И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети

Б. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славяндык университети

Д 01.22.652 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 532.546

Жусупбекова Самара Төлөбековна

Асимптотикалык ыкмалар менен иймек беттеги (илээшкек) суюктуктун агымын изилдөө

01.02.05 – суюктуктун, газдын жана плазманын механикасы

физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алынуучу диссертациянын автореферати

Бишкек – 2022

Диссертациялык иш К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университинин жогорку математика жана математикалык моделдештирүү кафедрасында аткарылды.

Илимий жетекчи: **Бийбосунов Алмаз Ильясович**
физика-математика илимдеринин доктору, Кыргыз Республикасынын Газпром проектирлөө өкүлчүлүгүнүн директору

Расмий оппоненттер: **Чечейбаев Байыш Чечейбаевич**
физика-математика илимдеринин доктору, доцент, Кыргыз улуттук университетинин жалпы жана теоретикалык физика кафедрасынын профессору

Мукамбаев Нурбек Жээмбаевич
физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент, Финансы, бизнес жана башкаруу эл аралык академиясынын информациялык системалар жана технологиялар кафедрасынын профессору

Жетектөөчү мекеме: И. Арабаев атындагы мамлекеттик университетинин колдонмо информатика кафедрасы, Кыргызстан, 720026, Бишкек шаары, Раззакова, 51А.

Диссертацияны коргоо И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети жана Б. Ельцин атындагы Кыргыз - Россия Славян университетинин алдындагы физика-математика илимдеринин кандидаты илимий даражасына талаптануучулардын диссертациясын коргоо боюнча түзүлгөн Д 01.22.652 диссертациялык кеңешинин 2023-жылдын 13 - январында саат 12.00дө Кыргыз Республикасы, 720044, Бишкек шаары, Ч.Айтматов проспектиси, 66. 1/257 -бөлмө дарегинде өтө турган отурумунда болот.

Коргоонун идентификатору - https://vc.vak.kg/b/012-sczoh6-lwn

Диссертация менен И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин 720044, Кыргыз Республикасы, Бишкек шаары, Ч. Айтматов проспектиси, 66 жана Б. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин 720000, Кыргыз Республикасы, Бишкек шаары, Киев кочосу, 44. китепканаларында жана https://vak.kg таанышса болот.

Автореферат 2022 – жылы 12 декабрында таратылган.

Диссертациялык кеңештин илимий катчысы,
физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент Кожошов Т.Т.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык иштин актуалдуулугу. Иймек беттеги суюктуктун агымына борбордук күчтөр таасир эткендиктен, суюктуктун агымында туруксуздукдук пайда болот. Четки катмарда карама - каршы айланган стационардык жана агымдын багытындагы кош куюндар (Гертлердин куюну) пайда болот. Гертлердин куюнунун пайда болушу ламинардык түрдөгү агымдын турбуленттүү түргө өтүүсүндө өтө маанилүү, натыйжада, ал ар кандай гидравликалык курулуштарды иштетүүдө, татаал тоолуу рельефте магистралдык түтүктөрдөгү суюктуктун жана газдын агымында чоң роль ойнойт.

Рейнольдстун жана Гертлердин чон бирок критикалык маанилеринен ашпаган сандарына карата Гертлердин куюнунун пайда болушун изилдөөдө Навье - Стокстун теңдемелер системасын асимптотикалык ажыратуу ыкмасы менен агымдын туруксуздугунун өсүшүнүн негизги механизмин билүүгө, окшоштук параметрлерин аныктоого жана четтик маселелерди жөнөкөйлөтүүгө болот.

Диссертациянын темасынын эмгектин ири илимий изилдөө программалары (долбоорлору) жана негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы. К.И. Скрябин атындагы улуттук агрардык университетинин жогорку математика жана математикалык моделдештирүү кафедрасынын илимий-изилдөө иш планында каралып жана диссертациянын кээ бир жыйынтыктары 2030-жылдын Кыргыз Республикасында газификациялоо программасы долбоорлоо жана изилдөө иштеринин алкагында алынган.

Изилдөөнүн максаттары жана милдеттери.

Суюктуктун жана газдын четки катмарында Гертлердин куюнун жалпы учурда жана куюндун толкунун узундугунун өзгөрүшүн мүнөздөгөн диапазондордо изилдөө иштин максаты болуп саналат.

Максатка жетүү үчүн төмөнкү маселелер аныкталды:

1. Тез ылдамдыкта суюктуктун жана газдын иймек беттеги чек ара катмарында Гертлер куюндарынын өсүшүнүн конкреттүү учуруна карата колдонулган Навье-Стокс теңдемелеринин системасын сызыктуу кылуу үчүн асимптотикалык методдорду колдонуу;

2. толкун узундугунун өзгөрүшүнүн берилген диапазондору үчүн агымдын туруксуздугун негизги механизмдерин аныктоого конкреттүү учур үчүн мейкиндик чек ара маселелерин жана чек ара шарттарын түзүү;

3. кысылбаган жана кысылган суюктуктар үчүн чектик маселелердин сандык чечимдерин алуу, агымдын туруктуулугун жоготуу жана Гертлер куюндарынын «калкып чыгуу» эффектиси байкалган үч өлчөмдүү учур үчүн агымдын ылдамдыгын аныктоо;

Илимий жаңылыгы.

1. Рейнольстун жана Гертлердин сандарынын чон маанилеринде борбордук күчтөр талаасында кысылуучу жана кысылбоочу суюктуктар үчүн Навье- Стокстун тендемесин сызыктуу эмес асимптотикалык талдоо аткарылган;

2. Мүнөздүү режимдер үчүн чектүү маселелер түзүлдү;

3. Агымдын окшоштук параметрлерин аныктоо алынды;

4. Биринчи үч негизги куюндардын модаларын мүнөздөө үчүн сызыктуу жакындоодогу сандык чыгарылыштары алынды.

Алынган жыйынтыктардын практикалык мааниси. Четки катмар теориясында Гертлер куюндарынын пайда болушунун натыйжасында иймек бетте ламинарлык агымдын туруксуздугунун проблемасын изилдөө чоң практикалык мааниге ээ. Заманбап тик учактардын туруктуулук жана башкаруу жөндөмдүүлүгүн, татаал тоолуу рельефте газ проводдорун куруу долбоорлоо жана изилдөө иштерин, сыгылбай турган суюктуктун шартында гидроэлектротурбиналардын түзүлүштөрүнүн иштешин жакшыртууда диссертациялык иштин натыйжаларын практикалык колдонуу жөнүндө айтууга болот.

Диссертациянын коргоого сунушталган негизги жоболор.

1. Рейнольдс жана Гертлер жогорку сандарында борбордон четтөөчү күчтөрдүн талаасында иймек беттин жанындагы кысылбаган жана кысылган суюктуктун чек ара катмарында Навье-Стокс теңдемелеринин системасына колдонулуучу жакындатылган аналитикалык методдор;

2. Кысылбаган жана кысылып турган суюктуктар үчүн алынган мүнөздүү кыска толкун узундугунун режими үчүн тиешелүү чектик шарттары бар чектик маселелер;

3. Чек ара катмарындагы негизги агымдык функциялардын өзгөрүшүн аныктоо үчүн өздүк маанилер үчүн алынган чектик маселелерди чечүүнүн сандык ыкмалары;

4. Ламинардык агымдын турбуленттикке өтүү шарттары, анын пайда болушу жана өзгөчөлүктөрү.

Изилдөөчүнүн өздүк салымы көз карандысыз өз алдынча изилдөөлөрдү жүргүзүү, негизги корутундуларды түзүүдө илимий натыйжаларды алуу болуп саналат, анын негизинде илешкектүү суюктуктардын агымынын каралып жаткан математикалык моделдерин изилдөө жүргүзүлгөн. Иштин жалпы максатын формулировкалоодо илимий жетекчи А.И. Бийбосуновдон кенештерди алган.

Изилдөөнүн жыйынтыктарын сыноодон өткөрүлүшү. Иштин негизги жыйынтыктары КУАУнун Жогорку математика жана математикалык моделдөө кафедрасынын илимий семинарларында

баяндалып, талкууланды. К.И. Скрябин жана төмөнкү илимий конференцияларда:

1. «Сапаттуу билим, алдыңкы илим, жашыл экономика – планетанын келечеги» эл аралык илимий - практикалык конференцияда. – (Алматы, 2014);

2. «Энергетика: абалы, көйгөйлөрү, келечеги» эл аралык илимий конференциясы (Бишкек, 2014);

3. Физика-математика илимдеринин доктору, профессор А.К. Эршинанын 70 жылдыгына арналган эл аралык илимий-практикалык конференция «Билим берүүнү, жогорку технологиялык тармактарды жана альтернативдик энергия булактарын инновациялык өнүктүрүү» (Алматы, Казакстан, 2020).

Диссертациянын жыйынтыктарынын басылмаларда толук чагылдырылышы. Диссертациялык иштин материалдары Кыргыз Республикасынын, Казакстан Республикасынын жана Россиянын мезгилдүү басылмаларында 12 илимий макалада жарык көргөн.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертациянын структурасы жана көлөмү. Диссертация компьютердик тексттин 108 бетинде берилген, анын ичинде 13 сурот жана кириш сөз, төрт бөлүмдөн, корутунду жана колдонулган адабияттар тизмесинен турат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө изилденип жаткан маселенин актуалдуулугу негизделип, диссертациялык изилдөөнүн максаты жана милдеттери, алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы жана практикалык баалуулугу формулировкаланып, коргоого сунушталган негизги жоболор көрсөтүлөт. Иштин апробациясынан өткөнү тууралуу маалымат берилип, басылгандардын саны жана диссертациянын түзүмү жөнүндө маалымат берилет.

Биринчи бөлүмдө илимий адабияттарга кыскача баяндаманы камтыйт. Ламинардык агымдан турбуленттүү агымга өтүү негизги изилдөө көйгөйлөрүнө анализ берилген. Илешкектүү суюктуктардын агымы үчүн Навье-Стокс теңдемелеринин системасынын мүмкүн болгон жекече чечимдери четки катмарынын аймагына колдонулулуп талданат. Мындай талдоонун негизинде концентрацияланган куюндук структуралардын пайда болушун жана өнүгүшүн теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжалары келтирилген. Алардын пайда болуу механизми сүрөттөлгөн, бул бир катар физикалык кубулуштарга ушул негизде түшүндүрмө берүүгө мүмкүндүк берет. Четки катмарын изилдөөдө илешкектүү суюктуктун кыймыл теңдемелерин

чыгарууда асимптотикалык ажыратуу ыкмаларын кеңири колдонуу белгиленген.

Экинчи бөлүмдө «ИЗИЛДӨӨНҮНҮН ЫКМАЛАРЫ ЖАНА МЕТОДОЛОГИЯСЫ» көрсөтүлгөн. Кысылбаган жана кысылган суюктуктардын кыймылына байланышкан маселелерди изилдөөдө бардык суюктук жана газ механикасынын негизин түзгөн Навье-Стокс теңдемелери колдонулат. Изилдөөнүн объектиси четки катмардын негизги теңдемелеринин теориялык жана методологиялык сүрөттөлүшү, иймек беттин четки катмарынын туруктуулугун изилдөө маселесин түзүү. Изилдөөнүн предмети бул четки катмардагы борбордук күчтөрүнүн (Гертлердин куюндары) илешкектүү кысылбаган жана кысылган суюктуктун агымынын тиешелүү чектик шарттары менен үч өлчөмдүү чектик маселенин асимптотикалык ажыратуу болуп саналат.

Үчүнчү бөлүмдө «КЫСЫЛБАГАН СУЮКТУК ҮЧҮН ЧЕКТИК МАСЕЛЕНИ ЧЫГАРУУ ЖАНА АСИМПТОТИКАЛЫК АЖЫРАТУУ». Иймек беттеги агымды талдоо үчүн дал келген асимптотикалык ажыратуу ыкмасы колдонулат. Ийри сызыктуу ортогоналдык координаталар системасы *(X, Y, Z)* колдонулат, мында *X* огу агымдын багыты боюнча иймек бетти бойлото багытталган, *Y* огу бетке нормалдуу, *Z* огу тегиздикке перпендикуляр *(X, Y)*. Кысылбаган суюктуктар үчүн тандалган координата системасында Навье-Стокстун теңдемесин төмөнкү формада өлчөмсүз түрдө жазууга болот:

$$\frac{1}{1-Ky}\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}-\frac{Kv}{1-Ky}=0 \qquad (1)$$

$$\frac{u}{1-Ky}\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{Kuv}{1-Ky}+\frac{1}{1-Ky}\frac{\partial P}{\partial x}=$$

$$=\varepsilon^2\left[\frac{1}{(1-Ky)^2}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}-\frac{K}{1-Ky}\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{2K}{(1-Ky)^2}\frac{\partial v}{\partial x}-\frac{K^2 u}{(1-Ky)^2}\right]$$

$$\frac{u}{1-Ky}\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{Ku^2}{1-Ky}+\frac{\partial P}{\partial y}=$$

$$=\varepsilon^2\left[\frac{1}{(1-Ky)^2}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}-\frac{K}{1-Ky}\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{2K}{(1-Ky)^2}\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{K^2 v}{(1-Ky)^2}\right]$$

$$\frac{u}{1-Ky}\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial P}{\partial z}=\varepsilon^2\left[\frac{1}{(1-Ky)^2}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}-\frac{K}{1-Ky}\frac{\partial w}{\partial y}\right]$$

Мында X, Y, Z координаттары L ге таандык, ылдамдыктын компоненттери u, v, w басым P - ρU_∞^2 га (ρ - суюктуктун тыгыздыгы) болуп эсептелет. Төмөндө өлчөмсүз өзгөрмөлөр колдонобуз. Иймек бетинин ийрилиги төмөнкүдөй болсун дейли:

$$K = L/R = \varkappa\ K < 1,\ K \sim O(1),\ \varepsilon < \varkappa < 1$$

б.а. Гертлердин саны чоң болгондогу агымдар каралат:

$$Ge = 2\ Re\ ½\ L/R \sim O(\varkappa/\varepsilon) > 1.$$

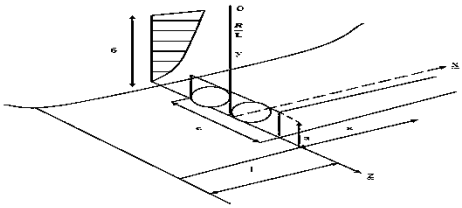
Асимптотикалык теорияларды түзөбүз, толкундаган агымдын ар кандай аймактарын белгилөөлөрүн колдонобуз. (3.1 - сүрөт).

I аймак - сырткы агымдын бөлүгү, анын мүнөздүү калыңдыгы:

$$\Delta y_1 > \delta \sim O(\varepsilon);$$

II аймагы - четки катмардын негизги бөлүгү болуп саналат, мүнөздүү калыңдыгы: $\Delta y_2 \sim \delta$;

III аймак - илешкектүү бетке жакын аймагы, анын мүнөздүү калыңдыгы: $\Delta y_3 < \delta$.



3.1-сүрөт. Изилденүүчү агымдын схемасы. Мында *a* - мүнөздүү жоондук, *b* - узундугу жана *c* - туурасы жана: $\varepsilon^2 < a \le c < b \le 1$

Баалоолор түздөн-түз иймек бетке жакын жайгашкан толкундаган агымдын *III* аймагында төмөнкү өзгөрмөлөрдү жана агым функцияларынын асимптотикалык ажыратууга киргизүүгө мүмкүндүк берет:

$$\begin{aligned} x &= (\varepsilon^{3/5}/\varkappa^{3/5})\, x_3, \\ y &= (\varepsilon^{6/5}/\varkappa^{1/5})\, y_3, \\ z &= (\varepsilon^{6/5}/\varkappa^{1/5})\, z_3 \\ u &= (\varepsilon^{1/5}/\varkappa^{1/5})\, u_3 + \ldots, \\ v &= \varkappa^{1/5}\varepsilon^{4/5} v_3 + \ldots, \\ w &= \varkappa^{1/5}\varepsilon^{4/5} w_3 + \ldots, \\ \Delta P &= \varkappa^{2/5}\varepsilon^{8/5} P_3 + \ldots \end{aligned} \qquad (2)$$

мында басым P иймек бетке жакын жердеги негизги тегиздик агымдын туруксуздугунун келип чыккан чоңдукка карай өлчөнөт. Андан кийин биринчи жакындоодо III аймак үчүн узунунан кеткен басымдын градиенти жок, агымдын багыты боюнча параболизацияланган Навье-Стокс теңдемелери жарактуу болот:

$$\frac{\partial u_3}{\partial x_3} + \frac{\partial v_3}{\partial y_3} + \frac{\partial w_3}{\partial z_3} = 0$$

$$u_3 \frac{\partial u_3}{\partial x_3} + v_3 \frac{\partial u_3}{\partial y_3} + w_3 \frac{\partial u_3}{\partial z_3} = \frac{\partial^2 u_3}{\partial y^2_3} + \frac{\partial^2 u_3}{\partial z^2_3} \tag{3}$$

$$u_3 \frac{\partial v_3}{\partial x_3} + v_3 \frac{\partial v_3}{\partial y_3} + w_3 \frac{\partial v_3}{\partial z_3} + ku^2_3 + \frac{\partial P_3}{\partial y_3} = \frac{\partial^2 v_3}{\partial y^2_3} + \frac{\partial^2 v_3}{\partial z^2_3} \tag{3}$$

$$u_3 \frac{\partial w_3}{\partial x_3} + v_3 \frac{\partial w_3}{\partial y_3} + w_3 \frac{\partial w_3}{\partial z_3} + \frac{\partial P_3}{\partial z_3} = \frac{\partial^2 w_3}{\partial y^2_3} + \frac{\partial^2 w_3}{\partial z^2_3}$$

Иймек бетте кадимки жабышуу жана агып чыкпоо шарттары аткарылышы керек:

$$u_3 = v_3 = w_3 = 0, \quad y_3 = 0.$$

Тышкы жана баштапкы чек ара шарттары иймек бетке жакын негизги тегиз агымдын бетке жакын бөлүгү үчүн бириктирүү жолу менен алынат.

$$u_3 \to Ay_3, \qquad p_3 \to -\mathrm{K}A^2 y^3 / 3$$

$$v_3, \ w_3 \to 0, \quad x_3, \ y_3 \to \infty$$

мында A - иймек бетке жакын жердеги негизги тегиз агымдын туруксуздугунун келип чыгуучу жеринде иймек беттеги узунунан кеткен багытта сүрүлүү чыңалуусу. Туурасынан кеткен z координатасында мезгилдүү болгон чечимдерди изилдөө керек, ошондуктан:

$$f\left(x_3, y_3, z_3\right) = f\left(x_3, y_3, z_3 + \lambda\right) \tag{4}$$

$$f = u_3, v_3, w_3, p_3$$

λ - Гертлер куюндарынын толкун узундугу. Чек ара маселеси (3) – (4) иймек беттин четки катмарынын калыңдыгынан кичине толкун узундугу болгон Гертлер куюндарынын эволюциялык сызыктуу эмес өсүшүн сүрөттөйт.

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}+u^2+\frac{\partial P}{\partial y}=\frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) \qquad (5а)$$

$$u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial P}{\partial z}=\frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)$$

чектик шарттары менен

$$u=v=w=0,\ (y=0)\ \ u\to y,\quad P\to -y^3/3,\ \ v,\ w\longrightarrow 0,\ \ x\to-\infty,\qquad y\to\infty$$

$$u(x,y,z)=u(x,y,z+2\pi)$$
$$v(x,y,z)=v(x,y,z+2\pi)$$
$$w(x,y,z)=w(x,y,z+2\pi) \qquad (5б)$$
$$P(x,y,z)=P(x,y,z+2\pi)$$

мындан өзгөрмөлөрдүн индекси 3 алынып салынса, буга бир гана окшоштук параметри - жергиликтүү Рейнольдс саны келип чыгат:

$$\alpha_1=AK^{1/2}\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^{5/2}=A\,\mathrm{Re}^{3/2}\left(\frac{h}{R}\right)^{1/2}\left(\frac{\Lambda}{2\pi L}\right)^{5/2} \qquad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \qquad (7)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{g_1u^2}{2}+\frac{\partial P}{\partial y}=\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

$$u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial P}{\partial z}=\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}$$

$$g_1 = 2\alpha_1^2 = 2A^2K(\frac{\lambda}{2\pi})^5 \tag{8}$$

окшоштук параметр - жергиликтүү Гертлер саны пайда болот:

Андан кийин (5а) теңдемелеринде импульстун компоненттери сакталуу үчүн, диссипативдик мүчөлөр менен оң жагын алып салуу керек жана иймек бет үчүн агып чыкпоо шарты гана аткарылат:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = 0 \tag{9а}$$

$$u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial P}{\partial z} = 0$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} + u^2 + \frac{\partial P}{\partial y} = 0$$

төмөндөгудөй чектик шарттары менен:

$$v = 0, \qquad y = 0$$

$$u \to y, \qquad P \to -y^3/3, \quad v, w \longrightarrow 0 \tag{9б}$$

$$x \to -\infty, \quad y \to \infty$$

$$u(x, y, z) = u(x, y, z + 2\pi)$$

$$v(x, y, z) = v(x, y, z + 2\pi)$$

$$w(x, y, z) = w(x, y, z + 2\pi)$$

$$P(x, y, z) = P(x, y, z + 2\pi)$$

Иймек бетке жабышуу шарттарын канааттандыруу үчүн, мүнөздүү калыңдыгы бар илээшкек алдынкы катмарды кошумча карап чыгуу зарыл:

$$\delta_1 \sim 0 \ (\varepsilon(\varepsilon/\varkappa b)^{\frac{1}{2}}) < \delta \sim O(\varepsilon),$$

анда узунунан багыт боюнча сүрүлүү чыңалуусу:

$$\tau_1 \sim 0\,(\varepsilon\,(b/(\varepsilon/\varkappa)^{\frac{3}{5}})^{\frac{5}{2}}) > \tau \sim O(\varepsilon).$$

Иймек бетке жакын жердеги негизги тегиз агымдын туруктуулугун жоготуудан келип чыккан майда толкундоолор үчүн чек аранын төмөнкү

жылышуу бөлүгүнө карата (5а) – (5б) чектик маселенин чыгарылышын сызыктуу турго алып келууго болот:

$$u = y + \tau v + \cdots,\ v = \tau v + \cdots,\ w = \tau w + \cdots,\ P = -y^3/3 + \tau p + \cdots \quad (10)$$

бул бир топ жонокойлотот:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$y\frac{\partial u}{\partial x} + v = \frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$$

$$y\frac{\partial v}{\partial x} + 2yu + \frac{\partial P}{\partial y} = \frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) \quad (11а)$$

$$y\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial z} = \frac{1}{\alpha_1}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)$$

Дал келген чектик шарттары менен:

$$u = v = w = 0, \qquad y = 0$$

$$u, v, w, P \to 0, \quad x \to -\infty, y \to \infty \quad (11б)$$

$$u(x, y, z) = u(x, y, z + 2\pi)$$

$$v(x, y, z) = v(x, y, z + 2\pi)$$

$$w(x, y, z) = w(x, y, z + 2\pi)$$

$$P(x, y, z) = P(x, y, z + 2\pi)$$

(11а) - (11б) чектик маселенин чыгарылышы нөлгө барабар болбогон *u, v, w* жана *P* өздүк функциялары жана тривиалдык чектик шарттар үчүн:

$$u = \exp(\beta x)u_1(y)\cos z,\ v = \exp(\beta x)v_1(y)\cos z,$$

$$w = \exp(\beta x)w_1(y)\sin z,\ P = \exp(\beta x)P_1(y)\cos z.$$

Анда (11а) - (11б) теңдемелерин төмөнкү кадимки дифференциалдык теңдемелер системасына жана тривиалдык чектик шарттарга келтирүүгө болот:

$$\beta u_1 + v_1^{\mathrm{I}} + w_1 = 0 \quad (12)$$

$$\alpha_1(\beta y u_1 + v_1) = u'' - u_1$$

$$\alpha_1(\beta y w_1 - P_1) = w_1'' - w_1$$

$$u_1(\infty) = v_1(\infty) = w_1(\infty) = 0$$

$$u_1(0) = v_1(0) = w_1(0) = 0$$

Для численного решения уравнений (12) будем использов

$$u_1(0) = v_1(0) = w_1(0) = 0$$

теңдемелерди сандык чыгаруу үчүн торчо ыкмасын колдонобуз. Бул дифференциалдык теңдемелер системасын, ылдамдыктын компоненттери үчүн тиешелүү чектик шарттары менен эки дифференциалдык теңдемеге келтиребиз. Анда биз алабыз:

$$u_1'' - (1 + \alpha\beta y)u = \alpha v_1$$

$$v_1^{IV} - (\alpha\beta y + 2)v_1'' + (\alpha\beta y + 1)v_1 = -2\alpha y u_1$$

$$u_1(0) = u_1(\infty) = 0$$

$$v_1(0) = v_1'(0) = v_1(\infty) = v_1'(\infty) = 0$$

Жөнөкөйлөтүү үчүн биз жаңы белгилөөлөрдү киргизебиз. Ал үчүн:

$$u_1 = u,\ \alpha v_1 = v,\ \alpha\beta = B,\ 2\alpha^2 = \lambda\ .$$

Ошентип, төмөнкүнү алабыз:

$$u'' - (1 + By)u = v$$

$$v^{IV} - (2 + By)v'' + (1 + By)v = -\lambda y u \qquad (13)$$

$$u(0) = u(\infty) = 0\,,\ v(0) = v'(0) = 0,\ v(\infty) = v'(\infty) = 0.$$

(12) чектик маселеси өздүк маанилер үчүн типтүү маселе болуп саналат: β куюндун амплитудасынын өсүү темпинин ар бир мааниси үчүн α_1 жергиликтүү Рейнольдс санынын өздүк мааниси аныкталган (белгилөөдө (13) Вдан λ). Сандык чыгарлышы кетирүү ыкмасы менен алынган. Бул үчүн (13) теңдемелер системасы чектүү айырма түрүндө беребиз:

$$u_j'' = \frac{u_{j-1} - 2u_j + u_{j+1}}{h^2}\,,\ v_j^{IV} = \frac{v_{j-2} - 4v_{j-1} + 6v_j - 4v_{j+1} + v_{j+2}}{h^4}$$

Анда (13) төмөнкүдөй форманы алат:

$$u_{j-1} + P_j u_j + u_{j+1} = Q_j v_j$$

$$v_{j-2} + D_j v_{j-1} + c_j v_j + D_j v_{j+1} + v_{j+2} = R_j u_j \qquad (14)$$

$$v(0) = v'(0) = 0, \qquad u(0) = u(N) = 0$$

$$v(N) = v'(N) = 0, \qquad j=1,..,N$$

u, v, w ылдамдыктын компоненттеринин бөлүштүрүлүшүн эсептөө үчүн: биринчи куюн модасы үчүн баштапкы жакындоолор алынды:

$$u_0(y) = y^6 / \exp y^2$$

Өздүк маанилер белгилүү формула аркылуу табылган:

$$\lambda_{n+1} = \frac{(yw_n, w_n)}{(yu_{n+1}, u_n)}, \; n = 0,1,...., N$$

Экинчи куюн модасы үчүн баштапкы жакындоо төмөнкүчө берилген:

$$u_0(y) = \frac{(k-y)^5}{\exp y^2}, \; k = const$$

Үчүнчү куюн модасы үчүн:

$$u_0(y) = y^4 + by^3 + cy^2 + dy, \; b, c, d = const.$$

Сандык чыгарылыштардын натыйжаларынан төмөнкүдөй жыйынтык чыгарууга болот. Жогоруда белгиленгендей, ылдамдыктын *u, v, z* компоненттеринин у координатасына көз карандылыгы, жогоруда биринчи куюндук модалар үчүн алынган (3.2-сүрөттү караңыз). Биринчи куюн режими үчүн *u, v, w* ылдамдык профилдери λ маанилери табылган. Негизги тегиздик беттин жакын бөлүгүндөгү агымды иймек бетине жакын агымды эске алуу менен, кошумча илешкектүү катмар каралган. λ азайган сайын, *u* ылдамдык компонентинин максималдуу профили бетинен алыстайт. Бул кыска толкун узундуктагы жана амплитудасы кичине куюндар "удургуп" иймек беттен алыстайт дегенди билдирет. λ(B) ийри сызыктары биринчи үч негизги куюн режими үчүн дал келип, андан кийин таралат.

Төртүнчү бөлүмдө «КЫСЫЛГАН СУЮКТУК ҮЧҮН ЧЕКТИК МАСЕЛЕНИ ЧЫГАРУУ ЖАНА АСИМПТОТИКАЛЫК АЖЫРАТУУ» каралат. Бул бөлүмдө чоң, бирок критикалык Рейнольдс жана Гертлер сандарынан борбордук күчтөр чөйрөсүндөгү кысылган четки катмарындагы туруксуздукту сызыктуу эмес фазасын сүрөттөгөн математикалык модель түзүлгөн. Бул модель Гертлер куюндарынын өсүшүн сүрөттөө үчүн да, жергиликтүү же туурасынан өткөн мезгилдүүлүгүн же башка мейкиндик агымдардын жанында толкундаган агымдарды сүрөттөө үчүн да арналган. Дал келген асимптотикалык ажыратуу методунун негизинде борбордон четтөөчү күчтөрдүн чөйрөсүндөгү толкундоолордун өнүгүүсүнүн кээ бир сызыктуу

режимдери изилденген. Атап айтканда, тез ылдамдыктагы агымдардын туруксуздугунун өсүшүндө өтмө температуралык катмардын ролу ачылган. Четки катмарынын калыңдыгы δ менен салыштырылуучу Гертлер куюндарынын λ толкун узундуктарына туура келген режимди карап көрөлү. Тандалган координата системасында Навье-Стокс теңдемелеринин системасын төмөнкү формада жазууга болот (кысылган суюктук үчүн):

$$\frac{1}{1-Ky}\frac{\partial \rho u}{\partial x}+\frac{\partial \rho v}{\partial y}+\frac{\partial \rho w}{\partial z}-\frac{Kv}{1-Ky}=0$$

$$\frac{\rho u}{1-Ky}\frac{\partial u}{\partial x}+\rho v\frac{\partial u}{\partial y}+\rho w\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{K\rho uv}{1-Ky}+\frac{1}{1-Ky}+\frac{1}{1-Ky}\frac{\partial P}{\partial x}=\varepsilon^2\left[\frac{\partial}{\partial y}(\mu\frac{\partial u}{\partial y})+...\right] \quad (15)$$

$$\frac{\rho u}{1-Ky}\frac{\partial v}{\partial x}+\rho v\frac{\partial v}{\partial y}+\rho w\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\rho Ku^2}{1-Ky}+\frac{\partial P}{\partial y}=\varepsilon^2\left[\frac{\partial}{\partial y}(\mu\frac{\partial v}{\partial y})+...\right]$$

$$\frac{\rho u}{1-Ky}\frac{\partial w}{\partial x}+\rho v\frac{\partial w}{\partial y}+\rho w\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial P}{\partial z}=\varepsilon^2\left[\frac{\partial}{\partial y}(\mu\frac{\partial w}{\partial y})+...\right]$$

$$\frac{\rho u}{1-Ky}\frac{\partial H}{\partial x}+\rho v\frac{\partial H}{\partial y}+\rho w\frac{\partial H}{\partial z}=\varepsilon^2\left[\frac{\partial}{\partial y}(\frac{\mu}{P_r})\frac{\partial H}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial y}(1-\frac{1}{P_r})\frac{\partial}{\partial y}(\frac{u^2}{2})\right]$$

Үч өлчөмдүү чек ара катмары үчүн мындай теңдемелер системасынын чечилишин, агым функциясы үчүн жогоруда келтирилген бааларга ылайык, кадимки дифференциалдык теңдемелер системасына түрүндөгү бирдиктүү дифференциалдык теңдемеге келтирилиши мүмкүн.

$$z''+2z'(\frac{M_0'}{M_0})+z(-\beta+2(\frac{M_0'}{M_0'\alpha^2}))=0 \quad (16)$$

чектик шарттары менен:

$$v_1(0)=0\ ,\ v_1(\infty)=0$$
$$z(\infty)=0\ ,\ z(0)=const \quad (17)$$

α нын нөлгө жана кийинки режимдерге туура келген өздүк маанилердин ар кандай асимптотикалык болушу, анын толкун узундугу λ, ε чоңдуктан ашкан учурда, ар кандай масштабдар менен мүнөздөлгөн оргуган куюн кыймылынын эки структурасы мүмкүн деп болжолдоого болот. Бул корутунду Махтын санынын профилине гана эмес, башка профилдерге да тиешелүү. Чектик шарттары (17) менен (16)

теңдемесин сандык эсептөөсүндө Мах санынын ар кандай маанилери үчүн узунунан координата боюнча ылдамдыктын бөлүштүрүлүшү алынган. α нын β дан көз каранды болгон өздүк маанилер да эсептелген. Алгачкы жакындоо катары форманын функциясы $z_0(y) = y^6 / \exp y^2$ колдонулган:

Ар кандай агым параметрлеринин таасирин изилдөө үчүн жаңы өзгөрмөлөргө өтөбүз:

$$\eta = (2\zeta)^{-1/2} \int_0^y \rho dy\,,\ \rho = \frac{2}{(g - f'^2)(\gamma - 1)M_\infty^2}\,,\ M_0^2 = \frac{const f'^2}{(g - f'^2)}\,.$$

Ошентип, (16) тендемеси төмөнкү түрдө болот:

$$z'' + z'\frac{2f''g - 3f'g' + 4f'^2 f''}{2f'(g - f'^2)} + z(\beta_1(g - f'^2) + \frac{1}{\alpha^2}\frac{2f''g - f'g'}{2f'}) = 0 \quad (18)$$

Анда f и g тендеменин чыгарылышы:

а) $f''' + ff'' = 0$, $f(0) = f'(0) = 0$, $f'(\infty) = 1$.

б) $g'' + fg' = 0$, $g(0) = gw$, $g(\infty) = 1 + \dfrac{2}{(\gamma - 1)M_\infty^2}$

а) жана *б)* тендемелерин эске алып, (16) дан төмөнкүнү алабыз:

$$z'' + A_0 z' + A_1 = 0$$

мында:

$$A_0 = 2(ff'' - g' + gf''/f')(g - f'^2)^{-1}$$

$$A_1 = \left[(-B^2 + \alpha_1^{-2}(-g' + 2gf''/f')\right]$$

$$\alpha^2{}_1 = 2\alpha^2\left[(\gamma - 1)BM_\infty^2\right]^{-1},$$

$$M_0^2 = 2M_\infty^2[(\gamma - 1)(g - f'^2)]\ ,$$

$$\eta = (2\zeta)^{-1/2}\int \rho dy\,,\ B = 2^{1/2}\varepsilon/\lambda\,.$$

(17) чектик шарттары бирдей болгон (18) - теңдеме экинчи тартиптеги кадимки сызыктуу дифференциалдык теңдеме болуп саналат, ал келтирүү ыкмасы менен чыгарылган. Бул теңдеменин A_0 жана A_1 коэффициенттери *а)* жана *б)* теңдемелерин чыгаруу менен аныкталган. (18) теңдеменисинин чыгаруу схемасын алабыз. Кысылган суюктук үчүн g_W, M_∞, γ нын иймек беттеги агымга таасирин аныктоо үчүн:

1. $f'''(\eta) + f(\eta)f''(\eta) = 0$, $f(0) = f'(0) = 0$, $f'(\infty) = 1$ тендемесин чыгаруу;

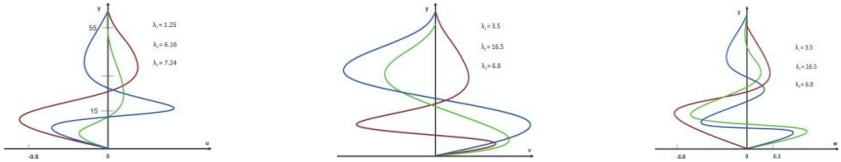
2. g_W, M_∞, γ параметрлерин берип жана кийинки тендемени чыгарабыз:

$$g''(\eta) + f(\eta)g'(\eta) = 0,\ g(0) = gw,$$

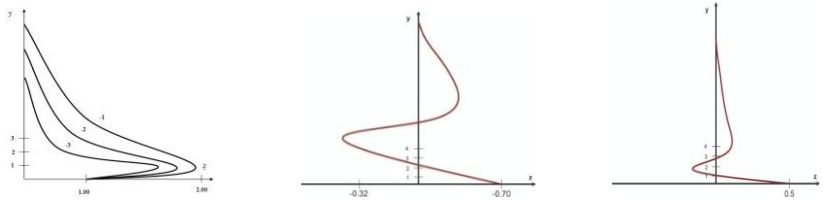
$$g(1) = 1 + 2[(\gamma - 1)M_\infty^2]^{-1};$$

3. (18) тендемесин чыгарып, α нын маанисин жана z функциясын табабыз.

g_W, M_∞, γ маанилерин варияциалап жана z ылдамдык профилине, бул параметрлердин таасирин изилдейбиз. 4.1-4.3. сүрөттөрдө g_W, M_∞, γ ар кандай маанилери үчүн z ылдамдык профилдери көрсөтүлгөн.



3.2-сүрөт. Биринчи, экинчи жана үчүнчү куюн модалары үчүн *u, v, w* ылдамдык профилдери



4.1-сүрөт. Z ылдамд. болуштуруу графиги, эгер:
1. m=0.2, g=2.5;γ =1.8;α =15;β =0.01.
2. m=0.2, g=0.6;γ =1.8;α =15;β =0.01.
3. m=0.2, g=2;γ =1.8; α =3.5;β =0.01.

4.2-сүрөт. Z ылд. бол. графиги, эгер: m=1,4; g=1,4; γ=1,8; α=15,0; β=0,01.

4.3-сүрөт. Z ылд.бол.графиги эгер:m =5,2;α=0,5;β=0,5.

КОРУТУНДУ

1. Навье-Стокстун теңдемелеринин системасынын асимптотикалык ажыратуу ыкмасын колдонуу менен, четки катмарга жакын чоң, бирок Рейнольдс жана Гертлер сандарынын критикалык маанилеринен ашпаган, борбордук күчтөрдүн (Гертлер куюндары) талаасында иймек беттеги илешкектүү кысылбаган жана кысылган суюктуктун агымы үчүн тиешелүү чектик шарттары менен үч өлчөмдүү чектик маселе түзүлгөн.

2. Ылдамдыктын компоненттеринин координат боюнча, жергиликтүү Рейнольдс санынын биринчи үч негизги куюн режими үчүн куюндун амплитудасынын өсүү темпинен көз карандылыгынын Гертлер куюндарынын толкун узундуктарынын өзгөрүшүнүн кыска толкундуу режими үчүн алынган чектик маселенин сандык чыгарылышы алынды (толкун узундугу четки катмарынын калыңдыгынан кичине):

3. Агымга жана ылдамдык профилинин туурасынан кеткен компоненти бөлүштүрүүгө ар кандай параметрлердин таасири изилденди, бул чектик маселенин садык чыгарылышы, ошондой эле Гертлер куюндарынын толкун узундуктарын өзгөртүүнүн кыска толкун режимдери аныкталды.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН МАКАЛАЛАР

1. Жусупбекова, С.Т. Исследование динамики селевых и оползневых течений в пограничном слое вязкой жидкости [Текст] / У.М. Туганбаев, А.И. Бийбосунов, С.Т. Жусупбекова // Современные проблемы механики сплошных сред. – Бишкек, 2013. – №18. – С. 15-20.

2. Жусупбекова, С.Т. Исследование вихрей Гертлера-Тейлора в пограничном слое вблизи вогнутой поверхности [Текст] / А.И. Бийбосунов, С.Т. Жусупбекова // Современные проблемы механики сплошных сред. – Бишкек, 2013. – №19. – С. 16-22.

3. Жусупбекова, С.Т. Вывод краевой задачи при исследовании течения несжимаемой жидкости около вогнутой поверхности [Текст] / С.Т. Жусупбекова // Вестник Каз. нац. техн. ун-та. – Алматы, 2014. – №2 (102). – С. 387-390.

4. Жусупбекова, С.Т. Численный анализ краевой задачи обтекания вогнутой поверхности потоком вязкой жидкости [Текст] / С.Т. Жусупбекова // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2014. – С. 3-6. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23925397

5. Жусупбекова, С.Т. Исследование вихрей Гертлера в пограничном слое сжимаемой жидкости вблизи вогнутой поверхности [Текст] / А.И. Бийбосунова, С.Т. Жусупбекова // Качественное образование, передовая наука, зеленая экономика – будущее планеты: международная научно-практическая конференция. – Алматы, 2014. – №2 (50). – С. 391-393.

6. Жусупбекова, С.Т. Исследование основных характеристик течения в пограничном слое при обтекании вогнутой поверхности [Текст] / С.Т. Жусупбекова, А.И. Бийбосунов, Р.К. Абылгазиев, С.М. Суеркулов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: междунар. науч. практич. конференция. – Бишкек, 2014. – С. 264-270.

7. Жусупбекова, С.Т. Прикладные аспекты теории пограничного слоя [Текст] / С.Т. Жусупбекова // Известие ВУЗов. – Бишкек, 2014. – №8. – С. 9-11. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24908093

8. Жусупбекова, С.Т. Упрощение уравнений движения для несжимаемой жидкости методом асимптотических разложений [Текст] / С.Т. Жусупбекова // Журнал Сибирского федерального университета. – Красноярск, 2015. – Т. 8, №8. – С. 1040-1045. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25509555

9. Жусупбекова, С.Т. К вопросу обтекания вогнутой поверхности потоком сжимаемой жидкости том / С.Т. Жусупбекова // Журнал Сибирского федерального университета. – Красноярск, 2016. – Т. 9, №1. – С. 32-38. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25645166

10. Жусупбекова, С.Т. Разработка научно-технологических основ для создания гидротранспортных топливно-энергетических комплексов с использованием угольных месторождений в сложных горно-геологических условиях. / С.Т. Жусупбекова, А.И. Бийбосунов // Современные проблемы механики. – Бишкек, 2017. – №29 (3). – С. 12-24. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35296786

11. Жусупбекова, С.Т. Численное решение краевой задачи на собственные значения. / С.Т. Жусупбекова, А.И. Бийбосунов, Г.А. Джусупова // Международный научный журнал «Alatoo Academic Studies». – Бишкек, 2021. – №4. – С. 333-337. Режим доступа: https://www.alatoo.edu. https://elibrary.ru/title_about.asp?id=53910

12. Жусупбекова, С.Т. Четки катмарда суюктуктун агымын изилдоодогу математикалык ыкмалары [Текст] / А.И. Бийбосунов, С.Т. Жусупбекова, Н.А. Садыкова // Современные проблемы механики. – Бишкек, 2021. – №46. – С. 40-45.

01.02.05 - суюктуктун, газдын жана плазманын механикасы адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты илимий даражасы үчүн Жусупбекова Самара Төлөбековнанын «Асимптотикалык ыкмалар менен иймек беттеги (илээшкек) суюктуктун агымын изилдөө» деген темадагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: илээшкек суюктук, кысылбоочу суюктук, кысылуучу суюктук, Навье - Стокстун теңдемеси, четки катмар теориясы, илээшкектик коэффициенти, гидротурбина, борбордук күчтөр.

Изилдөөнүн объектиси: четки катмардын негизги теңдемелеринин теориялык жана методологиялык сүрөттөлүшү, иймек беттин четки катмарынын туруктуулугун изилдөө маселесин түзүү.

Изилдөөнүн предмети: четки катмардагы борбордук күчтөрүнүн (Гертлердин куюндары) илешкектүү кысылбаган жана кысылган суюктуктун агымынын тиешелүү чектик шарттары менен үч өлчөмдүү чектик маселенин асимптотикалык ажыратуу болуп саналат.

Иштин максаты: жалпы жагдайда жана куюндун узундугунун өзгөрүшүн мүнөздөгөн диапазондорго карата, суюктуктун жана газдын четки катмарда Гертлердин куюнун изилдөө болуп саналат.

Изилдөөнүн ыкмасы: Суюктуктун кысылуучулук жана кысылбоочулук кыймылы менен байланышкан маселерди изилдөөдө, суюктуктун жана газдардын механикасынын негизин түзүүчү Навье-Стокстун тендемесин асимптотикалык ажыратуу ыкмасы колдонулат.

Иштин илимий жаңылыгы: иймек (ичин көздөй чункурайган) бетке жакын агымдардын буга чейин калыптанган модели изилденген жана кайра иштелип чыкты, аларды чыгарууда жаңы асимптотикалык ыкмалары сунушталды жана башка авторлордун иштери менен салыштырылды.

Колдонуу аймагы: жыйынтыктар жаны технологияларды түзүүдө жана учуучу аппараттарды долбоорлоодо, суунун күчү менен кыймылга келүүчү кыймылдаткычтарды иштетүүдө чоң салымын кошот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Жусупбековой Самары Толобековны на тему: «Исследование течения вязкой жидкости вблизи вогнутой поверхности асимптотическими методами» представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Ключевые слова: вязкая жидкость, несжимаемая жидкость, сжимаемая жидкость, уравнение Навье-Стокса, теория пограничного слоя, коэффициент вязкости, гидротурбина, центробежные силы.

Объект исследования: являются обтекание вогнутой поверхности набегающим потоком вязкой жидкости.

Предметом исследования: являются асимптотическое разложение трехмерной краевой задачи с соответствующими граничными условиями при обтекании вогнутой поверхности потоком вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкости в поле центробежных сил (вихри Гертлера) вблизи пограничного слоя при больших, но докритических значениях чисел Рейнольдса и Гертлера.

Цель работы: исследование вихрей Гертлера в пограничном слое жидкости и газа в поле центробежных сил, как в общем случае, так и применительно к характерным диапазонам изменения длины волны вихрей.

Полученные результаты и их новизна: разработана и исследованы существующие модели течений вязкой жидкости вблизи вогнутой

поверхности, предложены новые аналитические методы их решений, сравниваются с работами других авторов, где они встречаются.

Рекомендации: Результаты исследований могут быть использованы при создании новых технологий, мало турбулентных аэродинамических труб, проектировании перспективных летательных аппаратов.

RESUME

of the dissertation by Jusupbekova Samara Tolobekovna on the theme: "Study the flow of a viscous fluid near the concave surface by asymptotic methods" for the academic degree of the candidate of physical and mathematical sciences on specialty 01.02.05 - mechanics of fluids, gas and plasma.

Keywords: viscous fluid, incompressible liquid, coercible liquid, equations of Navier - Stoks, theory of frontier layer, coefficient of viscidity, hydro-turbine, centrifugal forces.

Object of research: When the flow around a concave surface is starting to show instability caused by centrifugal forces. In the boundary layer is excited by a pair of stationary vortices (Gertler's vortices) having opposite rotation and oriented along the flow. The phenomenon of Gertler's vortices plays a significant role in the operation of various hydraulic devices with the curvature of the flow and in initiating the transition of laminar to turbulent. For the mechanics of a viscous liquid and gas is fundamental to the phenomenon of the transition of laminar flow patterns in turbulent.

Goal of the work: Research of whirlwinds of Gertler in the frontier layer of liquid and gas in the field of centrifugal forces, both in general case and as it applies to the characteristic turn-downs of wave-length of whirlwinds.

Research methods: For solving dissertation before the work tasks were used as approximate analytical and numerical methods. In the theory of nonlinear boundary layer was computed asymptotic analysis of the Navier – Stokes equations for fluid and gas in the field of centrifugal forces at high values of the Reynolds and Gertler. When the solution of the formulated boundary-value problems, applied, finite – difference methods.

Results and novelty: Designed and researched existing models flow of a viscous fluid near a concave surface, the proposed new analytical methods for their solutions, are compared with the works of other authors, where they meet.

Recommendations: The research results can be used to create new technology, there is little turbulent wind tunnels, the design of advanced aircraft

Формат 60x84 $^{1}/_{16}$ бумага офсетная. Объем 1,5 печ. листа.
Тираж 50 экз.

Отпечатано ОсОО «Кут-Бер» г. Бишкек, ул. Медерова, 68