

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/BGQF1934>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошекков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шерьязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

***М. А. Ануарбеков¹, А. К. Мерғалимова²,
М. А. Маханова³, С. Б. Ыбрай⁴, М. Б. Айтмағамбетова⁵**

^{1,2,3,4,5}С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9483-7105>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5990-8182>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7090-869X>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5262-2149>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7443-9708>

*e-mail: anuarbekov1495@mail.ru

СИНТЕТИКАЛЫҚ ГАЗДАРҒА АРНАЛҒАН ЖАНАРҒЫ ТҰРАҚТАНДЫРҒЫШЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАСЫН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Синтетикалық газ – бұл үнемі өзгеріп отыратын құрамы бар реактивті емес отын, оны тиімді жағу үшін тұрақтандырғыштың оңтайлы бұрышын таңдауды қажет етеді. Бұрыштық тұрақтандырғыштардың үш нұсқасы қарастырылды: 45°, 60° бұрыштары бар, сонымен қатар жартылай шеңбер тәрізді тұрақтандырғыш. Бұлардың геометриялық шамалары және тұрақтандырғыштан кейінгі тиімді аэродинамикалық өнімділіктерін Ansys Fluent бағдарламасымен сандық модельдеу бойынша есептеулер жүргізілді. Сандық модельдеудің есептеу нәтижелері болашақта тәжірибе жасау кезінде қолданылады.

Басты мақсат – физикалық үлгілерді жасап шығару мен отын мен ауаның аралас қоспасының нәтижелі жануын қамтамасыз ететін тұрақтандырғыштың оңтайлы бұрышын табу мақсатында жанарғыдағы ауа (не болмаса биогаз) аэродинамикалық ауа ағынына (немесе синтетикалық газға) сандық талдау жүргізу болды.

Сандық модельдеу нәтижелері тұрақтандырғыштардың геометриясы мен көлбеу бұрышы жылдамдықтың таралуына және ағынның аэродинамикалық сипаттамаларына айтарлықтай

әсер ететіндігін көрсетті. Рециркуляция аймағындағы тұрақтандырғыштардың ішкі бөліктеріне ерекше көңіл бөлінеді. Ағындардың жылдамдықтарының ауытқуынан таралатын тізбектерге ықпалы аса маңызды болмаса да, тұрақтандырғыштардың құрылымы мен еңісі отын мен ауаның араласу үдерістеріне, жалынның орнықты болуына, толық жанбау деңгейіне және азот тотығының бөліну мөлшеріне елеулі ықпал ететіні айқындалды.

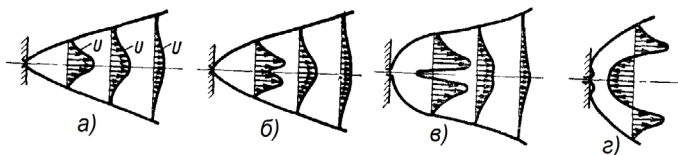
Кілтті сөздер: бұрыштық тұрақтандырғыш, шиыршық ағын, аэродинамикалық қима, жылдамдықтар сұлбасы, рециркуляция аймағы.

Кіріспе

Қазіргі заманда альтернативті энергияның көздеріне деген сұраныс артып келеді. Синтетикалық газ – отынның құрамы әрдайым өзгеріп тұрады және төменгі реактивті болып табылады. Синтетикалық газдың құрамындағы метанның мөлшері, табиғи газбен салыстырғанда аз.

Осыған байланысты, құрамы өзгеріп отыратын және реактивтілігі төмен синтетикалық газды жағуға арналған тиімді әмбебап жанарғы құрылғысын жобалау керек. Қолданыстағы жану жүйелерін талдау көрсеткендей, ең қолайлы нұсқа – әр түрлі құйындылармен және жану өнімдерін қайта өңдеумен микрофакельді жағу технологиясын қолдану. Мұндай құрылғылар айқын айналым әсерлерінсіз тұрақты жануды қамтамасыз етеді. Синтетикалық газдың реактивтілігі төмен болғандықтан рециркуляция аймағына мейлінше газдардың көп болуы, биогаздың тез тұтануы мен тұрақты жағуына мүмкіндік береді.

Айналым ағындарда қозғалыс жылдамдығы үш негізгі бағытта байқалады: тангенциалды, ось бойымен және радиалды бағытта. Бұл бағыттарда жылдамдық шамалары айналым құрылғы аймағында шамамен тең дәрежеде байқалады (сурет 1).



- а – аз бұралған ағындар, б – орташа бұралу ағындар,
в – қатты бұралған және жабық пішінді ағындар,
г – қатты бұралған және ашық пішінді ағындар.

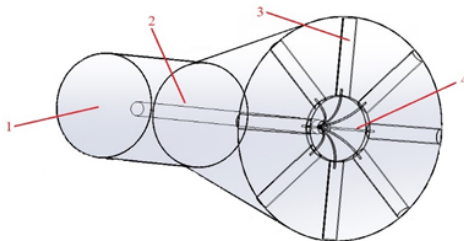
1-сурет – Әртүрлі бұралу деңгейлеріндегі реактивті ағындардың жылдамдық профильдері

Аздап айналған ағындарда ось бойындағы жылдамдық, әдетте, ағын осінің бойымен ең жоғары мәнге ие болады. Алайда, айналу күшейген сайын осьтегі бойлық жылдамдықтың шамасы азайып, жылдамдықтың таралу бейіні М әрпіне ұқсайтын пішінге ие болады. Ағын ось бойымен тұрақты түрде айналу барысында рециркуляция аймағы пайда болады. Ағын көлемі одан әрі ұлғаятын болса рециркуляция аймағында құйынды ядро қалыптасады. Кейбір зерттеу мәліметтерінде [1, 240-б.]; [2, 1192–1206-бб.] құйынды көлемінің өзгеріске ұшырауынан рециркуляция аймағы қалыптасады. Бұл өз уақытында шығарындылар дәрежесін бәсеңдеті отырып, жалын тұрақтылығын ұлғайтуға өз әсерін береді [3, 709–714-бб.], сонымен қатар жылу көзі мен химиялық белсенді радикалдарды қамтамасыз етті [4, 50-б.].

Жану камерасына келіп түсетін ауаның айналу жылдамдығын арттыру – алдын ала араластырылмайтын жану жағдайында отын мен ауаның тиімді араласуын қамтамасыз етудің бір тәсілі болып есептеледі [5, 352–364-бб.]; [6, 303–312-бб.]. Рециркуляция аймағына отын мен ауаны алдын-ала араластырмай беру, отын мен ауаның араласу мүмкіндігі артып, жылу алмасу, жалын температурасы таралуы мен зиянды шығарындылардың мөлшеріне әсер етеді [7, 2517–2526-бб.]. Зерттеулерде [8, 32–39-бб.] жанарғыға кіретін ауаның айналмалы қозғалысының ұлғаюы газ отынын жағатын жанарғылардың тиімділігіне әсер етеді. Айнарудың артуымен азот оксиді (NOx) эмиссияларының қоршаған ортаға таралу көлемін бәсеңдету мен жанарғыдан шығатын газдар температурасын бәсеңдетуге жақсы ықпал етеді.

Материалдар мен әдістері

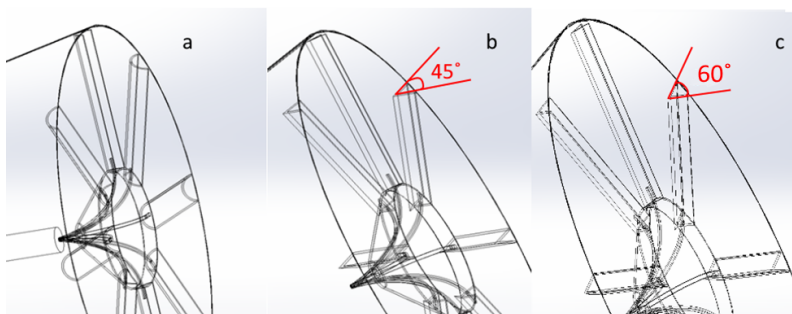
Сурет 2-де жанарғы құрылғысының жалпы көрінісі көрсетілген. Оның жұмыс принципі келесідей: ауа жанарғы құрылғысына сурет 2-де көрсетілгендей енеді. Отын оттық түтігі арқылы жалпы коллекторға жеткізіледі, ол жерден әр тұрақтандырғышқа бөлек бөлінеді. Жану процесі кезінде тұрақтандырғышпен жасалған рециркуляция аймағында отын мен ауа араласады.



1 – ауа кіретін бөлік, 2 – отын түсетін коллектор, 3 – тұрақтандырғыштар,
4 – әрбір тұрақтандырғышқа отын берілетін түтіктер
2-сурет – Жанарғы құрылғысы

Сурет 3-те үш түрлі тұрақтандырғыштар бейнеленген. Теориялық зерттеу жұмыстарында жартылай дөңгелек пішінді тұрақтандырғыш пен 45° , 60° бұрыштары болатын бұрыштық тұрақтандырғыштар қарастырылды. Бұл геометриялық параметрлерді таңдау олардың жануға төзімділігіне байланысты, бұл тәжірибелік зерттеулермен расталды.

Қазіргі уақытта 3 (а) суретте көрсетілген жартылай дөңгелек пішінді тұрақтандырғыштар жақсы зерттелмеген. Мұндай микрофакельді құрылғылар өте жаңа және жану тиімділігін арттыру тұрғысынан айтарлықтай ғылыми қызығушылық тудырады.



а – жартылай дөңгелек пішінді, б – 45° бұрышпен, с – 60° бұрышпен.

Сурет 3 – Бұрыштық тұрақтандырғыштар

Ansys Fluent бағдарламасымен сандық модельдеу барысында пропан-бутан қоспасынан өндірілген синтетикалық газ есептелінді. Синтетикалық газдың құрамы кесте 1-де келтірілген.

Кесте 1 – Синтетикалық газ

№	Синтетикалық газ	
	C ₃ H ₈ , %	C ₄ H ₁₀ , %
1	55	45

Математикалық модель мен шекаралық шарттар

Жану процесін жану құрылғысындағы модельдеу үшін есептеулер импульс, масса және энергияның сақталу заңдарына негізделіп жүргізілді. Бұл міндеттерді іске асыру бойынша есептеулерде келесідей әдістер қолданылады:

Импульс бойынша сақталу заңы:

$$\frac{d(\rho\omega_i)}{dt} + \frac{d}{dx_j}(\rho\omega_{ij}) = -\frac{dP}{dx_i} + \frac{d\tau_{ij}}{dx_j} + \rho g_i + F_i \quad (1)$$

мұндағы ω_{ij} , i, j бағыттары бойынша қозғалыс жылдамдығы;

τ_{ij} – кернеуге қатысты шаманың коэффициенті;

P – қысым мөлшері;

ρg_i – ауырлық күшінің әсері;

F_i – сыртқы ортамен әрекеттесу нәтижесінде туындайтын әсер күштері [9].

Масса бойынша сақталу заңы:

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{d}{dx_i}(\rho\omega_i) = 0 \quad (2)$$

мұндағы ρ – отын мен ауаның аралас қоспасының тығыздығы;

$\omega_i - x_i$ осьтері бойындағы қозғалыс жылдамдығының құрамдас бөлігі.

Энергия сақталудың заңы:

$$\frac{d(\rho h)}{dt} = -\frac{d}{dx_i}(\rho u_i h) - \frac{dq_i}{dx_j} + \frac{dP}{dt} + u_i \frac{dP}{dx_i} + \tau_{ij} \frac{du_j}{dx_i} + S_h \quad (3)$$

Ansys Fluent бағдарламасымен сандық модельдеу барысында турбулентті ағындар бойынша к-ε стандартымен есептеулер жүргізілді [10, 191-б.]; [11, 1393–1398.-бб.]. к-ε стандарты бойынша к турбуленттік ағындардың кинетикалық энергиясы мен ε диссипациялық жылдамдығының теңдеулері қарастырылады.

Стандартты к-ε турбуленттік моделі [12, 123498-б.]; [13, 108927-б.]; [14, 101740-б.] көздерінде көрсетілген.

Түрбелентті кинетикалық энергияның тасымалдану теңдеуі:

$$\frac{d(\rho k)}{dt} = \frac{d}{dx_j}(\rho u_j k) + \frac{d}{dx_j} \left[\frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \cdot \frac{dk}{dx_j} \right] + P - \rho \varepsilon \quad (4)$$

Кинетикалық энергияның диссипациясының теңдеуі ε:

$$\frac{d(\rho \varepsilon)}{dt} = -\frac{d}{dx_j}(\rho u_j \varepsilon) + \frac{d}{dx_j} \left[\frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \cdot \frac{d\varepsilon}{dx_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \rho \quad (5)$$

