

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА»

ISSN 2790-0886

В Е С Т Н И К

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Учрежден в июне 2008 года

Тематическая направленность: энергетика и энергетическое машиностроение, информационные,
телекоммуникационные и космические технологии

1 (60)

2023

Импакт-фактор - 0.095

Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год

Алматы

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ14VPY00024997

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Подписной индекс – 74108

Бас редакторы – главный редактор

Стояк В.В.

к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Жауыт Алгазы, доктор PhD
Шуебаева Д.А., магистр

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Главный редактор – Стояк В.В., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Заместитель главного редактора – Жауыт А., доктор PhD, ассоциированный профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Сагинтаева С.С., доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор математики, академик МАИН;

Ревалде Г., доктор PhD, член-корреспондент Академии наук, директор Национального Совета науки, Рига, Латвия;

Илиев И.К., доктор технических наук, Русенский университет, Болгария;

Белоев К., доктор технических наук, профессор Русенского университета, Болгария;

Обозов А.Д., доктор технических наук, НАН Кыргызской Республики, заведующий Лабораторией «Возобновляемые источники энергии», Кыргызская Республика;

Кузнецов А.А., доктор технических наук, профессор Омского государственного технического университета, ОмГУПС, Российская Федерация, г. Омск;

Алипбаев К.А., PhD, доцент Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Зверева Э.Р., доктор технических наук, профессор Казанского государственного энергетического университета, Российская Федерация, г. Казань;

Лахно В.А., доктор технических наук, профессор Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, кафедра компьютерных систем, сетей и кибербезопасности, Украина, Киев;

Омаров Ч.Т., кандидат физико-математических наук, директор Астрофизического института имени В.Г. Фесенкова, Казахстан;

Коньшин С.В., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Тынымбаев С.Т., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан.

За достоверность материалов ответственность несут авторы.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник АУЭС» обязательна.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 50.41.17
УДК 51.74; 627.83

https://doi.org/10.51775/2790-0886_2023_60_1_78

САНДЫҚ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ТАСҚЫН ЖӘНЕ СЕРПІНДІ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

І.Б. Сүлеймен², Г.З. Зиятбекова^{1,2*}, Т.Ж. Мазакөв^{1,2}, Ш.У. Максұтова²

¹ҚР ҒЖБМ АЕТИ, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: inkar23032001@gmail.com, ziyatbekova@mail.ru, tmazakov@mail.ru, shynar_04@mail.ru

Аңдатпа. Бұл зерттеу жұмысы су ағынын бағалау әдісі мен моделін зерттеуге арналған. Бұл зерттеуде судың бағытын модельдеу үшін қажетті қадамдар талқыланды, сонымен қатар қолданыстағы шешу әдістеріне талдау жасалды және зерттеу міндеттері қойылды. Алдымен тапсырма талданып, оны шешу барысында туындауы мүмкін негізгі мәселелер анықталды. Сондай-ақ, мәселенің жалпы сипаттамасы мен зерттеу міндеттерін тұжырымдама берілген. Сипатталған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Геоақпараттық жүйеде нәтижелерді көрсете отырып және бөгеттің бұзылуының математикалық моделі зерттелген. Сонымен қатар оған модель жасалып, түрлі зерттеулердің заман талабына сай әдіс-тәсілдері қолданылып, техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың салдарын болжау, кешенді талдаудың белгілі әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді.

Қазақстанда әзірленген су тасқыны мен су тасқыны мониторингі технологиясының сипаттамасы келтірілді, оны жекелеген өңірлерде іс жүзінде пайдалану нәтижелері талқыланды және одан әрі даму бағыттары белгіленді. Осылайша, әртүрлі қолданыстағы тәсілдерді сараптай отырып, су құбылысының қаупін алдын ала жобалау әдістемесін әзірлеуге бағытталған зерттеулердің мақсаты мен негізгі міндеттері тұжырымдалды. Жұмыс барысында үздіксіз толқын әдісі қолданылды. Су тасқыны нәтижесінде су басу аймақтарын алу туралы мәселені шешудің мүмкін жолдары келтірілген. Сұйықтық ағынының әртүрлі түрлері көрсетілген және олардың таралуы жағдайында турбуленттілік дәлелденген. Сандық модельдеуге арналған бағдарламалық жасақтама кешендерінің артықшылықтары қарастырылған. Навье-Стокс эволюциялық теңдеулерінің үш өлшемді жүйесі түрінде модельдеудің әртүрлі әдістері үшін қажетті бастапқы деректерге талдау жасалды. Бұл ақпарат кейіннен төтенше жағдайды алдын ала болжау үшін қолданылады.

Түйін сөздер: Навье-Стокс теңдеуі, су басу, су тасқыны және серпінді толқындар, компьютерлік модельдеу.

Кіріспе

Қазіргі уақытта аймақты, елді мекенді су басу мен серпінді толқындардың таралуынан туындаған су тасқынына байланысты төтенше жағдайлардың көптеген түрлерін кездестіруге болады. Сол себепті біздің елімізде ауыл шаруашылығы жерлері мен елді мекендерді су тасқынынан қорғау міндеті тұр. Ауыл шаруашылығы жерлерін су басу ауқымды су тасқыны кезінде де, табиғи, техногендік факторлар кезінде де пайда болады [1-2].

Елімізде су тасқыны мәселесі жыл сайын көктемде күшейе түсуде. Елдің әртүрлі аймақтарында елді мекендер, сөздің шынын айтқанда, су астында қалатын жағдай қазірдің өзінде қалыпты жағдайға айналды. Бұл ретте бюджет қаражаты су тасқынының алдын алудың орнына оның салдарын жоюға жұмсалады. Су тасқыны – бұл су режимінің фазасы, ол шығындар мен су деңгейінің қарқынды, әдетте қысқа мерзімді өсуімен сипатталады және еру кезінде жаңбыр немесе қар еруінен туындайды.

Көктемгі су тасқыны – бұл маусымдық құбылыс, және іс жүзінде бұл құбылысты белгілі бір дәрежеде болдырмау мүмкін емес. Жайылма және жағалау жерлерін пайдалану қажеттілігі мен ықтимал су тасқынынан болған шығындар арасындағы қақтығысты шешу әрекеттерін көптеген мамандар бірнеше рет жасады. Бірақ осы уақытқа дейін бұл қақтығыс шешілмеген. Жағалаудағы жерлерді пайдалану мүмкіндігі туралы мәселені шешу үшін су тасқыны кезінде болуы мүмкін шығындар мен одан келетін зиянды талдау қажет. Су тасқыны немесе серпіліс толқыны өткен жағдайда жердің сапасы айтарлықтай нашарлайды. Су тасқыны кезінде өзендегі судың қысқа мерзімді көтерілуі де жағалаудағы жерлердің су басуына әкелуі мүмкін, бұл әрдайым егіннің жоғалуымен де, жер сапасының нашарлауымен де байланысты айтарлықтай шығындарға әкеледі [3-5].

Су тасқынынан болуы мүмкін залалдың алдын алу шаралары ретінде келесі инженерлік-техникалық шараларды жүргізу қажет:

– әр түрлі инженерлік құрылыстарды қолдана отырып, өзендердің су тасқынын бақылау және реттеу: бөгеттер қою, өзен жағалауларын нығайту, арналарды түзету және т.б.;

– ықтимал су басу қаупі бар аймақтарды ескере отырып, инфрақұрылым элементтері мен тұрғын үй құрылыстарын жобалау және ұтымды орналастыру; су тасқыны жиі болатын аймақтарда қалаларда үйлер салуға немесе ғимараттардың бірінші қабаттарын тұрғын емес қорға ауыстыруға болады;

– төтенше жағдайлар туындауы мүмкін жағдайларды, маңызды инфрақұрылымдық элементтерді: көпірлерді, байланыс желілерін және т.б. ескере отырып, жұмыстың тұрақтылығын қамтамасыз ету.

Зерттеу әдістері

Су тасқыны нәтижесінде су басу аймақтарын алу туралы мәселені шешу үшін келесі әдістер тиісті нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді:

1. Физикалық модельдер;
2. Талдамалық есептеулер жүргізу;
3. Сандық модельдеу.

Бүгінгі таңда судың ернеуінен асып-тасуы мен серпілісті су бөліктерінің таралу параметрлерін сандық компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы ғана анықтауға болатындығы көрсетілген. Сұйықтық ағындары бір-бірінен екі түрлі түрге бөліну арқылы ажыратылады: ламинарлы (бірқалыпты өзгертін, тұрақты) және турбулентті (ретсіз). Су тасқыны және серпінді толқындардың таралуы жағдайында сұйықтықтың ағымы турбулентті болады [6-8].

Нәтижелер

Барлық қолданыстағы программалық жасақтама кешендерін бір өлшемді, екі өлшемді және үш өлшемді деп бөлуге болады. Бір өлшемді және екі өлшемді жағдайда сандық модельдеу зерттелетін модельді едәуір жеңілдетеді және серпіліс толқынының немесе су тасқыны толқынының таралуы кезінде болатын процестер туралы әрі қарай не болатыны туралы толық түсінік бермейді. Осылайша тасқын және серпінді толқындарды есептеу үшін үш өлшемді сандық модельдеуді қолдану өте қолайлы болады.

Көп жағдайда гидродинамикалық модельдеудің негізгі жүйесі ретінде Навье-Стокс эволюциялық теңдеулерінің үш өлшемді жүйесін қарастыруға болады [9-10].

Модельдеудің әртүрлі әдістері үшін қажетті бастапқы деректерге талдау жасайық.

Дискуссия

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

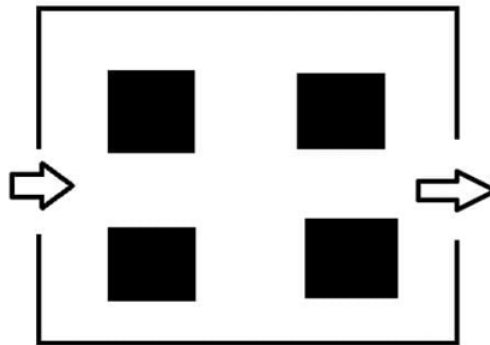
(1) Импульс

(2) Үзіліссіздік

Бұл жердегі:

- U, V – су ағынының белгіленуі;
- ρ – тығыздық;
- p – қысым;
- $\mu = \frac{1}{Re}$ – тұтқырлық;
- t – уақыт.

Есептің қойылымында кедергілердің орналасқан жерін, сұйықтың кірісі мен шығысын оның алғашқы бөлігін аппроксимациялау сандық әдісімен шешу үшін қолданады (1-сурет).



1-сурет – Алғашқы шарт

Сандық әдіспен есептеу үшін (1) теңдеудің алғашқы бөлігін аппроксимациялау керек [11-13]:

$$\frac{u_{ij}^{n+1} - u_{ij}^n}{\Delta t} + u_{ij}^n \frac{u_{i+1,j}^n - u_{ij}^n}{dx} + v_{ij}^n \frac{u_{ij+1}^n - u_{ij}^n}{dy} = -\frac{1}{\rho} \frac{p_{i+1,j}^n - p_{ij}^n}{dx} + \frac{1}{Re} \left(\frac{u_{i+1,j}^n - 2 * u_{ij}^n + u_{i-1,j}^n}{dx^2} + \frac{u_{ij+1}^n - 2 * u_{ij}^n + u_{ij-1}^n}{dy^2} \right) \quad (1.1)$$

Келесі қадам физикалық параметрлерге жіктеу:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u^{n+1} - u_{ij}^n + u_{ij}^* - u_{ij}^*}{dt} \quad (1.1')$$

Егер аралық U компонентін қосып алсақ, теңдеу өзгерісіз қалады. Дегенмен ол есептің шешу жолын айқындай түседі.

$$\frac{u_{ij}^* - u_{ij}^n}{dt} = -u_{ij}^n \frac{u_{i+1,j}^n - u_{ij}^n}{dx} - v_{ij}^n \frac{u_{ij+1}^n - u_{ij}^n}{dy} - \frac{1}{Re} \left(\frac{u_{i+1,j}^n - 2 * u_{ij}^n + u_{i-1,j}^n}{dx^2} + \frac{u_{i,j+1}^n - 2 * u_{ij}^n + u_{i,j-1}^n}{dy^2} \right) \quad (1.1'')$$

Аралық компонент енгізу арқылы және физикалық параметрлерге жіктеу арқылы Бьюргерс теңдеуін бөліп алдық. Қалған бөлігін теңестіреміз:

$$\frac{u_{ij}^{n+1} - u_{ij}^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1.1''')$$

(1) теңдеудің екінші бөлігінде де дәл сол әрекеттерді жасаймыз:

$$\frac{v_{ij}^* - v_{ij}^n}{dt} = -u_{ij}^n \frac{v_{i+1,j}^n - v_{ij}^n}{dx} - v_{ij}^n \frac{v_{ij+1}^n - v_{ij}^n}{dy} - \frac{1}{Re} \left(\frac{v_{i+1,j}^n - 2 * v_{ij}^n + v_{i-1,j}^n}{dx^2} + \frac{v_{i,j+1}^n - 2 * v_{ij}^n + v_{i,j-1}^n}{dy^2} \right) \quad (1.2')$$

$$\frac{v_{ij}^{n+1} - v}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad (1.2'')$$

(2) теңдеуді орындау үшін жіктеп жазып алсақ:

$$\begin{cases} u_{ij}^{n+1} = u_{ij}^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ v_{ij}^{n+1} = v_{ij}^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \end{cases}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \text{ – ді орындасақ:}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(u_{ij}^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_{ij}^* - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 0$$

$$\frac{\partial u^*}{\partial x} - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial v^*}{\partial y} - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = \frac{\rho}{\Delta t} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right)$$

Нәтижесінде Пуассон теңдеуін алдық. Олар түрлі әдіспен шешіледі. Ұсынылған әдістердің арасындағы ең тиімдісі Гаусс тәсілі:

$$\frac{p_{i+1,j}^n - 2 \cdot p_{i,j}^{n+1} + p_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{p_{i,j+1}^n - 2 \cdot p_{i,j}^{n+1} + p_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y^2} = f(x, y, t)$$

$$p_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{4} \cdot (p_{i+1,j}^n + p_{i,j+1}^n + p_{i-1,j}^{n+1} + p_{i,j-1}^{n+1} - \frac{\rho \cdot \Delta x^2}{\Delta t} \cdot \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right))$$

Бұл теңдеулерді жеке-дара шешіп алып, нәтижеде алынған мәндердің шешімді қанағаттандыратынына кнз жеткізу керек.

Негізгі алгоритмді анықтау үшін шартты түрде қойылған есепті кезең-кезеңімен орындаймыз:

1. Тапсырманың бірінші орындалу бөлімінде қозғалысты табу мақсатында Бьюгерс теңдеуінен бөлінген u^* , v^* мәндері бойынша ыңғайлы итерация көмегімен шығарамыз:

$$\frac{u_{i,j}^* - u_{i,j}^n}{\Delta t} = -u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} - V \cdot \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{Re} \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{V_{i,j}^* - V_{i,j}^n}{\Delta t} = -u \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - V \cdot \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{1}{Re} \cdot \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right)$$

2. Келесі деңгейде анықталған интервалды жылдамдыққа қатысты қысым белгілі болады. Сол себепті Пуассон теңдеуіндегі аталмыш Гаусс тәсілі арқылы табамыз.

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = \frac{\rho}{\Delta t} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right)$$

3. Қысымның көкжиегін жоғарыдағы екі деңгейді толық меңгеріп алған соң тасымалдау нәтижесінде меңгереміз.

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x};$$

$$\frac{V_{i,j}^{n+1} - V_{i,j}^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x}.$$

4. u^{n+1}, V^{n+1} -лерді ε дәлдікпен нәтижесін алу үшін жинақтылыққа қойылатын шарт қанағаттануы керек.

$$|u^{n+1} - u^n| < \varepsilon$$

$$|V^{n+1} - V^n| < \varepsilon$$

Дамбаларда жылдамдықпен қатар қысымның болуы мүмкін еместігін әрі олардың жиегіндегі қысымның әсерін елеп-ескеріп, соның барлығына көңіл бөліп, оларды модельдейміз [14-16].

Төмендегі іс-әрекеттердің орындалуына көз жеткіземіз:

1. Ену

Осы тұста $U=U_0, V=0, \frac{\partial p}{\partial n} = 0;$

2. Қабырғаға қатысты

$U=0, V=0, \frac{\partial p}{\partial n} = 0;$

3. Дамба

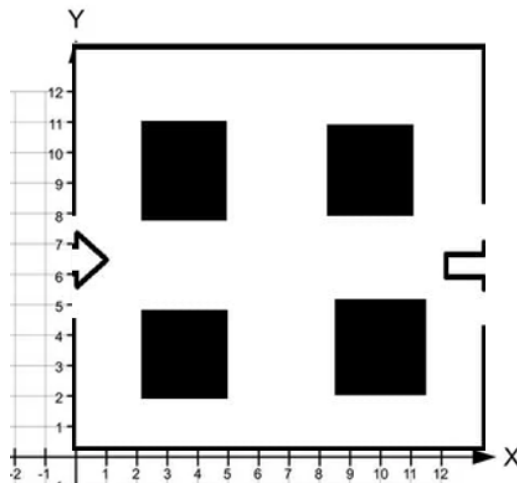
3.1 оның ішкі жағында $U=0, V=0, p = 0;$

3.2 айналасында $\frac{\partial p}{\partial n} = 0;$ U, V құрамдас бөліктері анықталады.

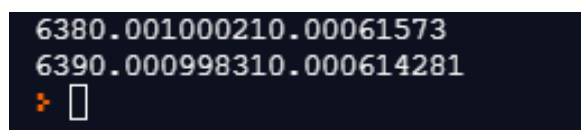
4. Шығу

4.1 $\frac{\partial u}{\partial n}=0, \frac{\partial v}{\partial n}=0, p = 0;$

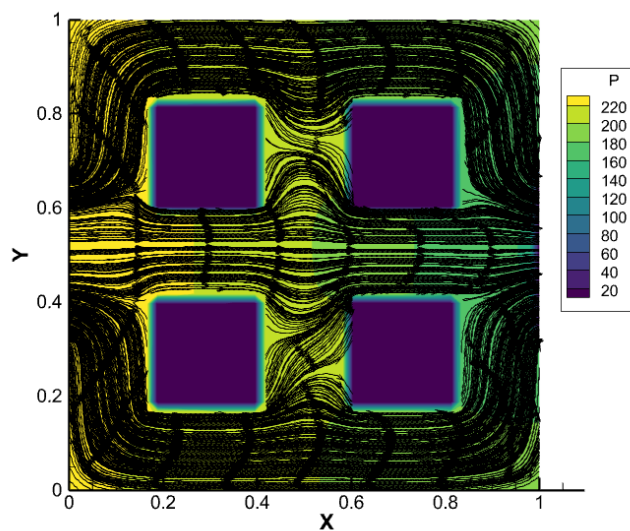
Кедергілердің орналасқан нүктелерін анықтайық (Сурет 2-6):



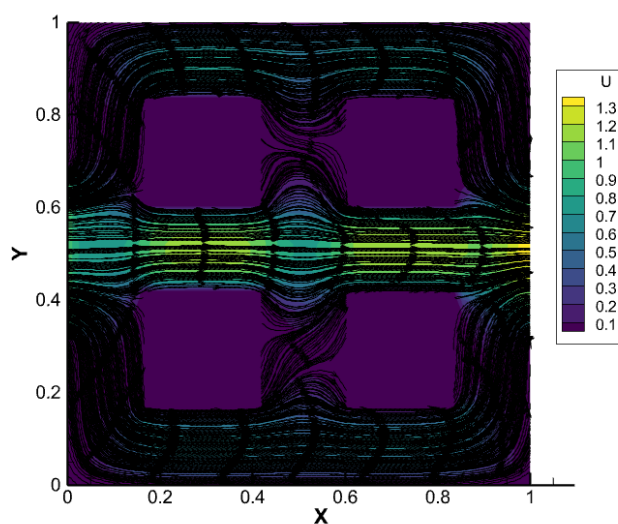
2-сурет – Кедергінің нүктелерін анықтау



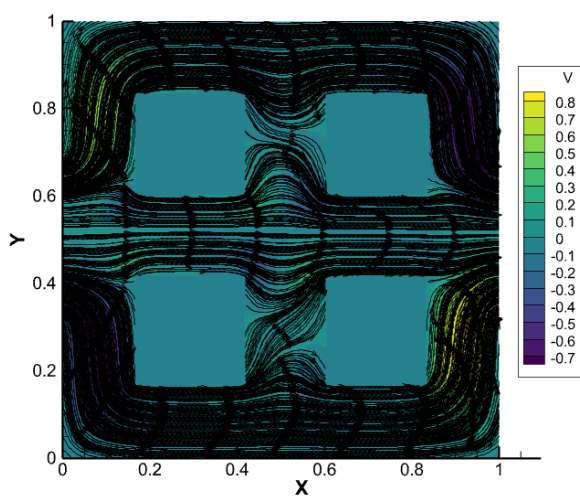
3-сурет – Итрация саны. u^{n+1}, V^{n+1} –нің ε дәлдікке дейінгі мәні



4-сурет – P – қысым компонентінің графигі



5-сурет – U – ағын жылдамдығының x бағыты бойынша компонентінің графигі



6-сурет – V – ағын жылдамдығының y бағыты бойынша компонентінің графигі

Жоғарыдағы график нәтижелерінен аңғарғанымыз [17]: бастапқыда Рейнольдс санын өте аз мөлшерде алғанбыз, сонда ағыстың ламинарлы болатыны анықталды. Сөйтіп, Навье-Стокс теңдеуі математика тұрғысынан модельденіп, сонымен қатар компьютер арқылы оның моделі құрылды. Жұмысты орындау барысында қойылған есеп мынадай бөліктермен қамтылды. 1) Бюргерс (импульс) теңдеуі кәдімгі итерация тәсілімен шешімін тапты; 2) Пуассон теңдеуі үшін Гаусс тәсілін қолдану тиімдірек; 3) қысым арқылы анықталған шектеуді әрі кедергінің ішкі жағында нөлге тең деп алып, ал өзге тұстарында Нейманның шарттарын орындайтындай етіп пайдаланылды. Жалпы график арқылы енетін және шығатын тұстары айқын байқалады. Оған қоса ламинарлы ағыстың жайылуына бөгеулердің де әсері байқалады.

Өзен ағынын модельдеу міндеті маңызды мәселе болып табылады. Қазіргі уақытта өзен ағынын болжаудың бірыңғай шешімі жоқ. Әдістерді жеңілдетуге үнемі ұмтылу зерттеу нәтижелерінде сапаның жоғалуына әкеледі. Бірақ неғұрлым күрделі модельдер көптеген бақылау деректерін орнатуды талап етеді, бірақ олар болмайтындықтан, модельдерді жеңілдетуге жүгіну керек. Өзен ағынын модельдеудің бір өлшемді модельдерін тек алдын ала есептеулер үшін қолдануға болады. Дәлірек зерттеу үшін жоғары деңгейлі модельдерді қолдану керек [14].

Қорытынды

Есептің қойылымында кедергілердің орналасқан жерін, сұйықтың кірісі мен шығысын оның алғашқы бөлігін аппроксимациялау сандық әдісімен шешу үшін қолданады. Аралық компонент енгізу арқылы және физикалық параметрлерге жіктеу арқылы Бюргерс теңдеуі алынды. Пуассон теңдеуін бірнеше әдіспен шығара отырып, салыстырмалы түрде қолайлысы Гаусс Зейдель әдісі екені белгілі болды. Есепті төрт кезеңге бөліп қарастырып, компьютерлік модель құрылады. Кедергілердің орналасқан нүктелерін анықтап, компоненттер графигі тұрғызылды. Нәтижесінде, графикте алдымен Рейнольдс санының мәнін аз алғанда ағын ламинарлы екенін белгілі болды. Берілген есепте барлық кедергілер мен шекаралық шарттар ашып көрсетілді, сөйтіп, толық талдау жасалды.

Жұмыста селдің орын алуы, биік серпілісті судың құлау мүмкіндігін таралу параметрлерін сандық компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы ғана анықтауға болатындығы көрсетілген. Қарастырылған барлық әдістер су тасқынына қарсы шараларды негіздеу үшін бастапқы деректерді жедел алуға мүмкіндік бермейді және айтарлықтай материалдық және уақытша ресурстарды қажет етеді. Осылайша, су тасқынына қарсы іс-шаралардың инженерлік негіздемелерінің жеңілдетілген технологиясын құру қажеттілігі айқын, нәтижелерді қолда бар нәтижелермен алудың сенімділігімен салыстыруға болады, бірақ сонымен бірге модельдеу жылдамдығы мен іске асырудың қарапайымдылығында артықшылығы бар. Технология бастапқы деректердің ең аз жиынтығымен су тасқыны толқынының немесе серпіліс толқынының таралуын модельдеуге мүмкіндік беруі керек, оның нәтижелері бойынша тереңдігі бойынша сараланған су басу аймақтары бар зерттелетін жердің екі өлшемді картасын, сондай-ақ толқындардың таралуын сипаттайтын басқа параметрлерді алуға мүмкіндік береді.

Жұмыс 2023-2025 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру қаражаты есебінен AP19678157 "Су айдынының толымдылық деңгейінің жай-күйін мониторингілеудің бағдарламалық-аппараттық кешенін әзірлеу" жобасы бойынша орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Mazakov T., Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Aliaskar M. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2020. – Vol. 98. – No 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195
- [2] Spivak L., Arkhipkin O., Pankratov V., Vitkovskaya I., Sagatdinova G. Space monitoring of floods in Kazakhstan. Mathematics and Computers in Simulation. – 2004. – P. 365–370.
- [3] Mazakov, T., Jomartova, Sh., Ziyatbekova, G., Sametova, A., Mazakova A. Intelligent dam breach threat monitoring system // Scientific Journal of Astana IT University. – Nur Sultan. – 2022. – Vol. 10. P. 61-67. ISSN (P): 2707-9031 ISSN (E): 2707-904X. DOI: 10.37943/YQTE5603
- [4] Mazakov, T., Ziyatbekova, G., Issimov N. Water level monitoring system in hydraulic structures // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ICT. – Almaty. 2020. – Vol. 1, – No 2. – Pp. 26-32.

- [5] МазакOV Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З. Топырақ бөгеттерінің бұзылу процесін зерттеуді дамыту // Вестник АУЭС. – Алматы. 2020. – № 1 (48). – С. 131-137.
- [6] Филатов Е.Ю., Ясинский Ф.Н. Математическое моделирование течений жидкостей и газов // Учебное пособие. Ивановский государственный энергетический университет. – Иваново. 2007. – 345 с.
- [7] Mazakov T.Zh., Kisala P., Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z., Karymsakova N.T. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5. No 443. – Pp. 116-124. // <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.111>
- [8] Mazakov T., Ziyatbekova G., Aliaskar M. Automated water level monitoring system in water bodies // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ИСТ. – Алматы. 2020. – Vol. 1, – No 1. – Pp. 7-13.
- [9] Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З. К вопросу о проблемах разработки автоматизированных систем предупреждения и прогнозирования прорыва дамб // Вестник КазННТУ. – Алматы. 2018. – № 2(126). – С.136-139.
- [10] Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. New approaches for solving problems of the simulation of flood wales and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Алматы. 2019. – № 4(51), Volume 16. – P. 138-144.
- [11] МазакOV Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З. Су ресурстарын бакылауды датытуға арналған іс-шаралар мен туындайтын мәселелер // Вестник КазННТУ. – Алматы. 2020. – № 2(138). – С. 365-369.
- [12] Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Панкратов В.С., Шагарова Л.В., Сагатдинова Г.Н. Технология мониторинга паводков и наводнений в Западном Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. – М.: Полиграфсервис, 2004. – С. 279-286.
- [13] Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N. Development of Flood Monitoring Information System in Kazakhstan // Proceedings of 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. Saint-Petersburg, 2005.
- [14] Бредшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. – М.: Мир, 1974. – 239 с.
- [15] Кучмент Л.С., Гельфан А.Н., Демидов В.Н. Развитие физико-математических моделей формирования речного стока и опыт их применения при недостатке гидрометрических наблюдений // Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. – СПб.: Гидрометеиздат. – 2004. – С. 121-123.
- [16] Исахов А.А. Физикалық процестерді математикалық және компьютерлік модельдеу. – Алматы, 2018. – 263 б.
- [17] Tecplot 2020. <https://www.tecplot.com/2020/12/09/tecplot-360-2020-r2-now-available/> (20.11.2022)

LIST OF REFERENCES

- [1] Mazakov T., Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Aliaskar M. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020. – Vol. 98, – No 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195
- [2] Spivak L., Arkhipkin O., Pankratov V., Vitkovskaya I., Sagatdinova G. Space monitoring of floods in Kazakhstan. Mathematics and Computers in Simulation. 2004. – P. 365-370.
- [3] Mazakov T., Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Sametova A., Mazakova A. Intelligent dam breach threat monitoring system // Scientific Journal of Astana IT University. – Nur Sultan, 2022. – Vol. 10. P. 61-67. ISSN (P): 2707-9031 ISSN (E): 2707-904X. DOI: 10.37943/YQTE5603
- [4] Mazakov T., Ziyatbekova G., Issimov N. Water level monitoring system in hydraulic structures // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ИСТ. – Алматы, 2020. – Vol. 1, – No 2. – Pp. 26-32.
- [5] Mazakov T., Jomartova Sh., Kisala P., Ziyatbekova G. Development of a study of the fracture process of soil dams // AUES Bulletin. – Алматы, 2020. – No. 1 (48). – Pp. 131-137.
- [6] Filatov E.Y., Yasinsky F.N. Mathematical modeling of liquids and gases flows // Tutorial. Ivanovo State Power University. – Ivanovo State Power University. 2007. – 345 p.

- [7] Mazakov T.Zh., Kisala P., Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z., Karymsakova N.T. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5. – No 443. – Pp. 116-124. // <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.111>
- [8] Mazakov T.Zh., Ziyatbekova G.Z., Aliaskar M. Automated water level monitoring system in water bodies // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ИСТ. – Almaty, 2020. – Vol. 1, – No 1. – Pp. 7-13.
- [9] Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z. On the Problems of Developing Automated Dam Breach Warning and Forecasting Systems // Bulletin of KazNRTU. – Almaty, 2018. – No. 2(126). – Pp.136-139.
- [10] Mazakov T.Zh., Jomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. New approaches for solving problems of the simulation of flood wales and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Almaty, 2019. – № 4(51), Volume 16. – P. 138-144.
- [11] Mazakov T.Zh., Jomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. Activities and Emerging Issues in Water Resources Control // Bulletin of KazNRTU. – Almaty, 2020. – No. 2(138). – Pp. 365-369.
- [12] Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Pankratov V.S., Shagarova L.V., Sagatdinova G.N. Technology for Monitoring Floods and Floods in Western Kazakhstan // Modern problems of remote sensing from space: Physical basis, methods and technologies for monitoring the environment, potentially dangerous phenomena and objects. –M.: Polygraphservice, 2004. – Pp. 279-286.
- [13] Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N. Development of Flood Monitoring Information System in Kazakhstan // Proceedings of 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. Saint-Petersburg, 2005.
- [14] Bradshaw P. Introduction to Turbulence and its Measurement. – M.: Mir, 1974. –239 p.
- [15] Kuchment L.S., Gelfan A.N., Demidov V.N. Development of physical and mathematical models of river flow formation and experience of their application under lack of hydrometric observations // Abstracts of VI All-Russian Hydrological Congress. – Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat. – 2004. – Pp. 121-123.
- [16] Isakhov A.A. Mathematical and computer modeling of physical processes. – Almaty, 2018. – 263 p.
- [17] Tecplot 2020. <https://www.tecplot.com/2020/12/09/tecplot-360-2020-r2-now-available/> (20.11.2022).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАВОДКОВЫХ И ПРОРЫВНЫХ ВОЛН С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

І.Б. Сүлеймен², Г.З. Зиятбекова^{1,2*}, Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Ш.У. Максұтова²

¹ИИВТ КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: inkar23032001@gmail.com, ziyatbekova@mail.ru, tmazakov@mail.ru, shynar_04@mail.ru

Аннотация. Исследовательская работа посвящена исследованию метода и модели для оценки водного стока. В указанном исследовании обсуждаются нужные шаги, чтобы моделировать направление воды. А также проведен анализ существующих методов решения и постановка задач исследования. Анализируется задача, и выявляются заметные вопросы, возможно возникающие по ходу выполнения. Дано общее описание проблемы и формулировка постановки проблемы научного исследования. Выявлены преимущества и замечания вышеуказанных алгоритмов. Применение модели разрыва плотины проведено, путем сравнения и анализа знаковых нам методик, прогнозируя последствия особых моментов естественного характера с применением технологий реального мира математического моделирования и научной практики, с полученным результатом в геоинформационной системе рассуждения.

Приведены описанные технологии наблюдения затопления и сели, обоснованные в нашей стране. Рассматриваются итоги вышеуказанной технологии применения на практике в определённых районах, а также планируются развивать их в будущем. Таким образом, на основе обсуждения разных имеющихся практик соблюдены цели и главные проблемы работы, специализированные на развитии методов

предупреждения наводнения как опасного случая для жизни человечества, людей и животных. Используется метод непрерывной волны. Приведены возможные способы для выхода и положения о полученной информации затопленных территорий после сели. Показаны различные типы течения жидкостей и доказаны турбулентность, в случае их распространения. Рассмотрены преимущества программных комплексов для численного моделирования. Проведён анализ необходимых исходных данных для различных способов моделирования в виде трехмерной системы эволюционных уравнений Навье-Стокса. Полученные материалы в дальнейшем применяются для того, чтобы заранее предвидеть экстренно тревожные случаи.

Ключевые слова: применение уравнения Навье-Стокса, селевые потоки, бурные и опасные волны, компьютерные модели.

DETERMINATION OF PROPAGATION PARAMETERS OF FLOOD AND BREAKTHROUGH WAVES USING NUMERICAL COMPUTER MODELING

I.B. Suleimen², G.Z. Ziyatbekova^{1,2*}, T.Zh. Mazakov^{1,2}, Sh.U. Maksutova²

¹MSHE RK CS, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: inkar23032001@gmail.com, ziyatbekova@mail.ru, tmazakov@mail.ru, shynar_04@mail.ru

Abstract. This research article is devoted to the development of a modeling methodology for water runoff estimation. In this paper, possible ways to simulate the flow of fluids were considered, as well as an analysis of existing solution methods was made and research tasks were set. The task was analyzed and the main problems that may arise in its solution were identified. A general description of the problem and the formulation of research objectives were given. The advantages and disadvantages of the methods described have been pointed out. A mathematical model of the dam breakthrough with the output of the results to the geoinformation system was built. A special model was created, modern methods of various studies, forecasting the consequences of man-made emergencies were used, a comparative analysis of known methods of complex analysis was carried out.

A description of the flood and mudflow monitoring technology developed in Kazakhstan was given. The results of its practical use in individual regions were considered. Directions for further development have been developed. By analyzing various existing approaches, the purpose and main objectives of the study aimed at developing a methodology for the preliminary design of the risk of a water event were formulated. The continuous wave method was applied. Possible solutions to the problem of acquiring floodplains as a result of flooding were given. Various types of fluid flows have been shown and turbulence under conditions of their propagation has been proven. The advantages of software systems for numerical simulation were considered. The primary data required for various modeling methods in the form of a three-dimensional system of evolutionary Navier-Stokes equations were analyzed. The information obtained was used to predict emergency situations.

Keywords: Navier-Stokes equation, flooding, high water and shock waves, computer simulation.

Басылымның шығыс деректері

Мерзімді баспасөз басылымының атауы	«Алматы энергетика және байланыс университетінің Хабаршысы» ғылыми-техникалық журналы
Мерзімді баспасөз басылымының меншік иесі	«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
Бас редактор	Профессор, т.ғ.к., В.В. Стояк
Қайта есепке қою туралы куәліктің нөмірі мен күні және берген органның атауы	№ KZ14VPY00024997, күні 17.07.2020, Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігі
Мерзімділігі	Жылына 4 рет (тоқсан сайын)
Мерзімді баспасөз басылымының реттік нөмірі және жарыққа шыққан күні	Жалпы нөмір 60, 1-басылым, 2023 жылғы 31 наурыз
Басылым индексі	74108
Басылым таралымы	200 дана
Баға	Келісілген
Баспахана атауы, оның мекен-жайы	«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ баспаханасы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1 үй, А120 каб.
Редакцияның мекен-жайы	050013, Алматы қ., «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Байтұрсынұлы к-сі, 126/1 үй, каб. А 224, тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz

Выходные данные

Название периодического печатного издания	Научно-технический журнал «Вестник Алматинского университета энергетики и связи»
Собственник периодического печатного издания	Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан
Главный редактор	Профессор, к.т.н., Стояк В.В.
Номер и дата свидетельства о постановке на переучет и наименование выдавшего органа	№ KZ14VPY00024997 от 17.07.2020 Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан
Периодичность	4 раза в год (ежеквартально)
Порядковый номер и дата выхода в свет периодического печатного издания	Валовый номер 60, выпуск 1, 31 марта 2023
Подписной индекс	74108
Тираж выпуска	200 экз.
Цена	Договорная
Наименование типографии, ее адрес	Типография НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. Байтұрсынұлы, дом 126/1, каб. А 120
Адрес редакции	050013, г. Алматы, НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. Байтұрсынұлы, дом 126/1, каб. А 224, тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz

Issue output

Name of the periodical printed publication	Scientific and technical journal "Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications"
Owner of the periodical printed publication	Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Almaty, Kazakhstan
Chief Editor	Professor, candidate of technical sciences Stoyak V.V.
Number and date of the registration certificate and the name of the issuing authority	№ KZ14VPY00024997 from 17.07.2020 Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan
Periodicity	4 times a year (quarterly)
Serial number and date of publication of a periodical printed publication	Number 60, edition 1, March 31, 2023
Subscription index	74108
Circulation of the issue	200 copies
Price	Negotiable
The name of the printing house, its address	Printing house of Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", 126/1 Baitursynuly str., office A 120, Almaty, Republic of Kazakhstan
Editorial office address	050013, Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", A 224, tel.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz