

FTAMP 70.17.48:70.17.31:70.17.41

С.Қ. Жолдасов<sup>1</sup> – негізгі автор, ©  
Ж. Мақсатқызы<sup>2</sup>, Г.Ж. Қойшыбаева<sup>3</sup>, Қ.Р. Жабағиева<sup>4</sup>,  
Г. Баимбетова<sup>5</sup>, П.М. Абдирова<sup>6</sup>, М.М. Абашев<sup>7</sup>



<sup>1</sup>Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, <sup>2,5,6,7</sup>Докторант,  
<sup>3,4</sup>Магистр, аға оқытушы

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3947-1411> <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0004-1650-3363>  
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8005-1136> <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-3598-3479>  
<sup>7</sup><https://orcid.org/0000-0002-0798-5397>



<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Қазақ Ұлттық су шарушылығы және ирригация университеті,



Тараз, Қазақстан



<sup>1</sup>[arnur\\_68@mail.ru](mailto:arnur_68@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/ZOQL5528>

## КӨПОРЛЫ ҚҰМШАҒАЛТҰТҚЫШТАРДЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТАСЫНДЫЛЫҚ РЕЖИМДЕРІН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ТУРАЛЫ

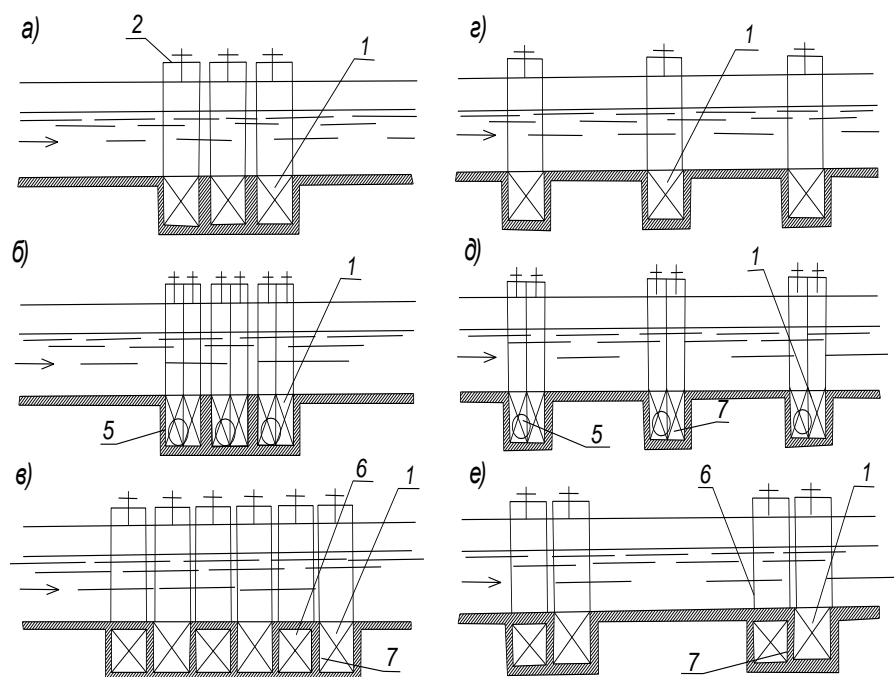
**Аңдатпа.** Ғылыми жұмыста көпорлы құмшағалтұтқыштардың жана конструкцияларында гидравликалық және тасындылық режимдерін зерттеу туралы жазылады. Көпорлы құмшағалтұтқыштардың берілген нобайлары, жинақылығына орай, гидротехникалық құрылыс пен пайдалануда өте ыңғайлы. Бірақ, орларды өндірісте бұлай орналастыру кезінде су ағыны, құрылым маңында айтарлықтай буырқану әсеріне тап болады және бұл өз кезегінде ұсақ тасындылар мөлшерінің қалқып шығуын тудырып, оларды қарпу жағдайын нашарлатады. Бұл, ор үстінен су ағыны өткен кезде қабырға маңы қабатының жоғарғы бөліктерінен ажырау жүруімен түсіндіріледі. Соған орай, орлар арасында ағын қайтадан қабырға маңы қабатын дамыту керек, оның қалыңдығы арна түбінің қысқа бөліктерде өте мардымсыз. Бұл үйкелістің жанама кедергісінің өсуіне алып келеді, ал сонымен бірге ағын жылдамдығының тік пульсация құраушысы мәні де өседі. Жоғарыда айтылғандарды назарға ала отырып, түпкі тасындылардың құрамында ұсақ бөлшектердің мөлшері өте көп болған жағдайда, оларды тұту жағдайын жақсарту үшін, су ағынында қабырға маңы су қабатының толық дамуын қамтамасыз ететін орлар арасында тыныштандыру бөліктерін орнату және үйкелістің жанама кедергілігін қалыптыға дейін төмендету қажет. Құмшағалтұтқыштардың ұсынылатын конструкцияларын зерттеу – лабораториялық жағдайларда модельдерде орындалады. Мақалада, түптік тасындыларды тұтып қалатын құмшағалтұтқыштарды зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы және зерттеу әдістемесі, зерттеу қондырғысы және жүргізілген эксперимент нәтижелері мен құмшағалтұтқыштардың жана конструкцияларында гидравликалық және тасындылық режимдері зерттелді.

**Тірек сөздер:** тасынды, көпорлы құмшағалтұтқыш, тәжірибелік қондырғы, зерттеу әдістемесі, эксперимент нәтижелері, құмшағалтұтқыштардың гидравликалық және тасындылық режимі.



Жолдасов, С.Қ. Көпорлы құмшағалтұтқыштардың гидравликалық және тасындылық режимдерін зерттеу нәтижелері туралы [Мәтін] / С.Қ. Жолдасов, Ж. Мақсатқызы, Г.Ж. Қойшыбаева, Қ.Р. Жабағиева, Г. Баимбетова, П.М. Абдирова, М.М. Абашев // *Механика және технологиялар / Ғылыми журнал.* – 2026. – №1(91). – Б.442-457. <https://doi.org/10.55956/ZOQL5528>

**Кіріспе.** Жасалған тәжірибелік қондырғының құрылымдық шешімдері тасындылардың жоғарыда сипатталған қасиеттері мен ағындағы қозғалу ерекшеліктерін ескере отырып таңдалды [1]. Көпорлы құмшағалтұтқыштардың принципіалды сұлбаларын, зерттеу мақсаттарын және қолданылған әдістемелерді түсіндіру үшін олардың кең таралған конструкциялық нұсқаларын қарастыру орынды. 1-суретте ұсынылған а, б, в типті нобайлар шартты түрде жинақы (компактті) топқа енгізіледі. Бұл топтағы орлардың ерекшелігі – олардың бір-бірімен қабыса орналасуы (сурет 1,а,б) немесе тек шаю галереялары арқылы бөлінуі (сурет 1,в). Тасынды массасын құрылымнан шығару сыртқы тесіктер (сурет 1,а), орларға орнатылған құмқойыртпақтар (сурет 1,б) немесе шаю галереялары (сурет 1,в) арқылы жүзеге асады.