мұндағы $\sigma_k, \sigma_\varepsilon$ – Прандтльдің турбулентті сандары.
Турбулентті энергияның диссипация жылдамдығы:

$$P_\varepsilon = \mu_{\text{turb}} \left(\frac{du'_j}{dx_j} + \frac{du'_j}{dx_j} \right) \quad (6)$$

Турбуленттіліктің кинетикалық энергиясын өндіру:

$$P = \left[\mu_{\text{turb}} \left(\frac{du_j}{dx_j} + \frac{du_j}{dx_j} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \right] \frac{du_j}{dx_j} \quad (7)$$

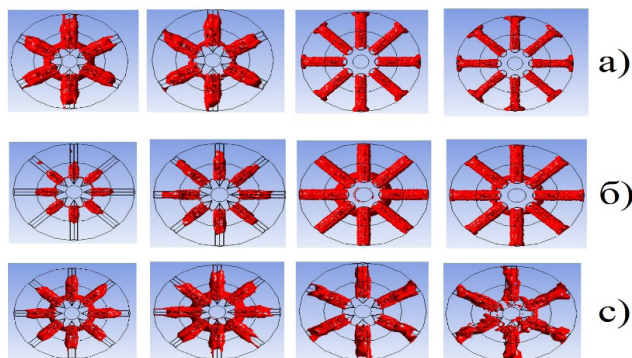
Жанарғы құрылғының есептік аймағының шекаралары қатты қабырғаларды және басқа бөліктерді қабылдайды. Кіру және шығу бөлімдері басқа бөліктер болып табылады. Бастапқы шекарылық шарт ретінде: $u=0$, $P=0$, $w=0$, $C=0$, $v=0$, $T=0$, $k=0$, $\varepsilon=0$ қабылданады. Шекаралық шарттар кесте 2-де берілген.

2-кесте – Шекаралық шарттары

№	Параметр	Мәні
Массаға қатысты шекаралық шарттар		
1	Қабырғалардағы температура	300 К
2	Енгізілетін ауаның массасының ағыны	3,2-4,3 кг/сағ
3	Артық ауаның коэффициенті, α	2-5
Температура бойынша шекаралық шарттар		
1	Қабырғалардағы температура	300 К
2	Енгізу бөлігіндегі температура	300 К

Нәтижелер және талқылау

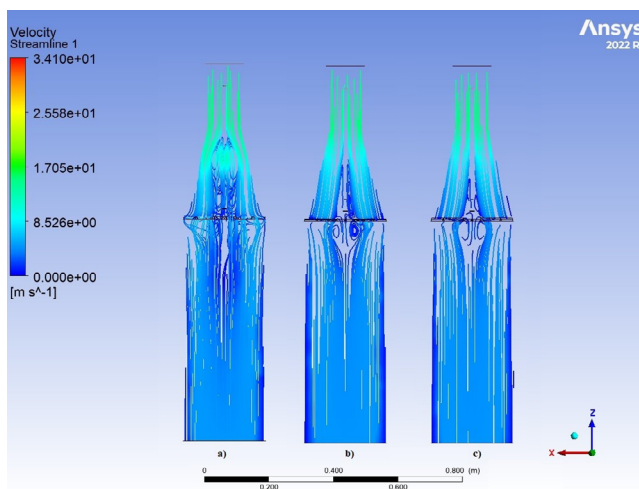
Сурет 4-те тұрақтандырғыштардан кейінгі құйынды ағындар аймағында көрсетілген үш түрлі тұрақтандырғыштың түрі берілген. Көрсетілгендей, жартылай дөңгелек пішінді тұрақтандырғыштарда құйындардың түзілуінің жоғары қарқындылығы байқалады, ал 45° бұрышпен орналасқан тұрақтандырғыштарда бұл көрсеткіштер едәуір төмен. Суреттен көріп тұрғандай, жылдамдық артқан сайын құйынды аймақтар ұлғаяды. Мұндай жағдайда, жартылай доға тәрізді тұрақтандырушы элементтер пайдаланылғанда, жоғары жылдамдық кезінде құйын аймақтары қабырғаға жақын орналасқан аймаққа дейін жетіп, араласу процесінің қалыптасуына қосымша ықпалын тигізеді.



а – жартылай дөңгелек пішінд, б – 45° бұрышпен, с – 60° бұрышпен.

Сурет 4 – Тұрақтандырғыштардан кейінгі айналмалы ағындар

Сурет 5-те әртүрлі түрдегі тұрақтандырғыштар үшін отын-ауа қоспасының ағын профилі көрсетілген. Ең тиімді ағын жартылай дөңгелек пішінді тұрақтандырғыштар қолданылған кезде байқалады. Бұрышты тұрақтандырғыштар да ұқсас сипаттамалар көрсетеді, алайда ағыс күрделілігі олардың бұрыштары арасындағы бұрышқа байланысты болады.



а – жартылай дөңгелек пішінді, б – 45° бұрышпен, с – 60° бұрышпен.

5-сурет – Отын-ауа қоспасының ағын профилі

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылыми жобаларды гранттық қаржыландыруын іске асыру аясында жарияланып отыр, АР19675062 «Ұшатын жанғыш заттарды өндіру үшін таза көмір технологиясын әзірлеу».

Қорытынды

Сандық модельдеудің нәтижелері бойынша анализдері көрсеткендей бұрыштық тұрақтандырғыштың өлшемдері мен аэродинамикалық сипаттамалары, сондай-ақ, бұрыштық жылдамдығының өрісіне нақты бір деңгейде өз әсерін береді. Жылдамдық контурының ауқымына жылдамдық шамаларын ауыстыру аса қатты әсер етпейді, дегенмен бұрыштық тұрақтандырғыштардың геометриялық құрылымы және де бұрыштық жану жүйелерінің тұрақтылығына, синтетикалық газдардың түгелімен жанып кетуіне сонымен қатар, азот оксиді шығарындыларының мөшеріне ықпал ететін отын мен ауа қоспаларының араласуының жүйелеріне өз әсерін береді. Жанарғының шыға берісіне орнатылатын бұрыштық тұрақтандырғыштардың ішкі құрылымдарына ерекше қарау керек. Жартылай дөңгелек пішінді бұрыштық тұрақтандырғыштарда рециркуляция аумағында отын мен ауаның араласуы жақсы байқалады. Отын мен ауаның жақсы араласуынан төмен реактивті синтетикалық газдың тұтануы тез әрі синтетикалық газдың тұрақты жануы орын алды. Сандық модельдеу барысында синтетикалық газды тұтандыруда бай қоспада – тұрақты ауа жылдамдығында, газ мөлшері ең көп берілгенге дейін, ал кедей қоспада – тұрақты ауа жылдамдығында, газ мөлшері ең аз берілгенге дейін есептеулер жүргізіліп, анықталды. Осы есептеулердің негізінде жанудың тұрақтылығын арттыру үшін оңтайлы жылдамдық таңдалып, кейін ол тәжірибелік зерттеулерде қолданылады.

Пайдаланылған деректер тізімі

1 **Ахмедов, Р. Б.** Аэродинамика закрученной струи [Текст] / Р.Б. Ахмедов, Т.Б., Балагуда, Ф.К., Рашидов [и др.]; под ред. Р.Б. Ахмедова. – М.: Энергия, 1977. – 240 с.

2 **Leibovich, S.** Vortex stability and breakdown // Survey and extension AIAA J. – 1984. – Vol. 22, No. 9. – P. 1192–1206.

3 **Coghe, A., Solero, G., Scribano, G.** Recirculation phenomena in a natural gas swirl combustor // Exp. Therm. Fluid Sci. – 2004. – Vol. 28, No. 7. – P. 709–714.

4 **Сударев, А. В., Маев, В. А.** Газотурбинные камеры сгорания с закрученным движением воздушных потоков. – М., 1968. – 50 с.

5 **Tong, Y., Liu, X., Wang, Z., Richter, M., Klingmann, J.** Experimental and numerical study on bluff-body and swirl stabilized diffusion flames // *Fuel*. – 2018. – Vol. 217. – P. 352–364.

6 **Wang, L.-Y., Chatterjee, S., An, Q., Steinberg, A. M., Gülder, Ö. L.** Soot formation and flame structure in swirl-stabilized turbulent non-premixed methane combustion. *Combust. Flame*. – 2019. – Vol. 209. – P. 303-312.

7 **Rashwan, S. S.** The effect of Swirl number and oxidizer composition on combustion characteristics of non-premixed methane flames. *Energy Fuels*. – 2018. – Vol. 32, No. 2. – P. 2517–2526.

8 **Poorhoseinni, H., Saeedi, A., Moghiman, M.** Experimental and numerical investigation of the inlet air swirl angle effects on temperature profile and CO, NO pollutants. *Energy Engineering Management*. – 2012. – Vol. 2, No. 1. – P. 32-39.

9 **Dostiyarov, A., Anuarbekov, M., Beloev, H., Iliev, I.** Numerical modelling biogas combustion in the novel burner // 2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE). –Bulgaria. – 2022.

10 **Zinser, W.** Zur Entwicklung mathematischer Flammenmodelle für die Verbrennung technischer Brennstoffe // *Fortschritt-Berichte VDI-Verlag*. – 1984. – Vol. 6, No. 171. – 191 p.

11 **Westeuberd, A. A., Fristrom, R. M.** Methane–oxygen flame structure. II. Conservation of matter and energy in the one-tenth atmosphere flame // *Journal of Physical Chemistry*. – 1960. – Vol. 64, No. 10, – P. 1393-1398.

12 **Buğrahan, A.** Effect of biogas addition on combustion instability of propane flame at different external acoustic enforcement frequencies // *Fuel*. – 2022. – Vol.317. – 123498 p. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123498>.

13 **Babak, A., Ashkan, G., Sara, B.** Intensified biogas upgrading via various wastewater using microchannel // *Chemical Engineering and Processing*. – 2022. – 108927 p. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.108927>.

14 **Badr, O., Aggour, M., Smouh, S., Abdelmajid, J.I., Bakraoui, M., Fadoua, K., Hassan, E.B., Tarik, K.** Experimental conception and thermo-energetic analysis of a solar biogas production system, *C7ase Studies in Thermal Engineering*. – 2022. – Vol. 30. – 101740 p. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101740>.

References

1 **Akhmedov, R. B.** Aerodinamika zakruchennoi strui [Aerodynamics of a swirling jet]. / Akhmedov, R.B., Balagula, T.B., Rashidov, F.K. [et al.]; edited by Akhmedov, R. B. – Moscow: Energiya, 1977. – 240 p.

2 **Leibovich, S.** Vortex stability and breakdown // Survey and extension AIAA J. – 1984. – Vol. 22, No. 9. – P. 1192-1206.

3 **Coghe, A., Solero, G., Scribano, G.** Recirculation phenomena in a natural gas swirl combustor // Exp. Therm. Fluid Sci. – 2004. – Vol. 28, No. 7. – P. 709-714.

4 **Sudarev, A. V., Mayev, V. A.** Gazoturbinnye kamery sgoraniya s zakruchennym dvizheniem vozdushnyh potokov [Gas turbine combustion chambers with swirling air flow]. – M., 1968. – 50 p.

5 **Tong, Y., Liu, X., Wang, Z., Richter, M., Klingmann, J.** Experimental and numerical study on bluff-body and swirl stabilized diffusion flames Fuel. – 2018. – Vol. 217. – P. 352–364.

6 **Wang, L.-Y., Chatterjee, S., An, Q., Steinberg, A.M., Gülder, Ö. L.** Soot formation and flame structure in swirl-stabilized turbulent non-premixed methane combustion. Combust. Flame. – 2019. – Vol. 209. – P. 303–312.

7 **Rashwan, S. S.** The effect of Swirl number and oxidizer composition on combustion characteristics of non-premixed methane flames. Energy Fuels. – 2018. – Vol. 32, No. 2. – P. 2517–2526.

8 **Poorhoseinni, H., Saedi, A., Moghiman, M.** Experimental and numerical investigation of the inlet air swirl angle effects on temperature profile and CO, NO pollutants. Energy Engineering Management. – 2012. – Vol. 2, No. 1. – P. 32-39.

9 **Dostiyarov, A., Anuarbekov, M., Beloev, H., Iliev, I.** Numerical modelling biogas combustion in the novel burner // 2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE). –Bulgaria. – 2022.

10 **Zinser, W.** Zur Entwicklung mathematischer Flammenmodelle für die Verbrennung technischer Brennstoffe // Fortschritt-Berichte VDI-Verlag. – 1984. – Vol. 6, No. 171. – 191 p.

11 **Westeuberd, A. A., Fristrom, R. M.** Methane–oxygen flame structure. II. Conservation of matter and energy in the one-tenth atmosphere flame // Journal of Physical Chemistry – 1960. – Vol. 64, No. 10. – P. 1393–1398.

12 **Buğrahan, A.** Effect of biogas addition on combustion instability of propane flame at different external acoustic enforcement frequencies // Fuel. – 2022. – Vol.317. – 123498 p. – <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123498>.

13 **Babak, A., Ashkan, G., Sara, B.** Intensified biogas upgrading via various wastewater using microchannel // Chemical Engineering and Processing. – 2022. – 108927 p. – <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.108927>.

14 **Badr, O., Aggour, M., Smouh, S., Abdelmajid, J. I., Bakraoui, M., Fadoua, K., Hassan, E. B., Tarik, K.** Experimental conception and thermo-energetic analysis of a solar biogas production system, C7ase Studies in Thermal Engineering. – 2022. – Vol. 30. – 101740 p. – <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101740>.

01.10.25 ж. баспаға түсті.

10.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

27.02.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

*М. А. Ануарбеков¹, А. К. Мерғалимова², М. А. Маханова³,
С. Б. Ыбрай⁴, М. Б. Айтмағамбетова⁵

^{1,2,3,4,5}Казахский агротехнический исследовательский

университет имени С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Астана.

Поступило в редакцию 01.10.25.

Поступило с исправлениями 10.11.25.

Принято в печать 27.02.26.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ СТАБИЛИЗАТОРА ГОРЕЛКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГАЗОВ

Синтетический газ является малореакционным топливом с постоянно изменяющимся составом, что требует подбора оптимального угла наклона стабилизатора для его эффективного сжигания. Рассматривались три варианта уголковых стабилизаторов: с углами 45°, 60°, а также стабилизатор в форме полукруга. Их геометрические параметры и после стабилизатора были проведены вычисления по численному моделированию эффективных аэродинамических характеристик с использованием программы Ansys Fluent. Вычислительные результаты численного моделирования используются при экспериментировании в будущем.

Основной целью было проведение численного анализа аэродинамического потока воздуха (или синтетический газ) в горелке для разработки физических моделей и определения оптимального угла стабилизатора, обеспечивающего эффективное сгорание топливно-воздушной смеси.

Численное моделирование продемонстрировало, что геометрия и угол наклона стабилизаторов оказывают значительное влияние на распределение скоростей и аэродинамические характеристики потока. Особое внимание было уделено области внутри стабилизаторов, где формируется зона рециркуляции. Хотя влияние изменения скорости потока на контуры распределения оказалось несущественным, в целом было установлено, что форма и угол наклона стабилизаторов значительно влияют на процессы смешивания топлива с воздухом,

стабильность пламени, степень неполного сгорания и уровень выбросов оксидов азота.

Ключевые слова: уголковой стабилизатор, витой поток, аэродинамическое сечение, схема скоростей, зона рециркуляции.

**M. A. Anuarbekov¹, A. K. Mergalimova², M. A. Makhanova³,
S. B. Ybray⁴, M. B. Aitmagambetova⁵*

^{1,2,3,4,5}Kazakh Agrotechnical Research University

named after S. Seifullin,

Republic of Kazakhstan, Astana.

Received 01.10.25.

Received in revised form 10.11.25.

Accepted for publication 27.02.26.

NUMERICAL SIMULATION OF BURNER STABILIZER AERODYNAMICS FOR SYNTHETIC GASES

Synthetic gas is a non-reactive fuel with a constantly changing composition, which requires the selection of the optimal stabilizer angle for efficient combustion. Three options for Angle stabilizers were considered: with angles of 45°, 60°, as well as a semicircular stabilizer. The geometric values of these and their effective aerodynamic performance after the stabilizer were calculated by numerical modeling with the Ansys Fluent program. The computational results of numerical modeling are used in future experiments.

The main goal was to develop physical samples and conduct a quantitative analysis of aerodynamic air flow (or synthetic gas) in the fuel tank (or biogas) in order to find the optimal angle of the stabilizer, which ensures the effective combustion of the combined mixture of fuel and air.

Numerical simulations have demonstrated that the geometry and tilt angle of the stabilizers play a crucial role in shaping the velocity distribution and overall aerodynamic behavior of the flow. Special attention is paid to the internal parts of the stabilizers in the recirculation zone. Although the effect of the flows on the chains propagating due to fluctuations in their speeds was not particularly significant, it was found that the structure and tilt of the stabilizers have a significant impact on the processes of mixing fuel and air, flame stability, the level of incomplete combustion and the amount of nitrogen oxide release.

Keywords: corner stabilizer, swirling flow, aerodynamic profile, velocity diagram, recirculation zone.

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

28.54 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

28.54 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz