

УЎТ 532.543:627.157

## БОҒЛАНГАН ГРУНТЛИ КАНАЛЛАРНИНГ ЮВИЛИШ ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

Эшев Собир Саматович<sup>1</sup> – техника фанлари доктори, профессор, e-mail: telnets@mail.ru

Маматов Нурбек Зиёдуллаевич<sup>1</sup> – мустақил изланувчи,  
e-mail: [nurbek.mamatov.1989@mail.ru](mailto:nurbek.mamatov.1989@mail.ru)

Бабажанова Ирода Юлдашова<sup>1</sup> – мустақил изланувчи, e-mail: babajonova.i@mail.ru

Хусанов Шахбоз Шухратович<sup>1</sup> – магистрант, e-mail: shakhbozkhusanov@gmail.com

<sup>1</sup>Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти

**Аннотация.** Мақолада боғланган грунтли каналлардаги ювилиш жараёнини физик моделлаш усули келтирилган. Боғланган грунтли каналлардаги ўртача ювмаслик ва туб ости ювмаслик тезликларининг ўртасидаги кинематик муносабатлар берилган. Шунингдек, натура ва дала шароитларидаги ўртача ювмаслик ва туб ости ювмаслик тезликларининг ўртасидаги боғланиш таклиф қилинган.

**Калит сўзлар:** канал, деформация, ювилиш, боғланган грунт, физик моделлаштириш, Рейнольдс критерийси, Фруд критерийси, Эйлер критерийси.

**Abstract.** The article presents a technique for physical modeling of the process of erosion of channels in cohesive soils. Kinematic relationships between the average non-erosive and bottom non-erosive flow rates of channels in cohesive soils are given. And also, the ratio between the flow rates in natural and laboratory conditions is proposed.

**Keywords:** channel, deformation, erosion, cohesive soil, physical modeling, Reynolds criterion, Froude criterion, Euler criterion.

**Кириш.** Боғланган грунтли каналлардаги содир бўладиган деформацион жараёнлар ва бунга боғлиқ бўлган бошқа гидравлик масалаларнинг самарали ечимларини физик моделлаштириш орқали топиш мумкин. Бунинг учун тадқиқотлар лаборатория шароитларида натурадаги қараладиган объектнинг маълум масштабда кичрайтирилган моделида олиб борилади [1-5].

**Тадқиқот математик модели.** Кўпинча очик ўзанларнинг лаборатория тадқиқотларида геометрик ўхшаш моделларидан фойдаланилади. Бизга маълумки, бундай ҳолларда натура ва лаборатория шароитларидаги қовушоқ суюқликлар ҳаракатини куйидаги Навье-Стокс тенгламаси (0x ўқ бўйича) ифодалайди:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} = x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \nabla^2 V_x + \frac{\nu}{3} \frac{\partial_z}{\partial x} \operatorname{div} V, \quad (1)$$

бу ерда  $\nabla^2 = \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2}$  - Лапласа оператори;

$$\operatorname{div} V = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}. \quad (2)$$

Масалани соддалаштириш учун сиқилмайдиган суюқликни қараб чиқамиз ва унинг ҳаракатини барқарор деб ҳисоблаймиз. Бунда масса кучларидан фақат оғирлик кучи таъсир қилади десак, унда (1) тенгламанинг чегаравий ҳадлари нолга тенг бўлади. Тенгламанинг ўнг томонидаги биринчи ҳади эркин тушиш тезланиши каби, яъни  $x = g$  ифодаланади ва у ҳолда тенгламани куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} = g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \nabla^2 V_x. \quad (3)$$

Кичрайтирилган моделда тенгламага кирадиган ҳамма катталиклар масштаб бўйича ўзгарган бўлади. Бу масштабларни қуйидагича белгилаймиз:

$\alpha_V$  - тезликлар масштаби;  $\alpha_\rho$  - босим масштаби;  $\alpha_g$  - масса кучлар масштаби;  $\alpha_g$  - кинематик қовушоқлик масштаби;  $\alpha_\rho$  - зичлик масштаби.

Буларни инобатга олган ҳолда (1) тенгламани модел учун қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{\alpha_V^2}{\alpha_L} \left[ V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} \right] = \alpha_g g - \frac{\alpha_\rho}{\alpha_\rho \alpha_L} - \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\alpha_g \alpha_V}{\alpha_L^2} (v \nabla^2 V_x) \quad (4)$$

Бу тенглама ўхшашликни таъминлаши учун тенглама ҳамма ҳадларининг масштаб коэффициентларини тенглаштириш керак, яъни ушбу

$$\frac{\alpha_V^2}{\alpha_L} = \alpha_g = \frac{\alpha_\rho}{\alpha_\rho \alpha_L} = \frac{\alpha_g \alpha_V}{\alpha_L^2} \quad (5)$$

шарт бажарилиши керак.

Бу (5) тенгликни  $\alpha_V^2 / \alpha_L$  нисбатга бўлиб, уни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{\alpha_g \alpha_L}{\alpha_V^2} = \frac{\alpha_\rho}{\alpha_\rho \alpha_V^2} = \frac{\alpha_g}{\alpha_V \alpha_L} = 1. \quad (6)$$

(5) тенгламанинг ҳар бир нисбатини алоҳида қараб чиқамиз. Бунинг учун ўхшашлик масштабларидан мезонларга ўтамиз ва қуйидагиларга эга бўламиз:

$$Fr = \frac{V^2}{gL} = idem \quad \text{Фруд мезони;}$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} = idem \quad \text{Рейнольдс мезони;}$$

$$Eu = \frac{P}{\rho V^2} = idem \quad \text{Эйлер мезони.}$$

Навье-Стокс тенгламасидан ва бошқа ҳаракат тенгламаларидан ҳосил бўладиган ўхшашлик шартлари канал туби микро-, макро- ва мезошакллариининг иерархияси билан деформацияланадиган чегараларда оқизикларни олиб юрувчи фазавий ўзан оқимининг ўзини-ўзи тартибга солувчи тизимни тавсифлаш учун етарли эмас. Унинг ҳаракати суюқлик оқими қонунларидан ташқари, ўзан сув олиш жойининг геоморфологияси, гидрологик режими ва грунтлар механикаси қонунлари билан белгиланади. Унинг ҳаракати суюқлик оқими қонунларидан ташқари, ўзан сув олиш жойининг геоморфологияси, гидрологик режими ва грунтлар механикаси қонунлари билан белгиланади. Келтирилган сабаблар Навье-Стокс тенгламасининг қўллаш чегараларини ўзан жараёнларининг ўзига хос бўлган масалаларига татбиқ этиш имкониятларини кенгайтиришдаги уринишларга қийинчилик келтириб чиқаради. Бунга кўра, Навье-Стокс тенгламаси бўйича бузилган моделлаштириш учун амалиётда мезон шартларини асослашга бўлган ҳаракатларнинг имкониятлари чегараланган.

**Тадқиқот натижаси.** Ҳозирги вақтдаги ўзан жараёнлари назарияси суюқлик ва қаттиқ муҳит ўзаро таъсирида содир бўладиган ҳамма комплексларни ифодаладиган ёпиқ тенгламалар системасига эга эмас. Бундан ташқари ҳозирги кунда бу ҳодисани аниқ физик моделлаштиришнинг усулини яратиш анча мураккабликларни келтириб чиқаради. Бундай ҳолатларда масалани ечимини асосий муҳим тадқиқоти бўлиб, тахминий моделлаштириш ҳисобланади [6-11].

Боғланган грунтли ўзаннинг ювилиш жараёнларидаги турбулентликни тўлиқ ўрганмасдан туриб, гидравликанинг бу билан боғлиқ бўлган оддий масалаларини физик моделлаштиришсиз ечиш мумкин эмас [13].

Бу ҳодисани ўрганиш учун дала тадқиқотларини ўтказиш энг ишончли бўлиб ҳисобланади. Лекин дала тадқиқотлари анча қимматга тушади ва шу билан бирга анчагина меҳнатни талаб қилади. Кўпинча, буларни инобатга олган ҳолда, лаборатория тадқиқотларига мурожаат қилинади. Дала шароитларидаги тадқиқотларга мос бўлишини таъминлайдиган лаборатория тадқиқотларида, аналитик боғланишларда ва дала шароитларидаги тадқиқотларда инобатга олинмайдиган қўшимча омилларни ҳисобга олиш мумкин. Шунинг учун лаборатория тадқиқотлари ўтказилиши натижасида қараладиган масаланинг аниқ ечимини топиш мумкин.

Демак, лаборатория тадқиқотлари натижаларини дала шароитига ўтказадиган ишончли ҳисоб усулларни топиш керак.

Дала ва лаборатория шароитларида боғланган грунтларнинг ювилиш тезлиги бўйича олинган маълумотларнинг солиштирилиши шуни кўрсатадики, лаборатория қурилмасида бузилмаган структурали намуналарнинг ювилиши тезлиги қийматлари шу грунтларнинг дала шароитидаги ювилиш тезликлари қийматларидан анча фарқ қилишини кўрсатади. Шунинг учун лаборатория шароитида олинган нисбатан кичик ўлчамлардаги грунт намунасининг ювилишини амалиётда қўллаш жуда хавфли, чунки лаборатория шароитидаги тадқиқотларда дала шароитида содир бўладиган баъзи омиллар инобатга олинмайди. Масалан, оқим пульсацион тезликларининг ўзгариши ва ишлатиладиган грунтнинг кичик ўлчамларидаги грунтнинг мустаҳкамлик характеристикалари.

Оқимнинг ювиш имкониятини ифодалайдиган ўрталашган максимал ва оний тезликларнинг  $v_{\Delta\max}/v_{\Delta}$  нисбати лаборатория ва дала шароитларидаги оқимларда анча фарқланади [1,2,12].

Боғланган грунтнинг ювилишга чидамлилигининг интеграл индекси унинг бириктириш хусусияти билан аниқланишини ҳисобга олсак, лаборатория маълумотларини дала шароитига ўтказишда мустаҳкамликнинг намуна ўлчамларига боғлиқлигини инобатга олиш керак. Мустаҳкамликнинг ўзгариш даражасини масштаб эффектини ҳисобга олган ҳолда тахминий баҳолаш мумкин. Масштаб эффекти деб, ишлатиладиган материалларнинг механик хоссаларига ва мустаҳкамлигига таъсир қиладиган ўзгаришига қолган ҳамма омилларнинг таъсири ўхшашлиги таъминланганда тушунилади.

Боғланган грунтларнинг ювилишга чидамлиги кўп ҳолатларда намунанинг геометрик ўлчамларига боғлиқ бўлиб, уларнинг юзалари кўпайиши билан ювилишга чидамлиги камаяди. Буни ювилишдаги боғланган грунт сирти толиқиши натижасида содир бўладиган бузилиш табиатининг эҳтимоллиги хусусияти билан изоҳлаш мумкин.

Ҳозирги вақтдаги мавжуд бўлган грунтларнинг ювилиши жараёнини моделлаштириш назарияси лаборатория тажрибалардан дала шароитига ўтишнинг умумлаштирилган қоидаларини кўрсатиш имкониятига эга эмас.

Молекуляр кучларнинг таъсири туфайли боғланган грунтларни ва уларда кечадиган жараёнларни моделлаштириш анча мушкул, чунки бу кучлар турли намуна ўлчамларида ҳар хил қийматларга эга бўлиши мумкин. Шу сабабли, буларни моделлаштиришда асосий қийинчилик бўлиб, ўхшаш структураларни яратишдан иборат.

Лаборатория шароитларида боғланган грунтни ювилишини тадқиқотлари [2,3,4] ишда кўрсатилган усулга мувофиқ гидравлик лотокда олиб борилди.

Лаборатория тажриба маълумотларини дала шароитига ўтказиш усулини топиш учун ўхшашлик назариясидан фойдаланамиз. Бу назария асосида учта теорема ётади:

- агар физик жараёнлар бир-бирига ўхшаш бўлса, бу жараёнлар учун ўхшашлик мезонлари бир хил қийматларга эга бўлади;

- физик жараёнларни характерловчи тенглама ўхшашлик мезонлари орасидаги функционал муносабат сифатида ифодаланиши мумкин;

- физик жараёнлар бир-бирига ўхшаш бўлиши учун бу жараёнлар сифат жиҳатидан бир хил бўлиши ва бир хил номдаги аниқловчи мезонлари сон жиҳатидан тенг (Кирпичев-Гухман теоремаси) бўлиши зарур ва етарли.

Юқорида келтирилган биринчи иккита теорема ўхшаш ҳодисаларнинг мос параметрлари орасидаги нисбатни ўрнатади, учинчи теорема эса ўхшашлик аломатларини аниқлайди. Бир хил сифатли жараёнлар деб, математик ифодаланиши мос келадиган жараёнларга айтилади. Бу хусусан, оқим таъсир қилгунга қадар натура ва модель геометрик ўхшаш ва деформацион ҳолатларда ҳам ўхшаш бўлишларини англатади.

Боғланган грунтлар билан боғлиқ бўлган мураккаб жараёнларнинг моделлаштирилишини ифодалаш учун бир қатор мезонлар талаб қилинади. Бироқ кўп ҳолатларда улардан баъзиларининг тенгликларини келтириб чиқариб бўлмаганлиги сабабли, тахминий ўхшашлик учун, асосан, ўрганилаётган ҳодисани аниқлайдиган энг муҳим мезонларнинг ўхшашлиги билан чекланиш керак.

Гидравликадан маълумки, автомоделлик шароитларида ҳодиса характеристикалари тўғрисидаги қарашлар анча соддалашади. Автомоделлик деб, ҳар хил вақт ичида унинг характеристикаларининг тақсимоли ўхшашликнинг ўзгаришига олиб келадиган шароитга айтилади.

Бундан натура ва моделда грунтнинг ювилиш жараёнини ўхшаш деб ҳисоблаш мумкинки, моделнинг ва натурадаги мос бўлган нуқталаридаги чуқурликларда ювилишлар бир хил бўлса ёки маълум бир доимий қисмни ташкил қилса. Боғланган грунтларни моделлаштиришнинг маълум қийинчиликларини инобатга олган ҳолда ювилиш жараёнини моделлаштиришда натурада олинган бузилмаган структурали боғланган грунтлардан фойдаланилади. Ўхшашлик шарти бажарилиши учун ўзан туби тезликларини шундай танлаш керакки, бунда уларнинг тезликлари таъсири натижасида натура ва лаборатория шароитларидаги ювилиш чуқурликлари тенг бўлиши лозим [1, 2, 4, 14-17].

Бу ҳолатда ўзан ювилишини ўхшаш деб санаш мумкин, агарда натура ва моделдаги оқимларнинг туб тезликларининг ювмаслик тезликларига нисбати ўзгармас бўлса, яъни

$$v_{\Delta} / v_{\Delta H} = idem, \tag{7}$$

бунда  $v_{\Delta}$  - натурадаги оқим туб тезлиги;  $v_{\Delta H}$  - натурадаги туб ости ювмаслик тезлиги.

Ўхшаш оқимлардаги туб ости ювмаслик тезликлари миқёси туб ости тезликларининг миқёсига тенг бўлади, яъни

$$v_{\Delta H} / v_{\Delta H_M} = v_{\Delta} / v_{\Delta M}, \tag{8}$$

бунда  $v_{\Delta M}$  - моделдаги оқим туб тезлиги;  $v_{\Delta H_M}$  - моделдаги туб ости ювмаслик тезлиги.

Агар туб ости ва ювмаслик тезликлари орасидаги нисбат натурада ва моделда бир хил бўлса, улар ўхшаш бўлади ва бунга кўра ювилиш жараёнлари ҳам ўхшаш бўлади.

Оқимнинг ва боғланган грунтнинг асосий параметрларини ўз ичига қамраб олган туб ости ювмаслик тезлигини аниқлаш аналитик боғланиши Ц.Е.Мирцзулава [1] томонидан таклиф этилган бўлиб, у қуйидаги кўринишга эга:

$$v_{\Delta H} = 1,25 \sqrt{\frac{2m}{1,3\rho_0 n} [g(\rho - \rho_0)d + 1,25KC_y^H]} \tag{9}$$

ёки

$$\frac{v_{\Delta}^2}{\frac{2m}{1,3\rho_0 n} [g(\rho - \rho_0)d + 1,25KC_y^H]} = \frac{v_{\Delta M}^2}{\frac{2m_M}{1,3\rho_{0M}} [g_M(\rho_M - \rho_{0M})d_M + 1,25K_M C_{y_M}^H]}, \tag{10}$$

бу ерда  $v_{\Delta H}$  - ўзан ғадир-будирлигининг  $\Delta$  баландлигидаги оқимнинг туби олдидаги рухсат этиладиган тезлиги, м/с;  $\rho$  ва  $\rho_0$  - мос равишда грунт заррачаси материалининг ва сувнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  - грунт заррачасининг ўртача диаметри, м;  $C_y^H$  - боғланмаган грунтнинг узилишидаги кучсизланган мустаҳкамлик, яъни бу параметр билан майда донадор ( $d < 0,25$  мм бўлганда) грунтларда бирикиш кучларининг ҳосил бўлишини инобатга олувчи параметр, Ра;  $m$  - оқим таркибида бўлган коллоид ҳолатдаги оқизикларнинг оқим ювиш қобилиятига таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент. Сув таркибида лой заррачалари

0,1 кг/м<sup>3</sup> бўлса,  $m = 1$ . Сув таркибида бу заррачалар 0,1 кг/м<sup>3</sup> ва ундан кўп бўлса,  $m > 1$ ;  $n$  -оқим туб олди зонасидаги тезлик пульсациясини ҳисобга олувчи коэффициент;  $k$  - ўртача ( $k = 0,5$ ) қийматга тенг бўлган бирикиш кучидан эҳтимолий оғишни характерловчи коэффициент.

Грунт узилишидаги кучсизланган мустаҳкамликни тахминан

$$C_{k,m}^n = 1,72 \cdot 10^{-4} d^{-1}$$

формуладан аниқлаш мумкин. Бунда  $d$  -метр ва  $C_{k,m}^n$  - Па ўлчов бирликларида.

Зўриқиш коэффициенти

$$n = (u_{\Delta \max} / \bar{u}_{\Delta})^2$$

ифодага тенг. Бунда  $u_{\Delta \max}$  ва  $\bar{u}_{\Delta}$  максимал оний ва ўрталашган (вақт бўйича) ғадир-будирлик баландлигидаги туб ости тезлиги. Агар  $d < 0,001$  м бўлса, унда зўриқиш коэффициенти

$$n = 1 + \frac{d}{0,00005 + 0,3d}$$

формуладан аниқланади.

Агар  $d > 0,001$  м бўлса, унда зўриқиш коэффициенти  $n = 4$  бўлади.

Бу (9) формула бўйича ҳисобланган қийматлар тажриба маълумотлари билан солиштирилганда анча бир-бирига яқинлигини кўрсатган. Бирок, янада яхши натижаларни ҳосил қилиш учун қўшимча тадқиқотлар ўтказилиши керак. Моделлаштириш жараёнида содир бўладиган қийинчиликларни инобатга олган ҳолда  $g = g_M$ ,  $\rho = \rho_M$ ,  $\rho_0 = \rho_{0M}$ ,  $m = m_M$  анчагина бирикишни тавсифловчи боғланган ( $C > 0,02 \cdot 10^5 Pa$ ) грунтлар учун (9) тенгламадаги илдиз остидаги биринчи ҳадни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Соддалаштиришдан сўнг тенглама куйидаги кўринишга келади:

$$\frac{v_{\Delta}^2}{KC_y^H / n} = \frac{v_{\Delta M}^2}{K_M C_{yM}^H / n_M}; \tag{10}$$

$$v_{\Delta}^2 = v_{\Delta M}^2 (KC_y^H n / K_M C_{yM}^H n_M). \tag{11}$$

Бунда  $C_y^H / C_{yM}^H$  муносабатни  $\varepsilon$  масштаб эффекти деб қабул қилиш мумкин ва (11) ифода куйидаги кўринишни олади:

$$v_{\Delta}^2 = v_{\Delta M}^2 \frac{K \varepsilon n_M}{K_M n}. \tag{12}$$

В.С.Ивановнинг тадқиқотларига кўра  $\varepsilon = 0,58$  қийматга тенглиги аниқланган.

**Хулоса.** Бу боғланишдан фойдаланишда қулай бўлиши учун  $K_m = K$ ,  $n = 4$  ва  $n_m = 1,25$  деб олиш мумкин. Бунда натурадаги туб ювмаслик тезлигини модел қийматларига боғлиқлигини инобатга олган ҳолда дала шароитида олинган бузилмаган структурали грунт намуналари учун куйидагича ўрнатиш мумкин:

$$v_{\Delta kr} = 0,40 v_{\Delta M}. \tag{13}$$

Сув оқимнинг критик ювмаслик тезликлари ва ювиш тезликлари орасидаги ушбу оддий

$$v_{\Delta yu} = 1,41 v_{\Delta kr}; \tag{14}$$

муносабатни инобатга олган ҳолда куйидаги боғланишга эга бўламиз:

$$v_{\Delta kr} = 0,30 v_{\Delta Myu}. \tag{15}$$

Юқорида кўрсатилган (12) тенгламани моделда бир хил бўлмаган намуналардан, шу жумладан шўрланган грунт намуналарида фойдаланишда қўллаш мумкин.



**Адабиётлар**

1. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценка их устойчивости. М.: Колос, 1967. - 179 с.
2. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. - 240 с.
3. Эшев С.С. О расчете наносов при проектировании ирригационных земляных каналов // журнал «Сельское хозяйство Узбекистана», №11, Ташкент, 2011. с.39-40–С.
4. Эшев С.С., Султонов Н.Н. Допускаемая скорость в каналах пролегающих в связных засоленных грунтах // «Агро илм» научное приложение журнала «Сельское хозяйство Узбекистана», № 1(21), Ташкент, 2012. - С.57-58.
5. Эшев, Сабир Саматович, and Алишер Нормуродович Хазратов. "К вопросу моделирование нарушенной структуры связных грунтов в лабораторных условиях." *Инновационное развитие* 5 (2016): 25-28.
6. Eshev, S., Rahmatov, M., Khazratov, A., Mamatov, N., Sagdiyev, J., & Berdiev, M. (2021). Critical flow velocities in cohesive saline soils. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 03071). EDP Sciences.
7. Normurodovich, K. A. (2019). A sediment transport model for irrigation canals of Uzbekistan. *European science review*, (3-4), 104-108.
8. Eshev, S. S., Khazratov, A. N., Rakhimov, A. R., & Sh, A. L. (2019). The study of bottom sediments in streams with mixed movement of clarified flow. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 9(9), 61-66.
9. Eshev, S. S., & Khazratov, A. N. (2018). THE CALCULATION OF THE PARAMETER OF FRICTION IN BORDER LAYER OF NON-STATIONARY FLOW. *Инновационное развитие*, (5), 178-180.
10. Эшев, С. С., Хазратов, А. Н., & Гайимназаров, И. Х. (2014). Экспериментальное исследование транспорта донных наносов в каналах в условиях нестационарности потока насыщенными наносами. *Приволжский научный вестник*, (6 (34)), 149-152.
11. Eshev, S., Linkevich, N., Rahimov, A., Khazratov, A., Mamatov, N., & Sharipov, E. (2023, March). Calculation of its dynamically stable cross-section in the steady motion of the channel flow. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2612, No. 1, p. 050007). AIP Publishing LLC.
12. Хазратов, А. Н. (2022). ГРУНТ ЎЗАНЛИ КАНАЛ КЎНДАЛАНГ КЕСИМИНИНГ ДЕФОРМАЦИЯСИ. *Инновацион технологиялар*, 1(4 (48)), 83-88.
13. Хазратов, А. Н., Рахимов, А. Р., & Бобомуродов, Ф. Ф. (2022). Моделирования смешанных течений земляных каналов. In *Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов* (pp. 160-167).
14. Эшев, С. С., Нестерева, И. М., Хазратов, А. Н., Бобомуродов, Ф. Ф., & Маматов, Н. З. (2022). НЕРАЗМЫВАЮЩИЕ СКОРОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ КАНАЛОВ В СВЯЗНЫХ ГРУНТАХ. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2(5), 375-384.
15. Khazratov, A. N. (2021). Hydraulic Calculations of Earthen Channels for Reconstruction. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 14(4), 472-481.
16. Эшев, С. С., & Хазратов, А. Н. (2021). ТУБ ОҚИЗИҚЛАРНИНГ ГРАНУЛОМЕТРИК ТАРКИБИ ВА УЛАРНИНГ ҲАРАКАТ БОШЛАНИШ ШАРОИТИГА ТАЪСИРИ. *Инновацион технологиялар*, (Спецвыпуск 1), 27-31.
17. Хазратов, А. Н. (2021). ГРУНТ ЎЗАНЛИ КАНАЛЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШДА ОҚИЗИҚ ФРАКЦИЯЛАРИНИ ҲИСОБГА ОЛИШ МУАММОЛАРИ. *Инновацион технологиялар*, (Спецвыпуск 1), 75-79.

UDC: 691.175.3