а,б,в – жинақы (компактті) құмшағалтұтқыштар нобайлары; г,д,е – бөлінген нобайлар; 1 – орлар; 2 – жапқыштар; 3 – түпкі табалдырық; 4 – бөлу қабырғасы; 5 – шайғыштар; 6 – галереялар; 7 – шаю тесіктері.

Сурет 1. Көпорлы құмшағалтұтқыштардың принципіалды нобайлары

Аталған компактті схемалар гидротехникалық объектілерді жобалау мен пайдалану кезінде айтарлықтай қолайлылық береді. Алайда орлар мұндай тәртіппен орналастырылғанда ағында құрылым маңындағы турбуленттілік күшейіп, оның салдарынан ұсақ фракциялы тасындылар қайта қалқып, тұтылу тиімділігі төмендейді. Мұның негізгі себебі — су ағыны орлардың үстінен өткен кезде қабырға маңы қабатының жоғарғы аймақтарында ағудан ажырау құбылысының орын алуы. Осыған байланысты орлар арасында қабырға маңы су қабатын қайта қалыптастыру қажеттілігі туындайды, алайда қысқа аралықтардағы бұл қабаттың қалыңдығы мардымсыз болып, үйкелістің жанама кедергісін арттырады. Сонымен бірге

ағындағы жылдамдықтың тік бағыттағы пульсация құраушысы  $v_y'$  мәні де өседі, соңғының шамасы  $\tau$  төмендегі байланыстылықпен тәуелді болғандықтан

$$\sqrt{(v_y')^2} = k\sqrt{\tau} \quad (1)$$

бұл жерде:  $k$  – түзету коэффициенті.

Профессор В.Н. Гончаровтың бағалауы бойынша, айналып өту бетінің бастапқы аймағында жанама үйкеліс кедергілері бірқалыпты қозғалысқа тән орташа мәнінен шамамен он есеге дейін асып түсуі мүмкін [2]. Осы жайттарды ескере отырып, түптік тасындылар құрамында ұсақ бөлшектер басым болған жағдайда олардың тиімді қарпылуын қамтамасыз ету үшін орлар арасында ағындағы қабырға маңы су қабатының толық дамуына жағдай жасайтын тыныштандыру бөліктерін қарастыру қажет. Бұл тәсіл үйкелістің жанама кедергісін қалыпты деңгейге дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Осы принципке негізделген шартты түрде бөлектенген типтегі орналастыру сұлбалары 1-суреттегі г, д, е нұсқаларында көрсетілген. Тасынды шығару механизмі бұл жағдайда да жоғарыда сипатталған тәсілдерге ұқсас орындалуы мүмкін. Канал ені тым үлкен болған кезде көпорлы құмшағалтұтқыш түпкі табалдырықпен бірге жобаланып, бұл шаюға жұмсалатын өтімді айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді (1-сурет).

Ұсынылып отырған құмшағалтұтқыш конструкцияларының жұмыс тиімділігі зертханалық модельдерде анықталды. Модельдеу теориясының талаптары мен қажетті дәлдікке сәйкес масштаб 1:10 болып қабылданды. Модельдер органикалық шыныдан жасалып, ені 23 см және ұзындығы 600 см тікбұрышты гидравликалық науада орнатылды. Науада Фруд саны 0,3–3,0 аралығында, ал су өтімі 10–30 л/с аралығында өзгертілді. Тасынды-тосқын қоспасының модельге берілетін фракциялық құрамы 0,10–2 мм аралығындағы бөлшектерден тұрды. Ағынның тасындылармен қанығу деңгейі тәжірибе барысында 0,2–5,5 г/л шегінде реттеліп отырды.

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.** Түптік тасындыларды тұтуға арналған құмшағалтұтқыштарды зерттеуге бағытталған тәжірибелік қондырғы және қолданылған зерттеу әдістемесі

Тәжірибелік зерттеулер жүргізілген қондырғы М. Х. Дулати атындағы Тараз университетінің гидротехникалық зертханасында орналасқан S2-4M-A стенді негізінде ұйымдастырылды. Су стендтің ішкі жүйесіне электрлік басқару блогы арқылы беріліп, науа бойымен тұрақты ағын жасайды. Бұл лабораториялық кешен «Су ресурстары» кафедрасына тиесілі 6.2.140 аудиториясында орнатылған және 2022–2023 оқу жылында Англияның «Armfield» компаниясы шығарған жабдықтармен толықтырылған.

S2-4M-A стенді ашық арналардағы ағын қозғалысын көрнекі түрде бақылауға және гидравликалық процестерді тәжірибелік тұрғыда талдауға арналған әмбебап қондырғы болып табылады. Зерттеу барысында осы стендке көпорлы құмшағалтұтқыштың арнайы дайындалған макеті орналастырылды. Макет материалы ретінде пеноплекстің таңдалуы бірқатар технологиялық және экономикалық артықшылықтармен негізделеді. Атап айтқанда, пеноплекс пенопластқа қарағанда тығыздығы жоғары, желімделуі жеңіл және кесуге ыңғайлы; құрылымы үгітілмейді, әртүрлі геометриялық

пішіндерге оңай келтіріледі. Сонымен қатар оның бетінің тегістігі, салмағының жеңілдігі және беріктігі бетонға жақын сипат береді. Ал бетон немесе цемент негізді макеттердің массасының ауыр болуы және формалау күрделілігі оларды тәжірибелік жұмыстарға пайдалануды қиындатады. Материалды таңдаудағы тағы бір маңызды фактор – пеноплексінің өзге нұсқаларға қарағанда шамамен он есеге жуық арзан болуы, яғни қазіргі нарық жағдайында жоғары қолжетімділігі.

Өлшеулерді орындау барысында қателіктің ең жоғары ықтималдығы келесі жағдайларда туындауы мүмкін: трапеция пішінді суағарлар көмегімен су өтімін анықтау кезінде

$$\Delta Q_{\max} = \pm(1,5MBH^{0.5} \Delta H + \Delta MBH^{3/2} + \Delta BMH^{3/2}), \quad (2)$$

мұндағы:  $\Delta H$  – суағардың табанындағы су тереңдігін өлшеу қателігі;  $\Delta M$  – өтім коэффициентін анықтау қателігі;  $\Delta B$  – суағар енін дайындау қателігі.

Біздің жүргізген тәжірибелерде  $\Delta H$  шамасы, өлшеу инесінен есеп алу 0,10 мм дәлдікпен бағалануы мүмкін. Суағарды дайындау қателігі ( $B=0,5\text{м}$ ) штангенциркуль өлшеу дәлдігімен бағаланып, 0,1 мм-ге тең болды.  $\Delta M$  шамасы 0,005. Біз  $M=1,86$  және  $Q=MBH^{3/2}$  тең келетінін біле отырып, жоғарыдағы келтірілген өрнектен өтімді өлшеу қателігінің төмендегі жоғарғы шамасын аламыз:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \pm\left(1,5\frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta B}{B}\right) = \pm 0,018 \quad (3)$$

Су тереңдігін және пьезометр көрсеткішін өлшеу қателері. Су тереңдігі мен пьезометр көрсеткішін өлшеу қателері арнайы штангамен есеп алу дәлдігімен анықталды. Бұл қателіктер тәжірибелік зерттеулер кезінде өлшенген барлық параметрлердің сенімділігін бағалау үшін ескерілді.

Зерттеу қондырғысы және эксперимент нәтижелері

Жүргізілген зерттеулер «Су ресурстары» кафедрасының «Гидротехникалық құрылымдардың гидрологиялық және техникалық қауіпсіздігі» лабораториясында орындалды. Тәжірибелік қондырғының нобайы 1-суретте көрсетілген.

S2-4M-A стенді ашық арналардағы ағын қозғалысын көрнекі бақылауға мүмкіндік беретін эксперименталды қондырғы болып табылады. Зерттеу барысында оның ішіне көпорлы құмшағалтұтқыштың макеті орналастырылды. Макет материалын таңдауда пеноплекс пайдаланылды. Бұл материалдың артықшылықтары келесіде: - пенопластқа қарағанда тығыздығы жоғары,

- желімделуі жеңіл, кесуге ыңғайлы, үгітілмейді, әртүрлі пішіндерге оңай келтіріледі,

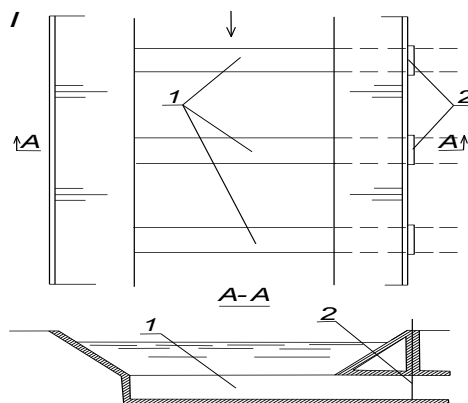
- беті тегіс және бетонға жақын сипатқа ие,

- жеңіл, тасымалдауға ыңғайлы, ал бетон немесе цементтен жасалған макеттер ауыр және формалау қиын.

Сонымен қатар, пеноплекс экономикалық тұрғыдан тиімді, нарықтағы баламаларға қарағанда шамамен 10 есе арзан, бұл оны зертханалық тәжірибелер үшін қолжетімді етеді.

Көпорлы құмшағалтұтқыштағы орлар бір-біріне тең арақашықтықта орналастырылып, жалпы саны 3-ке тең. Орлардың артынан тірегін (подпор)

қойылды, оның негізгі қызметі – «белгісіз бөлшекті» тасындыларды ұстап қалу. Бірінші орда ұсақ тасындылардың негізгі массасы жинақталады. Тәжірибе үшін қажетті 150 г топырақ алынып, електен өткізілу арқылы құм материалы дайындалды.



1 – арна табанындағы орлар; 2 – қақпа.

Сурет 2. Тәжірибе жүргізу қондырғысының нобайы

Зерттеу жұмыстары М. Х. Дулати атындағы Тараз университетінің гидротехникалық лабораториясында орналасқан S2-4M-A қондырғысында өткізілді. Жұмыс жүргізу кезеңдері қосымшалардағы суреттерде көрсетілген.

Зерттеулерде қолданылған негізгі құрал-жабдықтар мен материалдар мыналар: пеноплэкс, қайшы, пышақ, желім, топырақ, елек, тостақ, таразы және басқа да қажетті заттар.

S2-4M-A қондырғысы «Су ресурстары» кафедрасына тиесілі 6.2.140 лабораториялық зертханасында 2012–2013 оқу жылында Англияның «Armfield» компаниясы шығарған жабдықтармен толықтырылған. Бұл эксперименталды стенд ашық арналардағы ағын қозғалысын көрнекі түрде бақылауға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында көпорлы құмшағалтұтқыштың макеті стендке орналастырылды. Макет материалын таңдау кезінде пеноплэкс пайдаланылды. Бұл материалдың артықшылықтары мыналар:

- тығыздығы пенопластқа қарағанда жоғары;
- желімделуі жеңіл және оңай кесіледі, үгітілмейді;
- кез келген пішінге келтіруге болады;
- беті тегіс және бетонға ұқсас;
- жеңіл, тасымалдауға ыңғайлы; бетон немесе цемент макеттеріне қарағанда ауыр емес және формалау оңай.

Көпорлы құмшағалтұтқыштағы орлар бір-біріне тең арақашықтықта орналастырылып, жалпы саны 3-ке тең. Орлардан кейін тірегіш (подпор) орнатылды, оның негізгі қызметі – «белгісіз бөлшекті» тасындыларды ұстап қалу. Бірінші ор ұсақ тасындылардың негізгі массасын жинайды.

Тәжірибе үшін қажетті 150 г топырақ алынып, електен өткізілу арқылы құм материалы дайындалды да, көпорлы құмшағалтұтқышқа жіберілді. Зерттеу кезінде судың өтімі 3,1 л/с деңгейінде ұсталды, ал каналдың басындағы еңістік 0,003 болды.

Топырақ қолданудың себебі мынада:

1. Егер сумен тарыны әрекеттестірсек, ол алдымен ісінеді және топырақтың функциясын толық атқара алмайды;

2. Майдаланған әйнек сынықтарын қолдану сумен ағынға қосылғанда траншеяға жетпей, жүруі қиын;

3. Ұнтақ жарма (манка) сумен араласқанда түйір-түйір болып, қажетті нәтижені бермейді.

S2-4M-A қондырғысында тәжірибе барысында судың ағымы 20 минут бойы ұсталды. Алынған мәліметтер кесте түрінде ұсынылған (кесте 1).

Кесте 1

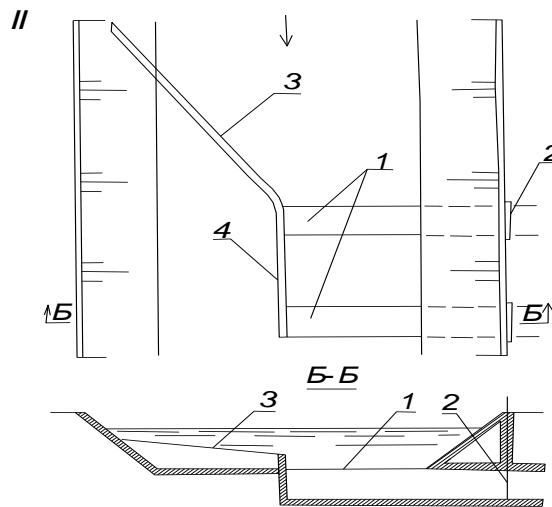
Эксперименттік тәжірибе нәтижелері

№	Орлар саны	Орлардың арақашықтығы, тұтылған тасынды, грамм	Судың өтімі, л/с	1-ші орда тұтылғаны, грамм	2-ші орда тұтылғаны, грамм	3-ші орда тұтылғаны, грамм
1	3	135	3,1	7	4	2
2	3	38; 32; 34,2	3,1	14	13	6
3	3	15; 24,9; 31	3,1	22	18	27
4	3	11; 18,8; 15	3,1	23	29	36

Зерттеу нәтижелері көпорлы құмшағалтұтқыштың экономикалық тиімділігін көрсетті. Атап айтқанда, тасындылардың шамамен 90%-ы құрылым арқылы тұтылып, тек 4%-ы каналға өтеді, ал жалпы тасындының 6%-ын «белгісіз бөлшектегі тасындылар» (неизвестные частицы наносов) құрайды. Мәліметтерді талдау көрсеткендей, ұсынылған көпорлы құмшағалтұтқыштарды өндірістік жағдайда қолдануға барлық қажетті шарттар бар екені көрінеді, бұл тұжырым жасалған тәжірибелік жұмыс нәтижелерімен расталады.

Соңғы жылдары тау бөктеріндегі су шаруашылық жүйелерінде тасындылармен күресу мәселелері күрделене түсті. Біздің зерттеу жұмысымыз тау бөктеріндегі магистральды каналдарға сәйкестендіріліп жүргізілді. Бұл тәсіл қазіргі уақытта ауыл шаруашылығы мекемелері қолданатын механикалық тазалау әдістеріне қарағанда әлдеқайда тиімді болып табылады. Себебі, жыл өткен сайын каналдардың көлденең қимасының өткізу қабілеті лаймен және өсімдіктермен бітелуден төмендейді, ал оны тазалау үшін әртүрлі жер қазғыш машиналар, экскаваторлар, скреперлер және бульдозерлер қолданылады, бұл каналдың өтім қимасының кішірейуіне әкеледі.

Эксперименттік тәжірибелер нәтижесінде алынған мәліметтерді өңдеу көрсеткендей, тұтылған тасындылар көлемі 90%-ға жетеді. Сонымен қатар, тасындыларды шайып әкетуге жұмсалатын су өтімі де ескеріліп, құмшағалтұтқыштың жаңа конструкциясы өнертабыс ретінде пайдалы модельге өтінім беру негізінде ұсынылды. Төменде осы қондырғының нобайы көрсетілген (3-сурет).



1 – арна табанындағы орлар; 2 – қақпа; 3 – түпкі табалдырық; 4 – бөлгіш қабырға

Сурет 3. Құмшағалтұтқыштың жаңа конструкциясы

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.** Лабораториялық зерттеулердің нәтижелерін талдау көрсеткендей, көпорлы құмшағалтұтқыштарда ағын құрылымына байланысты белгілі бір құлау қисығы қалыптасады. Бұл құлау қисығы әсіресе су ағынының көпорлы құмшағалтұтқыштың таяну бөлігінде айқын көрінеді.

Мұндай жағдайда бірінші ордың жоғарғы табалдырығындағы ағынның салыстырмалы тереңдігі каналдағы ағынның Фруд саны  $Fr$  және бірінші ордағы бөліну өтімінің коэффициентіне байланысты өзгеріп отырады. Бұл қатынастар төменде келтірілген сәйкес байланыстылық арқылы есептелуі мүмкін:

$$\eta_1 = \frac{H_1}{H} = 1 - \frac{5}{8} k_1^a \quad (4)$$

бұл жерде  $H_1$  – ордың жоғарғы табалдырығындағы ағынның тереңдігі;  $H$  – каналдағы су ағынының тереңдігі;  $a$  – төмендегі шамаға тең параметр:

$$a = 1/4 + 2/5 Fr \quad (5)$$

$$k_1 = \frac{Q_T}{Q} \quad (6)$$

мұнда:  $Q_T$  – бірінші ордың шаю өтімі;  $Q$  – каналдағы су өтімі.

Көпорлы құмшағалтұтқыш маңында ағынның бет пішіні өте күрделі болып келеді. Орлар бір-бірінен (4-5)Н шамамен арақашықтықта орналасқан жағдайда, ағын қозғалысы салыстырмалы бірқалыпты режимде бөлектенген

телімдерден тұрады. Бұл жағдайда оның еркін беті бірқатар жеке аймақтарға бөлінеді.

Құмшағалтұтқыштың орларының құрамына кіретін әрбір табалдырықтың жоғарғы бөлігінде ағын тереңдігінің шамасы келесі байланыстылық арқылы анықталады, ол жерде, тиісінше:  $H=H_{i(opt)} - i-1$  және  $i$ -ші орлардың арасындағы бірқалыпты ағынның орташа тереңдігі;  $Fr=Fr_i - i-1$  және  $i$ -ші орлардың арасындағы Фруд саны.

Егер олар арасындағы арақашықтық  $4H$ -тан кем болса, әрбір ордың әсер ету аймақтары бір-бірінің үстіне қабаттасады. Бұл жағдайда көпорлы құмшағалтұтқыш маңындағы транзиттік ағынның еркін бет пішінін сипаттайтын теңдеу келесі түрде алынды:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{i_k - i_{mp} + \frac{v_y}{v} Fr}{1 - Fr} \quad (7)$$

бұл жерде  $i_k$  – канал түбінің еңістігі;  $i_{mp}$  – үйкеліс бетінің еңістігі;  $v$  – транзиттік ағынның жылдамдығы;  $v_y$  – орлардың кіру тесігі жазықтығына нормаль, бөлініп шығатын өтімнің орташа жылдамдығы, ол есептік жағдайларда келесідей анықталады:

$$v_y = \frac{kQ}{L_0 b_k} \quad (8)$$

мұнда:  $k$  – көпорлы құмшағалтұтқыштың өтімінің бөліну коэффициенті;  $L_0$  – көпорлы құмшағалтұтқыштың жалпы ұзындығы;  $b_k$  – каналдың түбінің ені.

Осы теңдеу бойынша ағын тереңдіктерін есептеу соңғы айырмашылықтар әдісі арқылы жүргізіледі. (5) өрнек жақындатылған есептеулер үшін ұсынылады және өтімнің бөліну коэффициенті кезінде тәжірибелік деректермен жақсы сәйкес келеді.

Көпорлы құмшағалтұтқышпен тосқын-тасындыларды тұту механизмі өте күрделі құбылыс болып табылады. Бұл құбылыс, бір жағынан, әрбір орға бөлшектердің түсуімен анықталатын әртүрлі факторларға тәуелді болса, екінші жағынан, орлар санының тасындыларды тұтуға әсерін және олардың өзара орналасуын ескеретін сипаттамаларды да қосады.

Көпорлы құмшағалтұтқыштардың жұмысын талдау, сондай-ақ Р.Ж. Жолаев, П.А. Понер [3,4] және басқа зерттеушілердің бірорлық құрылымдарды тәжірибелік зерттеу материалдарына сүйене отырып, көпорлы құмшағалтұтқыштарда тасындылардың жеке фракцияларын тұту коэффициентін анықтайтын жалпы байланыстылықты келесі түрде жазуға мүмкіндік берді:

$$\sum \alpha = f(v, \omega, d, \gamma_\beta, \gamma_H, b_T, h_T, k, n, L), \quad (9)$$

бұл жерде:  $\omega$  – тасынды түйіршіктерінің (фракцияларының) орташа гидравликалық ірілігі;  $d$  – тасынды түйіршіктерінің орташа диаметрі;  $\gamma_\beta, \gamma_H$

– тиісінше су мен тасындылардың үлестік салмағы;  $b_T$  – орлардың ені;  $h_T$  – ордың тереңдігі;  $n$  – орлар саны;  $L$  – орлар арасындағы арақашықтық.

Жоғарыда аталған факторлардың әрқайсысы тасындыларды тұтуға әртүрлі әсер етеді. Олардың кейбіреулері маңызды болса, басқаларының ықпалы мардымсыз болып, құрылымның конструкциясын өзгерту немесе модельдеу кезінде ескерілмеуі мүмкін. Оның ішінде, (3) теңдеуге енетін  $\gamma_B, \gamma_H$  шамалары, модельдік және нақты (болмыстық) жағдайларда кейбір факторлар іс жүзінде тұрақты болып қалады, сондықтан оларды есепке алмауға болады. Ал қалған сипаттамалардың тасындыларды тұтуға әсері эксперименттік жолмен анықталды.

Бірқатар ғалымдардың зерттеу нәтижелері көрсеткендей, орлардың санын арттыру тасындылардың жеке фракцияларын тұту коэффициентін 2–3,5 есе жоғарылатуға мүмкіндік беретін маңызды факторлардың бірі болып табылады. Сонымен қатар, транзиттік ағынның Фруд саны ( $Fr > 1,0$ ) болған жағдайда, ұсақ тасынды түйіршіктерін (тәжірибелерде мөлшері 0,5 мм-ден кіші) тұту тиімділігі орлардың санын ұлғайтудан максималды деңгейге жетеді. Бұл жағдайларда, ұсақ тасындылардың негізгі массасы ( $\omega/v < 0,05 - 0,03$ ) бірінші ордан кейін тұтылады, олардың үлесіне құрылыммен тұтылған жалпы тасынды мөлшерінің 70-75% келеді. Бірінші орға іс жүзінде  $\omega/v > 0,10$  мөлшердегі тасындылардың барлығы дерлік түседі.

Тәжірибелер көрсеткендей, каналда төрт ордан артық ор орнату орлар санын арттыру арқылы құрылымның тасындыларды тұту коэффициентін жоғарылату мүмкіндігін іс жүзінде жояды. Сондықтан көпорлы құмшағалтұтқыштарды жобалау кезінде орлар саны төрттен аспауы керек.

Көптеген зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әртүрлі тасынды түйіршіктерін тұтудың ең тиімді максималды енінің аралығы болмыстық жағдайларда 0,8–1,0 м құрайды. Ордың ені осы көрсетілген мәннен төмен болса, тасындыларды тұтудың тиімділігі күрт төмендейтіні байқалады.

Тәжірибелер негізінде ор ішінде тұрақты бұрандалы ағыс түзілуін қамтамасыз ететін, сондай-ақ тасындылардың ең көп мөлшерде тұтылуын қамтамасыз ететін ордың тереңдігі мен ені арасындағы оптималды қатынас  $h_T / b_T = 0,8 - 1,4$  анықталды.

Сонымен қатар, құмшағалтұтқыш өтімін бөлу коэффициентінің  $k$  шамасы түпкі тасындыларды тұту коэффициентіне өте аз әсер ететіні анықталды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, салыстырмалы гидравликалық ірілігі  $\omega/v < 0,10$  белгілі бір шамадағы тасындыларды тұту коэффициентіне әсер етеді. Сонымен қатар, канал түбінің салыстырмалы бұжырлығы да бұл көрсеткішке ықпал етеді. Салыстырмалы гидравликалық ірілік мәні критикалық болып саналады, себебі ол ілеспе күйдегі қозғалыс кезінде арна табанымен бөлшектердің тартылуынан өтпелі шекараны анықтайды. Бұл жағдайда ағынның тігінен пульсациялық жылдамдық құраушысының шамасы тасындыларды тұту тиімділігін елеулі түрде анықтайды.  $\omega/v > 0,10$  мөлшердегі тасындылар үшін құрылыммен оларды тұтылуын анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып, бөлшектердің орташа диаметрі саналады.  $b_T / d < 20$  қатынасы шамасы кезінде тасындылардың орға түсуінің күрт төмендеуі байқалады.

Сондықтан, тасындыларды мүмкіндігінше көп тұтуды қамтамасыз ету мақсатында,  $b_T / d_{\max} > 20$ , бұл жерде  $d_{\max}$  - ағындағы тасындылардың ең ірі түйіршіктерінің мөлшері.

Көпорлы құмшағалтұтқыштардың жұмысында тыныштандыру бөліктерінің әсері айтарлықтай қызығушылық тудырады. Зерттеулер көрсеткендей, тыныштандыру бөліктерінде ағын тереңдігі бойымен жылдамдықтардың таралу сипаты өзгереді. Арна түбі маңындағы облыста сұйықтықтың бойлық жылдамдықтары төмендейді, яғни ағынның шамалы тежелген аймағы ұлғаяды. Бұл құбылыс тыныштандыру бөліктерінің ұзындығы бойымен ағындағы шекаралық қабаттың дамуына байланысты туындайды.

Шекаралық қабат теориясына сәйкес, сұйық айналып өтетін бөліктің ұзындығы бойынша үйкелістің үлестік жанама кедергілігінің өзгеруі келесі теңдеу түрінде беріледі:

$$\tau = 0,5 \rho v^2 \left( 2,87 + 1,58 \ln \frac{x}{\Delta} \right)^{-2,5} \quad (10)$$

бұл жерде:  $\rho$  – судың тығыздығы;  $\Delta$  – түпкі бұжырлық жоталары биіктігі;  $x$  – ордың кіру ернеуінен (біздің жағдайда ордың төменгі табалдырығынан) қарастырылатын қимаға дейінгі есептелетін арақашықтық.

Бұдан шығатыны  $x$  мәні артқан сайын,  $\tau$  шамасы төмендейді. Бізге белгілі, шекаралық қабат турбуленттік ағында құйынды қозғалыстардың түзілуіне жауап береді. Құйынды қозғалыс шекаралық қабаттың кинематикалық құрылымын қалыптастырады және сонымен қатар ағындағы қатты бөлшектердің таралуы мен қозғалыс сипатына айтарлықтай әсер етеді.

Мысалы, профессор П.В. Михеев [5] пікірінше, құйынды қозғалыстың түзілуі арнаның бұжырлы аймақтарында шекаралық қабаттың ажырауы нәтижесінде пайда болады. Бұл процесс кез-келген шекаралық қабат ажырауы сияқты қысымның ыдырауы мен шекаралық қабат жанама кедергісінің потенциалдық энергиясының құйын кинетикалық энергиясына айналуы арқылы жүреді. Жанама кедергісі жоғары болған сайын пайда болатын құйынның кинетикалық энергиясы да жоғары болып, ағын қабатына қатты бөлшектерді көбірек тартуға мүмкіндік береді.

Сондықтан төменгі табалдырықтан орды алып тастау арқылы ордың шамасын төмендеткенде, құйынды ағынның кинетикалық энергиясы және ағынның ілеспе тасындылармен қанығуы (3-сурет) төмендеуі тиіс. Бұл құбылыс тыныштандыру бөлігіндегі ағын тереңдігі бойынша тұнбалылық өзгерістерінің эксперименттік деректерімен расталады (I, II, III және IV тұстамалары, тыныштандыру бөлігінен бастап)  $\frac{x}{\Delta} = 10, 100, 300$  және 500 салыстырмалы арақашықтарында орналасқан).

Тыныштандыру бөлігінің ұзындығы тасындылардың ағындағы қозғалысына тигізетін әсерін тікелей талдау мақсатында, сұйық қалыңдығындағы түйіршіктер концентрациясының кескіні үшін профессор В. Н. Гончаровтың теңдеуі қолданылды:

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \left(1 - \frac{y}{H}\right)^{\frac{\alpha_2 \omega}{v_*}} \quad (11)$$

бұл жерде:  $\rho_n$  – ағынның түбінен  $y$  арақашықтықта құм түйіршіктерінің концентрациясы;  $\rho_0$  – арна табанындағы түйіршіктер концентрациясы;  $v_*$  – арна түбіндегі ағындағы құйын бөлінуі жылдамдығының ең үлкен шамасы;  $\alpha_2$  – ағындағы тұнбалылық таралуын ескеретін коэффициент, оны келесі өрнекпен түрлендіруге болады

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \left(1 - \frac{y}{H}\right)^{\frac{0,342\alpha_2}{\varphi} \sqrt{\frac{gd}{v^2}} \left(2,87 + 3,64 \lg \frac{x}{\Delta}\right)^{1,25}} \quad (12)$$

мұнда:  $\varphi$  – бөлшек турбуленттілігінің параметрі.

$\alpha_2$  коэффициентінің сандық мәні  $0,5 \times 10^2$  тең, ол ағындағы ақпа тұнбалылығы таралуы бойынша эксперименталдық деректерді өңдеу жолымен табылған.

Жоғарыда келтірілген (12) теңдеу тыныштандыру бөлігіндегі  $\frac{x}{\Delta}$ , оның салыстырмалы еніне байланысты, ағын тереңдігі бойымен тұнбалылық таралуының заңдылықтарын сипаттайды. Теңдеуді талдау нәтижесі көрсеткендей, тыныштандыру бөліктері бойымен ағынның ілеспе тасындылармен қанығуы төмендейді. Бұл құбылыс 4-суретте айқын көрінеді: суретте (12) теңдеуді шешу нәтижесі мен дәл сол нүктелердегі тәжірибелік салыстырмалы тұнбалылық мәндері негізінде ағындағы және тыныштандыру бөлігіндегі тасындылар концентрациясының қималары бейнеленген.

Ілеспе бөлшектердің шөгуге нәтижесінде арна табанында олардың концентрациясы артады. Осы кезде тыныштандыру бөліктерінің ұзындығы бойынша арна түбі маңындағы тұнбалылықтың ұлғаю заңдылығы шамамен келесі байланыс түрінде өрнектеледі:

$$\frac{\rho_0}{\rho_c} = 1 + \frac{0,342\alpha_2}{\varphi} \sqrt{\frac{gd}{v^2}} \left(2,87 + 3,64 \lg \frac{x}{\Delta}\right)^{1,25} \quad (13)$$

бұл жерде;  $\rho_c$  - ағындағы орташа тұнбалылық.

Сонымен, тыныштандыру бөліктерін енгізу ағынның түбі маңындағы облыста тасындылардың концентрациясының жиналуына ықпал етеді және құрылымға олардың түсуі үшін қолайлы жағдайлар жасайды. Мысалы, 2-суретте бөлек және жинақы жайғастыру нобайлары кезіндегі көпорлы құмшағалтұтқыштардың тасындыларды (орташа диаметрі 0,375 мм) тұту коэффициентінің өзгеруі көрсетілген. Көрсетілген мәліметтерден байқауға болады, бөлек нобайдағы тыныштандыру бөліктерін орнату кезінде ағын жылдамдығы  $v > 1,0$  м/с болса, тасындыларды тұту коэффициенті 1,4–1,7 есе өсуге мүмкіндік береді.

Тыныштандыру бөліктері әсіресе үлкен каналдарда, Фруд саны ( $Fr > 1,0$ ) және тасындылар құрамы ұсақ түйіршікті болған жағдайда тиімді жұмыс істейді. Ал 0,5 мм-ден үлкен бөлшектерді тұтуға тыныштандыру бөліктерінің әсері тәжірибелерде мардымсыз болып табылды.

Тыныштандыру бөліктерінің ең тиімді ұзындығына қол жеткізгеннен кейін, құмшағалтұтқыштардың тасындыларды тұту мөлшерін одан әрі ұлғайту мүмкіндігі шектеледі (4-сурет). Әртүрлі ғалымдардың тәжірибелік деректері негізінде ағынның  $L_{on} / B_T$  және  $Fr$  қатынастары арасында байланыс орнатылған (5-сурет).

Осы саладағы ғалымдармен жүргізілген эксперименттік зерттеулер көпорлы құмшағалтұтқыштардың конструкциясына арналған негізгі сілтемелерді толық растайды.

Алынған нәтижелерді талдау (5) өрнегінің құрамына енетін сипаттамалар санын едәуір қысқартуға мүмкіндік берді және өлшемдіктер теориясын қолдана отырып, оны келесі ықшам түрге келтіруге мүмкіндік туды:

тасынды бөлшектері  $\omega / v > 0.10$  үшін

$$\Sigma \alpha_{\vartheta} = \varphi \left( \frac{gb_T}{v^2}, \frac{b_T}{d}, n \right) \quad (14)$$

тасынды бөлшектері  $\omega / v < 0.10$  үшін,

$$\Sigma \alpha_b = \varphi \left( \frac{gb_T}{v^2}, \frac{\omega}{v}, \frac{d_{opt}}{H}, n \right) \quad (15)$$

бұл жерде:  $d_{opt}$  – каналдағы  $\omega / v > 0.10$  бөлшектердің орташа алынған диаметрі.

В.А. Афанасьевтің [4] көпорлы құмшағалтұтқыштармен тасындыларды тұту бойынша эксперименттік деректерін өңдеу нәтижелері, сондай-ақ Р.Ж. Жулаев, П.А. Понер және А.Б. Магайлардың бірорлық құмшағалтұтқыштармен тасындыларды тұту бойынша болмыстық тәжірибелік деректерін талдау негізінде, көпорлы құмшағалтұтқыштардағы тасындылардың жеке фракцияларын тұту коэффициентін анықтауға арналған (13) және (14) байланыстылықтары келесі түрде өрнектелді [4]:

$$\Sigma \alpha_{\vartheta} = \lg \left[ 3,02n^{0,7} \left( \frac{gb_T}{v^2 d} \right)^{2/3} \right] \quad (16)$$

$$\Sigma \alpha_b = \lg \left[ 36,3n^{0,6} \left( \frac{gb_T}{v^2} \right)^{2/3} \left( \frac{\omega}{v} \right)^{3/4} \left( \frac{d}{H} \right)^{-1/5} \right] \quad (17)$$

(15) және (16) байланыстылықтары,  $\Sigma \alpha$  шамасы 0-ден 1,0 өзгеру аралығында расталады.

Көпорлы құмшағалтұтқыштардағы тасындылардың жалпы қосынды тұту коэффициенті төмендегідей өрнек арқылы анықталады:

$$\alpha_0 = \Sigma \alpha_1 p_1 + \Sigma \alpha_2 p_2 + \dots + \Sigma \alpha_i p_i, \quad (18)$$

бұл жерде:  $p_i$  – тасындылар құрамындағы түйіршіктердің үлестік салмағы.

**Қорытынды.** Түпкі табалдырықты және бөлгіш қабырғалы көпорлы құмшағалтұтқыш көлденең қазылған орлардан, жапқыштардан, қисық сызықты түпкі табалдырықтан және бөлгіш қабырғадан тұрады. Басқа құмшағалтұтқыштардан ерекшелігі – оның түпкі қисық сызықты табалдырығы канал осіне белгілі бір бұрышпен орналасуы және бөлгіш қабырғасының түпкі тасындыларды, яғни галереялар түріндегі тасындыларды тұтуға арналған көлденең қазылған орларға бағыттау үшін канал осімен орналастырылуы. Түпкі тасындылардың өтімдерін өткізу және реттеу мақсатында жапқыштар орнатылған.

Осындай конструкция нәтижесінде орларда сұйықтың құйынды сипаттағы қарқынды қозғалысы қалыптасып, ағынның өте жоғары тасымалдау қабілеті қамтамасыз етіледі. Бұл құрылғының тиімді жұмыс істеуін біршама осы бағытта зерттеулер жүргізген және пайдалы модель алған авторлардың еңбектері растайды [6-9].

#### Әдебиеттер тізімі

1. Джолдасов, С.К. Бойлық саңылаулы құмтұтқышты зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы мен гидравликалық параметрлерді өлшеу дәлдігі [Мәтін] / С.К. Джолдасов, Г.А. Дубурбаева, Н.Ж. Жоламанов // М.Х. Дулатидің 510 жылдығына арналған «VI Дулати оқулары» Халықаралық ғылыми-практикалық конф. материалдары. – Тараз, 2009. – Б. 220-221.
2. Гончаров, В.Н. Динамика русловых потоков [Текст] / В.Н. Гончаров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 372 с.
3. Жулаев, Р.Ж. Возбуждение поперечной циркуляции в открытом русле при помощи донного порога переменной высоты, расположенного под некоторым углом к продольной оси потока [Текст] / Р.Ж. Жулаев, Г.З. Соболин // Уз.ИНТИ. - Ташкент, 1967. – С. 7.
4. Понер, П.А. Борьба с наносами на оросительных каналах с высокими скоростями течения [Текст] / П.А. Понер, В.А. Афанасьев // Режим орошения и техника полива сельскохозяйственных культур в условиях юга Казахстана: Сб. научн. тр. ДГМСИ. – Ташкент: изд. САНИИРИ, 1974. – Вып. 66. – С. 132-146.
5. Жолдасов С.Қ., Мақсатқызы Ж. Тау бөктері каналдарындағы тасындылармен күресу әдістері [Мәтін] / С.Қ. Жолдасов, Ж. Мақсатқызы // Материалы III-Международной научно-практической конференции «Перспективы развития современной науки» проходившем в г. Сеуле (Ю. Корея) 28-30 марта 2018 г. – Б. 132-139.
6. Мақсатқызы Ж. Тасындыларды тұтатын құмшағалтұтқыштарды зерттеу [Мәтін] / Мақсатқызы Ж., Смаилов Б.Ш. // «VI Үркімбаев оқулары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының МАТЕРИАЛДАРЫ, I том, Тараз қ., 2021. – Б. 186-191.
7. Смаилов Б.Ш. Пескогравиеловка с продольными наносозахватными щелями [Текст] / Смаилов Б.Ш., Байдильдаева А.Ж. // М.Р. Қасенов 80 жылдығына орай өткізілген «Аймақтық экономиканың бәсекеге қабілеттілік мәселелері: теория және практика» тақырыбындағы халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының МАТЕРИАЛДАРЫ, 2021. – Б. 236-239.
8. Джолдасов С.К. Бесплотинный водозабор с донным порогом переменной высоты [Текст] / Джолдасов С.К., Молдамуратов Ж.Н., Тәттібаев С.Ж.,

- Шилибек К.Қ., Кадрешев Е.Ж., Баимбетова Г.З. // Патент на полезную модель №7892 от 17.03.2023г.
9. Джолдасов С.К. Многотраншейная пескогравелировка с донным порогом и раздельной стенкой [Текст] / Джолдасов С.К., Молдамуратов Ж.Н., Тәттібаев С.Ж., Смаилов Б.Ш., Мақсатқызы Ж., Асылбек М.М. // Патент на полезную модель №7986 от 21.04.2023г.

*Материал редакцияға 01.12.25 түсті, 27.03.26 қабылданды.*

**С.К. Джолдасов<sup>1</sup>, Ж. Мақсатқызы<sup>1</sup>, Г.Ж. Койшыбаева<sup>1</sup>, Қ.Р. Джабагиева<sup>1</sup>,  
Г. Баимбетова<sup>1</sup>, П.М. Абдирова<sup>1</sup>, М.М. Абашев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет водного хозяйства и ирригации,  
Тараз, Казахстан

### **О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И НАНОСНЫХ РЕЖИМОВ МНОГОТРАНШЕЙНЫХ ПЕСКОГРАВИЕЛОВОК**

**Аннотация.** В научной работе приведены результаты исследования гидравлического и наносного режимов новых конструкций многотраншейных пескогравелировок. Приведенные схемы многотраншейных пескогравелировок, благодаря своей компактности, очень удобны в гидротехническом строительстве и эксплуатации. Но при таком размещении траншей на производстве вблизи сооружения, сталкивается со значительным эффектом бурных потоков, что, в свою очередь, приводит к всплытию количества мелких наносов, ухудшая их состояние. Это объясняется тем, что при прохождении потока воды над рвом происходит отделение от верхних частей пристеночного слоя. В связи с этим, между траншеями необходимо снова развивать приточный слой, толщина которого крайне незначительна на коротких участках дна канала. Это приводит к увеличению косвенного сопротивления трения, а также к увеличению значения вертикальной пульсационной составляющей скорости потока. Принимая во внимание вышеизложенное, для улучшения условий в случае, когда в составе донных наносов очень большое количество мелких частиц, необходимо установить в потоке воды успокаивающие части между рвами, обеспечивающие полное развитие околостенного водоносного горизонта, и снизить косвенное сопротивление трения до нормального. Исследование рекомендуемых конструкций пескогравелировок выполняется на моделях в лабораторных условиях. В статье представлены экспериментальная установка и методика исследования для исследования пескогравелировок, удерживающих донные отложения, экспериментальная установка и результаты проведенного эксперимента, а также исследования гидравлического и наносного режимов многотраншейных пескогравелировок.

**Ключевые слова:** наносы, многотраншейная пескогравелировка, экспериментальная установка, методика исследований, результаты исследований, гидравлические и наносные режимы пескогравелировок.

S.K. Joldassov<sup>1</sup>, Zh. Maksatkyzy<sup>1</sup>, G.Zh. Koishibaeva<sup>1</sup>, K.R. Dzhabagieva<sup>1</sup>,  
G. Baimbetova<sup>1</sup>, P.M. Abdirova<sup>1</sup>, M.M. Abashev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

#### ON THE RESULTS OF THE STUDY OF HYDRAULIC AND ALLUVIAL MODES OF MULTI-TRENCH SAND TRAPS

**Abstract.** The scientific work describes the study of hydraulic and alluvial modes of new designs of multi-trench sand traps. The above schemes of multi-trench sand traps, due to their compactness, are very convenient in hydraulic engineering construction and operation. But with such an arrangement of trenches in production near the facility, it faces a significant effect of rapid flows, which, in turn, leads to an increase in the amount of fine sediments, worsening their condition. This is explained by the fact that when a stream of water passes over the moat, it separates from the upper parts of the wall layer. In this regard, it is necessary to develop the supply layer between the trenches again, the thickness of which is extremely insignificant in short sections of the channel bottom. This leads to an increase in the indirect friction resistance, as well as to an increase in the value of the vertical pulsation component of the flow velocity. Taking into account the above, in order to improve conditions in the case when there are a very large number of small particles in the sediment, it is necessary to install soothing parts in the water flow between the ditches, ensuring the full development of the near-wall aquifer, and reduce the indirect friction resistance to normal. The study of recommended designs of sand traps is carried out on models in laboratory conditions. The article presents an experimental installation and research methodology for the study of sand traps retaining bottom sediments, an experimental installation and the results of the experiment, as well as studies of hydraulic and alluvial modes of multi-trench sand traps.

**Keywords:** sediments, multi-trench sandcutting, experimental installation, research methodology, research results, hydraulic and alluvial modes of sandcutting.

#### References

1. Dzholdasov S.K., Duburbayeva G.A., Zholamanov N.Zh. Boylyq sañylyuly qumtutqyshty zertteuge arnalğan täjiribelik qondyrğy men gidravlikalyq parametrlerdі ölşeu дәl'digi [Experimental setup for studying a longitudinal slot sand trap and accuracy of hydraulic parameter measurements] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "VI Dulati oqylary", posvyashchennoy 510-letiyu M.Kh. Dulati [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "VI Dulati Readings" dedicated to the 510th anniversary of M.Kh. Dulati]. – Taraz, 2009. – P. 220-221. [in Kazakh].
2. Goncharov V.N. Dinamika ruslovykh potokov [Dynamics of channel flows] // Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeoizdat]. – 1962. – 372 p. [in Russian].
3. Zhulaev R.Zh., Sobolin G.Z. Vozbuzhdenie poperechnoy tsirkulyatsii v otkrytom rusle pri pomoshchi donnogo poroga peremennoy vysoty, raspolozhennogo pod nekotorym uglom k prodol'noy osi potoka [Excitation of transverse circulation in an open channel using a bottom sill of variable height located at an angle to the longitudinal flow axis] // Uz. INTI [Uzbek Scientific-Technical Information Institute]. – Tashkent, 1967. – P. 7. [in Russian].
4. Poner P.A., Afanasyev V.A. Bor'ba s nanosami na orositel'nykh kanalakh s vysokimi skorostyami techeniya [Sediment control in irrigation canals with high flow velocities] // Rezhim orosheniya i tekhnika poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh yuga Kazakhstana: sb. nauch. tr. DGMSI [Irrigation regime and irrigation

- techniques for agricultural crops in southern Kazakhstan: collection of scientific papers]. – Tashkent: SANIRI, 1974. – Iss. 66. – P. 132-146. [in Russian].
5. Zholdasov S.K., Maqsatqyzy Zh. Tau böкteri kanaldaryndaғы tasındylarmen күresu әdisteri [Methods for combating sediments in foothill canals] // Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Perspektivy razvitiya sovremennoy nauki” (Seoul, South Korea, March 28–30, 2018) [Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Prospects for the Development of Modern Science”]. – P. 132-139. [in Kazakh].
  6. Maqsatqyzy Zh., Smailov B.Sh. Tasındylardy tutatyn qumshaғaltutqyshtardy zertteu [Study of sand and gravel traps capturing sediments] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “VI Ürkimbaev oqylary” [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “VI Urkimbayev Readings”]. – Taraz, 2021. – Vol. I. – P. 186-191. [in Kazakh].
  7. Smailov B.Sh., Baidildaeva A.Zh. Peskogriavelovka s prodol'nymi nanososakhvatnymi shchelyami [Sand and gravel trap with longitudinal sediment-capturing slots] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Problemy konkurentosposobnosti regional'noy ekonomiki: teoriya i praktika”, posvyashchennoy 80-letiyu M.R. Kasenova [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Competitiveness of Regional Economy: Theory and Practice” dedicated to the 80th anniversary of M.R. Kasenov]. – 2021. – P. 236-239. [in Russian].
  8. Dzholdasov S.K., Moldamuratov Zh.N., Tattibaev S.Zh., Shilibek K.K., Kadreshev E.Zh., Baimbetova G.Z. Besplotinnyy vodozabor s donnym porogom peremennoy vysoty [Damless water intake with a bottom sill of variable height] // Patent na poleznuyu model' №7892 ot 17.03.2023 [Utility model patent No. 7892 dated March 17, 2023]. [in Russian].
  9. Dzholdasov S.K., Moldamuratov Zh.N., Tattibaev S.Zh., Smailov B.Sh., Maqsatqyzy Zh., Asylbek M.M. Mnogotransheytnaya peskogriavelovka s donnym porogom i razdel'noy stenkoy [Multi-trench sand and gravel trap with a bottom sill and separating wall] // Patent na poleznuyu model' №7986 ot 21.04.2023 [Utility model patent No. 7986 dated April 21, 2023]. [in Russian].