganligi sababli, ular qirgʻoq koeffitsiyenti yordamida aniqlanadi:

$$\vartheta_{chap_qirg'oq} = T \cdot \vartheta_1 \quad (1)$$

$$\vartheta_{o'ng_qirg'oq} = T \cdot \vartheta_i \quad (2)$$

bu yerda:

T – qirgʻoq koeffitsiyenti,

ϑ_1 va ϑ_i – chap va oʻng qirgʻoqqa eng yaqin vertikal tezliklari.

Shundan so'ng, ikki vertikal orasidagi o'rtacha tezlik ular bo'yicha aniqlangan o'rtacha tezliklarning arifmetik qiymati orqali topildi:

$$v_{ort}^{ver} = \frac{1}{2}(v_i + v_{i+1}) \quad (3)$$

bu yerda:

v_i, v_{i+1} – yonma-yon joylashgan vertikallardagi o'rtacha tezliklar, m/s.

Qirg'oq koeffitsiyenti (T), oqim sarfining ikki xil ifodasi tenglashtirilishi orqali aniqlandi. Birinchi holda:

$$Q = \omega \cdot v_{ort} \quad (4)$$

ikkinchi holda esa, kesim bo'yicha yig'indi ko'rinishida yoziladi:

$$Q = \sum_{i=1}^d \omega_i \cdot v_{ort}^{ver} \quad (5)$$

bu yerda:

Q- oqim sarfi, m³/s;

ω – oqim harakat kesim yuzasi, m²;

ω_i – i-chi bo'lak yuzasi, m² ($\omega_i = \frac{\omega}{d}$);

v_{ort} – kanaldagi o'rtacha tezlik, m/s;

v_{ort}^{ver} – i-chi vertikal bo'yicha o'rtacha tezlik, m/s.

(4) va (5) ifodalarni tenglashtirish natijasida qirg'oq koeffitsiyenti uchun quyidagi formula ishlab chiqildi:

$$T = \frac{2(d \cdot v_{ort} - \sum_{i=1}^n v_i)}{v_1 + v_n} \quad (6)$$

Tadqiqot natijalari va muhokama.

Laboratoriya sharoitida o'tkazilgan tajribalar davomida K-2 kanalining kesimida oqim tezliklari aniqlash ishlari bajarildi. Kanal eni bo'yicha 9 ta vertikal tanlanib, ularning har birida suv sathidan 10 sm, 23 sm va 33 sm chuqurliklarda tezlik qiymatlari qayd etildi. Aniqlikni ta'minlash maqsadida har bir nuqtada o'lchov 3 marotaba takrorlandi va olingan natijalar arifmetik o'rtacha orqali qayta ishlanib, yakuniy qiymatlar belgilandi (1–3-jadvallar).

1-jadval

K-2 kanalida suv sathidan 10 sm chuqurlikda vertikal bo'yicha o'lchangan oqim tezliklari

Vertikallar	1- o'lchovdagi tezlik, m/s	2- o'lchovdagi tezlik, m/s	3- o'lchovdagi tezlik, m/s	O'rtacha tezlik, m/s
1	0.41	0.40	0.42	0.41
2	0.46	0.47	0.44	0.46
3	0.47	0.47	0.47	0.47
4	0.47	0.47	0.47	0.47
5	0.47	0.46	0.47	0.47
6	0.45	0.44	0.45	0.45
7	0.43	0.44	0.43	0.43
8	0.38	0.37	0.37	0.37
9	0.35	0.34	0.36	0.35

10 sm chuqurlikda olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, markaziy vertikalarda tezlik qiymatlari

yuqori (0.447–0.470 m/s) bo'lsa, qirg'oq zonalariga yaqinlashgan sari tezlik pasayib borgan (0.353–0.412 m/s). Bu holat gidravlik qonuniyatlarga mos bo'lib, oqimning qirg'oq sirtlari bilan ishqalanishi oqibatida tezlik kamayishini tasdiqlaydi.

2-jadval

K-2 kanalida suv sathidan 23 sm chuqurlikda vertikal bo'yicha o'lchangan oqim tezliklari

Vertikallar	1- o'lchovdagi tezlik, m/s	2- o'lchovdagi tezlik, m/s	3- o'lchovdagi tezlik, m/s	O'rtacha tezlik, m/s
1	0.45	0.44	0.44	0.44
2	0.44	0.43	0.42	0.43
3	0.46	0.44	0.44	0.45
4	0.45	0.46	0.44	0.45
5	0.45	0.45	0.46	0.45
6	0.44	0.46	0.46	0.45
7	0.42	0.42	0.43	0.42
8	0.40	0.40	0.41	0.40
9	0.37	0.37	0.36	0.37

23 sm chuqurlikdagi natijalarga ko'ra, oqim tezligi 0.367 m/s dan 0.452 m/s gacha o'zgarib, markaziy qismda maksimal qiymat qayd etildi. Qirg'oq zonalarida esa sezilarli pasayish kuzatildi.

3-jadval

K-2 kanalida suv sathidan 33 sm chuqurlikda vertikal bo'yicha o'lchangan oqim tezliklari

Vertikallar	1- o'lchovdagi tezlik, m/s	2- o'lchovdagi tezlik, m/s	3- o'lchovdagi tezlik, m/s	O'rtacha tezlik, m/s
1	0.40	0.41	0.40	0.41
2	0.40	0.40	0.40	0.40
3	0.41	0.42	0.41	0.41
4	0.43	0.41	0.41	0.42
5	0.42	0.40	0.41	0.41
6	0.42	0.41	0.40	0.41
7	0.38	0.40	0.38	0.39
8	0.38	0.37	0.36	0.37
9	0.35	0.33	0.33	0.34

33 sm chuqurlikda tezlik qiymatlari 0.353 m/s dan 0.470 m/s gacha bo'lib, markaziy qismda yuqori, qirg'oqlarda esa past bo'lishi aniqlandi. Bu natijalar ham oqimning devor bilan ishqalanishi va gidravlik kinematika qonuniyatlariga mos keladi.

Barcha chuqurliklarda olingan ma'lumotlar umumlashtirilib, har bir vertikal bo'yicha o'rtacha tezlik qiymatlari hisoblandi (4-jadval).

4-jadval

K-2 kanalida vertikal bo'yicha umumiy o'rtacha oqim tezliklari

Vertikallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tezliklar, m/s	0.420	0.429	0.444	0.446	0.444	0.436	0.414	0.383	0.353

Suv sarfining qiymati sifatida namunaviy suv o'lchash qurilmasi — elektromagnit oqim o'lchagich orqali qayd etilgan natija olindi. Ushbu qurilma ko'rsatkichiga ko'ra, kanal bo'yicha suv sarfi

$Q=0.435$ m³/s ni tashkil etdi. Mazkur qiymat asosida kanaldagi o'rtacha tezlik aniqlandi. Shundan so'ng, yuqorida olingan tezlik ma'lumotlari asosida qirg'oq koeffitsiyenti T ishlab chiqilgan (6)-formula yordamida hisoblab chiqildi. Hisob-kitoblar natijasiga ko'ra, qirg'oq koeffitsiyenti $T=0.92$ ga teng bo'ldi.

Gidrometriya sohasida ma'lumki, gidrometrik vertushka yordamida o'lchangan tezliklar orqali suv sarfini aniqlash uchun maxsus gidrometrik jadvallar ishlab chiqilgan. Ushbu jadval yordamida kanaldagi suv sarfini tezlik maydon usuli asosida aniqlash imkoniyati yuzaga keladi. Bunda alohida e'tibor berilishi lozim bo'lgan jihat shuki, har bir vertikal orasidagi o'rtacha tezlik aniqlanadi va shu qiymat mos keluvchi yuzaga ko'paytirilib, umumiy sarf hisoblanadi.

5-jadval

K-2 kanal kesimida o'rtacha tezliklar asosida hisoblangan suv sarfi

Vertikallar tartibi	Vertikallar orasidagi masofa b, m	Vertikal chuqurlik h, m	Vertikallar orasidagi maydon, ω , m ²	Vertikaldagi o'rtacha tezlik, m/s	Vertikallar orasidagi o'rtacha tezlik, m/s	Vertikallar orasidagi suv sarfi, m ³ /s	Kesimdan oqib oqib o'tayotgan suv sarfi, m ³ /s
1	2	3	4	5	6	7	8
Chap qirg'oq				0.382			0.443
1	0.25	0.43	0.1075	0.401	0.043		
2	0.25	0.43	0.1075	0.425	0.046		
3	0.25	0.43	0.1075	0.437	0.047		
4	0.25	0.43	0.1075	0.445	0.048		
5	0.25	0.43	0.1075	0.446	0.048		
6	0.25	0.43	0.1075	0.444	0.047		
7	0.25	0.43	0.1075	0.440	0.047		
8	0.25	0.43	0.1075	0.436	0.046		
9	0.25	0.43	0.1075	0.425	0.046		
O'ng qirg'oq				0.321			

Olib borilgan o'lchov ishlari natijalari maxsus jadvalga kiritildi (5-jadval). Natijalardan ko'rinib turibdiki, aniqlangan qirg'oq koeffitsiyenti yordamida kanaldagi suv sarfi yanada aniqlik bilan

belgilandi. Bu esa laboratoriya sharoitida olingan tezlik taqsimotini amaliy suv sarfi bilan bog'lash imkonini berdi.

Olib borilgan tadqiqotlarimizda namunaviy elektromagnit suv sarfi o'lchash qurilmasi ko'rsatgan suv sarfi qiymati:

$$Q=0.435 \text{ m}^3/\text{s}$$

ni tashkil etdi. Hidrometrik o'lchov ishlari asosida aniqlangan suv sarfi qiymati esa:

$$Q=0.433 \text{ m}^3/\text{s}$$

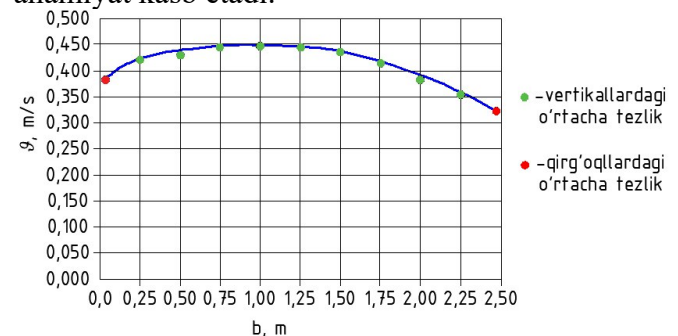
ga teng bo'ldi. Ularning orasidagi farq:

$$\Delta Q=0.02 \text{ m}^3/\text{s},$$

ya'ni xatolik qiymati atigi 1 % ni tashkil etdi.

Bu esa olib borilgan o'lchovlarning ishonchligini tasdiqlaydi.

Gidravlik qonuniyatlardan ma'lumki, oqimni chegaralab turgan qirg'oq devorlari oqim tezliklarining taqsimotiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. 4-rasmda keltirilgan natijalardan ko'rinib turibdiki, qirg'oq zonalarida o'rtacha tezlik qiymatlari keskin kamayadi, kanalning markaziy qismida esa tezlik nisbatan yuqori va barqaror bo'ladi. Bu hodisa oqimning qirg'oq bilan ishqalanishi natijasida yuzaga keladi va oqimning gidravlik strukturasi hamda qirg'oq koeffitsiyentini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi.



4-rasm. K-2 kanalida oqim tezliklarining gorizontaal bo'yicha taqsimoti.

Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, qirg'oq zonalaridagi va kanal markazidagi maksimal tezliklar orasidagi farq $\Delta v = 16-29$ % ni tashkil etdi. Ushbu ko'rsatkich kengligi 2.5 m bo'lgan, beton qoplamali to'g'ri to'rtburchak kesimli kanallar uchun xosdir. Kanalning geometrik o'lchamlari o'zgarishi bilan tezliklarning taqsimoti ham turlicha ko'rinishda namoyon bo'lishi mumkin.

Xulosa. Beton qoplamali to'g'ri to'rtburchak kanallarda qirg'oq koeffitsiyentini aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida yangi

formula taklif etildi. Ushbu formula amalda qo'llanilganda gidrometrik vertushka yordamida o'lchangan tezlik qiymatlari asosiy manba sifatida xizmat qiladi. O'lchov nuqtalarining soni qanchalik ko'p bo'lsa, hisob-kitob natijalari shunchalik ishonchli bo'lishi ta'minlanadi. Shu bilan birga, formuladan foydalanishda vertikal oraliqning bir xil bo'lishiga alohida e'tibor qaratish lozim. Aks holda, natijalarni aniq olish uchun qo'shimcha yondashuvlar talab etiladi.

Tadqiqot davomida K-2 kanalida 9 ta vertikal belgilandi va ularning har birida 3 ta nuqtada, 3 marotabadan o'lchov ishlari bajarildi. Olingan natijalar umumlashtirilib, ishlab chiqilgan formula asosida qirg'oq ko'effitsiyenti hisoblab chiqildi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, mazkur kanal uchun qirg'oq ko'effitsiyentining qiymati $T = 0.92$ ga tengligi aniqlandi. Biroq, ushbu qiymat ma'lum darajada o'zgaruvchan bo'lishi mumkin, chunki beton qoplamaning sathidagi g'adir-budurlik

darajasi oqim tezligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, bizning tadqiqotlarda 1 va 9-vertikallar qirg'oqdan 0.25 m masofada joylashganligi inobatga olingan. Agar vertikal qirg'oqqa yanada yaqinroq yoki uzoqroq masofada joylashtirilsa, qirg'oq ko'effitsiyenti qiymati ham o'zgarishi ehtimoldan xoli emas. Shu sababli qirg'oq ko'effitsiyenti qiymatini aniqlashda ma'lum chegaraviy shartlarni belgilash zarur.

Oqim tezliklarining taqsimoti bo'yicha kuzatuvlarda qirg'oq zonasida tezlikning kamayishi, kanal o'rtasida esa maksimal tezlikning shakllanishi qayd etildi. Hisob-kitoblarga ko'ra, qirg'oq va kanal markazidagi maksimal tezliklar farqi $\Delta\theta = 16-29\%$ oralig'ida ekanligi aniqlandi. Bu natija kengligi 2.5 m bo'lgan, beton qoplamali to'g'ri to'rtburchak kesimli kanallarga xos bo'lib, boshqa shakldagi yoki o'lchamdagi kanallar uchun qo'shimcha tadqiqotlar olib borishni talab etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Fatkhulloev, A., & Isakov, Kh. (2016). Sug'orish kanallarining gidravlik parametrlarini takomillashtirish. *Irrigatsiya va melioratsiya*, 3(5), 31–34.
2. Atlantic Council. (2025, Fevral). *Water Insecurity in Central Asia: The Imperative for Regional and International Cooperation*. Atlantic Council.
3. Karimov, S., Akbarov, A., & Jonqobilov, U. (2004). *Gidrologiya, gidrometriya va oqim hajmini rostdash* (pp. 80–87). Toshkent: O'zbekiston.
4. Otakhonov, M., Atakulov, D., Zokirov, I., & Khudoyshekurov, Q. (2024). Parameter of a parabola-shaped canal: method of determination. *E3S Web of Conferences*, 587, 01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458701005>
5. United Nations. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace*. UNESCO World Water Assessment Programme.
6. *Universal Current Meter: User Manual*. (2017). Turkey.
7. Xikmatov, F., Yunusov, G. X., Sagdeyev, N. Z., Turg'unov, D. M., & Ziyayev, R. R. (2014). *Gidrometriya* (pp. 90–93). Toshkent.
8. Zeleňáková, M., Arifjanov, A., Abd-Elhamid, H. F., et al. (2025). The effect of lining hydraulic properties on the efficiency and cost of irrigation canal reconstruction. *Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-025-04218-2>