

К.К.Кусаиынов, Н.К.Танашева,  
А.Ж.Тлеубергенова, Н.Н.Шуюшбаева, Г.К.Алпысова

*Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті  
(E-mail: shymkent.a7@mail.ru)*

## Сулы-көмірлі отынды шашырату үшін аэродинамикалық бұрауышпен жасалған ошақ құрылғысының құрылымы

Мақалада сулы-көмірлі отынды жағу үшін аэродинамикалық бұрауыш пен форсункасы бар ошақ құрылғысының ерекше құрылымы ұсынылған. Форсунка құрылымының ерекшелігі келесідей тұжырымдалады, яғни отынның тотықтырғышпен араласуы және қолданбалы аэродинамикада қолданылатын, Витошинский формуласы бойынша есептелген, пішінге ие болатын соплоның қуыстарында бұрауыш іске асырылады. Витошинский профилі бұрауышпен ағынның бірқалыпты тарылуын қамтамасыз етеді және соплодан шыққан кейін қоспаны шашырату тиімдірек. Зерттеу нәтижесінде сулы-көмірлі отын жануының уақытқа байланысты температуралық тәуелділік диаграммасы алынды.

*Кілт сөздер:* ошақ құрылғысының құрылымы, аэродинамикалық бұрауышпен форсунка, сулы-көмірлі отын, Витошинский профилі, сопло.

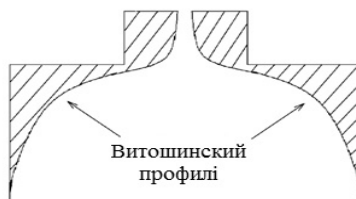
Соңғы он жылдықта көптеген мемлекеттерде сулы-көмірлі отын (СКО) алу және оны энергетикада қолдану бойынша көптеген ғылыми және өндірістік жұмыстар бағытталған. Ресейде және шет мемлекеттерде СКО дайындау, оны тасымалдау, ұзақ уақыт бойы сақтау және қазандықтарда жағу бойынша бірқатар технологиялар жасап шығарды. Сонымен қатар СКО жұмыс істеп жатқан әр түрлі энергетикалық қондырғыларда жағу бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілді [1].

Сулы-көмірлі отынның тиімді жануы үшін, ошақ алдының жұмыстық кеңістігінде көпкомпонентті жанатын қоспаны құйынды түрде өзіндік ұйымдастырылып берілуін қабілеттендіретін, шұбаркөл көмірінің қалдықтарынан электрогидроимпульстік өңдеумен алынған сулы-көмірлі отынды тотықтырғышпен жағу үшін аэродинамикалық бұрауышпен форсункасы бар ошақ құрылғысының ерекше құрылымы ұсынылады.

Құрылғы шұбаркөл көмірінің қалдықтарынан электрогидроимпульстік өңдеумен алынған сулы-көмірлі отынды шашырату үшін арналған форсунканың құрылымына жатады. Ол сұйық сулы-көмірлі отынды жағатын қазандықтарда және басқа жылулық қондырғыларда орнатылатын форсункалардың жаңа құрылымын жасап шығару кезінде қолданылуы мүмкін.

Форсунканың ерекшелігі мен жаңашылдығы келесідей тұжырымдалады, яғни отынның тотықтырғышпен араласуы және қолданбалы аэродинамикада қолданылатын, Витошинский формуласы бойынша есептелген, пішінге ие болатын соплоның қуыстарында бұрауыш іске асырылады. Сулы-көмірлі отынның үшфазалы қоспасын құйынды түрде берілуі үшін соплоның бұл құрылымын қолдану осы уақытқа дейін зерттелмеген. Алдын ала жүргізілген зертханалық сынақтар бұл құрылғының жұмысының тиімділігін көрсетті. Ресейлік ғалымдардың танымал құрылымынан айырмашылығы, Витошинский профилі бұрауышпен ағынның бір қалыпты тарылуын қамтамасыз етеді және соплодан шыққан кейін қоспаны шашырату тиімдірек. Бұралған ағынның бір қалыпты өзіндік ұйымдасуы есебінен сопло ұшында бітеліп қалу үдерістері болмайды.

Төменде 1-суретте форсунканың соплосының сұлбесі көрсетілген.



1-сурет. Форсунканың шығыс соплосының сұлбесі

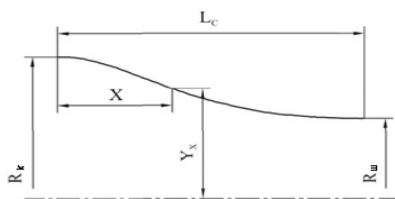
Ошақ құрылғысының міндеті бірінші нұсқаға жататын кемшіліктерді жою және сулы-көмірлі отынның шашырату тиімділігін жоғарылату болып табылады.

Витошинский формуласы бойынша есептелген, қисық айналумен құрастырылған, ішкі профильденген арнаға ие, форсунканың соплосынан шыққаннан кейін отынның тиімді үзіліссіз шашырауы ошақ құрылғысының техникалық нәтижесі болып табылады.

$$Y_x = \frac{R_k \cdot R_u}{\sqrt{R_k^2 - \frac{BS \cdot (1 - BT)^2}{(1 + 1/3 \cdot BT)^3}}}$$

мұнда  $BS = R_k^2 - R_u^2$ ,  $BT = (X / L_c)^2$ ;  $R_k$  — соплоның кіре берісіндегі радиус;  $R_u$  — шығыс қимадағы соплоның радиусы;  $L_c$  — соплоның ұзындығы;  $X, Y_x$  — кірістен басталып соплоға дейін жатқан ағымдық координата нүктелері.

Төменгі Витошинский соплосының профилі берілген (2-сур.).



2-сурет. Витошинский соплосының профилі

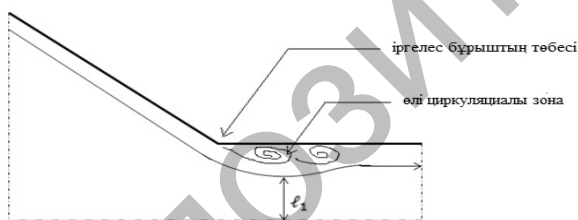


3-сурет. Шығыс соплоның ішкі арынының түзілу сұлбесі

Ұсынылған соплоның ішкі арнасы, жоғарыда келтірілгендей, сопло осінің қисық айналасында айналуының қалай болатыны 3-суретте көрсетілген.

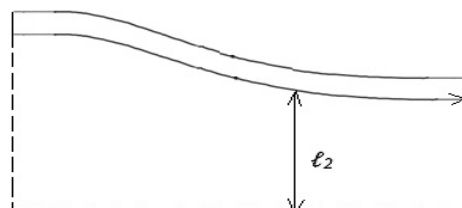
Ошақ құрылғысының бірінші нұсқасынан ерекшелігі, мұнда ішкі арна ретінде айналма бұрыштық төбесі арқылы цилиндрлі шығыс арна өтетін конус қолданылады, ұсынылатын құрылым айналма бұрыштық төбені шығаратын бірқалыпты тарылатын өткелге ие.

Айналма бұрыштық төбесімен құрылымның кемшілігі конустан цилиндрлік шығысқа дейінгі өткел ұшында өлі циркуляциялы зонаның түзілуі есебінен өту қимасының тарылуы болып табылады (4-сур.). Суретте цилиндрлік радиалды бұрауышпен сопло форсункасының профилі көрсетілген.



$l_1$  — соплоның өту қимасы

4-сурет. Цилиндрлік радиалды бұрауышпен сопло форсункасының профилі

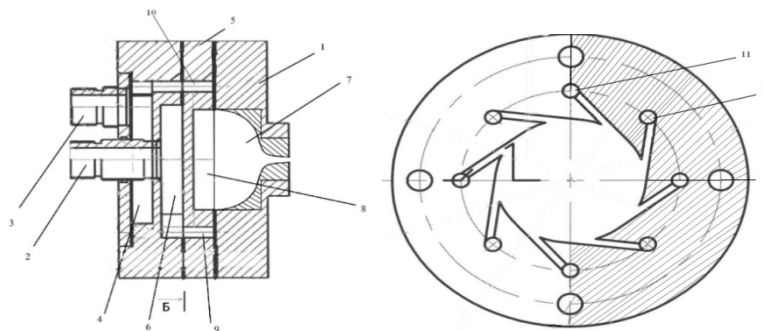


$l_2$  — соплоның өту қимасы

5-сурет. Витошинский формуласы бойынша сопло профилі

Төменде Витошинский формуласы бойынша есептелген сопло форсункасының профилі көрсетілген (5-сур.). Жоғарыдағы суреттерден (4, 5-сур.) көрініп тұрғандай, өту қимасы  $l_1$ , Витошинский формуласы бойынша,  $l_2$  соплодан кіші. Жоғарылатылған өту қимасымен иілмелі өткел (5-сур.) сулы-көмірлі отынның бөлшектермен соплода бітеліп қалуын жояды және оның тұрақты жануы үшін тиімді үзіліссіз шашыратылуын қамтамасыз етеді.

Витошинский формуласы бойынша есептелген сопло профиліне ие, сулы-көмірлі отынды шашырату үшін тангенциалды бұрауышпен форсунка көрсетілген (6-сур.).



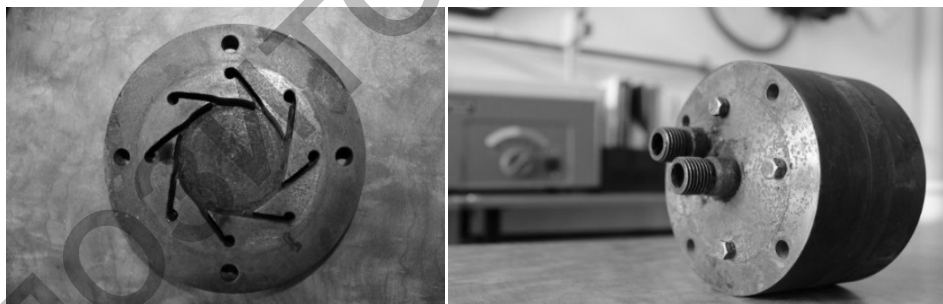
1 — корпус; 2 — түтікше; 3 — шашыратылатын агент; 4 — камера; 5 — аралық; 6 — отынды қабылдау үшін қуыс; 7 — Витошинский формуласы бойынша сопло; 8 — араластырғыш қуыс; 9 — аралық саңылау; 10 — аралықтағы қосымша саңылау; 11, 12 — тангенциалды арналар

6-сурет. Сулы-көмірлі отынды шашырату үшін тангенциалды бұрауышпен форсунка

Сулы-көмірлі отынды шашырату үшін форсунка отынды жеткізіп салу үшін түтікшесімен (2) және шашыратылатын реагентімен (3), шашыратылатын реагент камерасы (4), орталық отын камерасы аралықпен (5), отынды қабылдау (6) және отынды араластыру мен реагентті шашырататын (8) екі қуысқа бөлінген, Витошинский формуласы бойынша есептелген профиліне ие, сопло шығысы (7) бар корпус (1) тұрады [2].

Витошинский профилі кіріс және шығыспен сәйкес келеді және соплодан шыға берісте көлденең қимада ағынның жылдамдығын бірқалыпты таралуына көбірек мүмкіндік береді. Аралықта (5) саңылау (9) бар, яғни, ол тангенциалды отын арналарының (11) отынды араластыруға арналған камерамен және шашыратылатын реагент (8) көмегімен отынды қабылдау үшін (6) қажет. Сонымен қатар аралықта (5) қосымша саңылау (10) жасалынған, ол тангенциалды арналарының (12) көмегімен шашыратылатын реагентті (8) қабылдау үшін керек.

Төменде Витошинский формуласы бойынша есептелген сопло профиліне ие, сулы-көмірлі отынды шашырату үшін тангенциалды бұрауышпен өзіндік дайындалған форсунканың құрылымы көрсетілген (7-сур.).



а)

ә)

а — тангенциалды бұрауыштың ішкі бөлігі; ә — жалпы көрінісі

7-сурет. Сулы-көмірлі отынды шашырату үшін тангенциалды бұрауышпен форсунканың суреттері

Форсунка келесідей жұмыс істейді: форсунканың корпусына отынды қабылдау үшін түтікше бойымен сулы-көмірлі отын қуысқа беріледі. Кейін отын аралықтағы саңылау арқылы тангенциалды арна бойынша айналдырушы қозғалыс алып, араластырғыш қуысқа келіп түседі. Осы уақытта сопло ұшында бітеліп қалу үдерісін болдырмайтын, шиыршықтаған ағынның бірқалыпты өзіндік ұйымдасуы есебінен тангенциалды арналар бойымен шашыратылатын реагент араластырушы қуысқа келіп түседі [3].

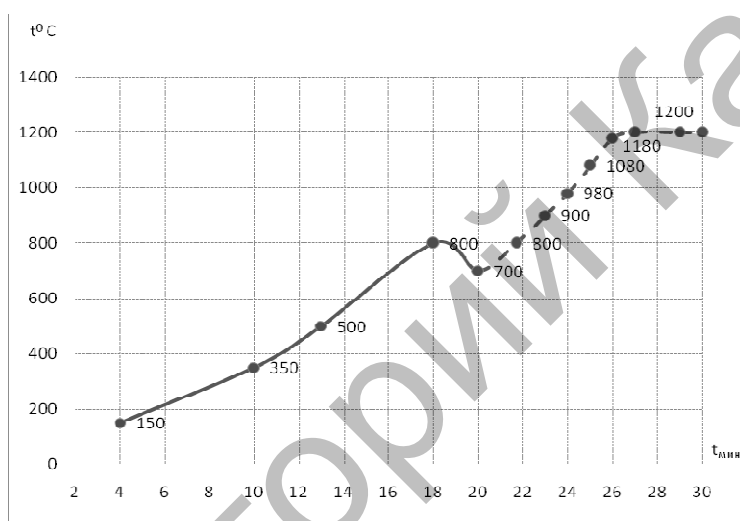
Форсунканың берілген моделін қолдану отынның шашыратылатын реагентпен араласуының тиімділігін жоғарылатады және араластырғыш камерада қоспаның айналуын іске асырады. Алынған

қоспа Витошинский профиліне ие сопло шығысы арқылы жану камерасына ұшып шығады, бұл үшін отынның сапалы шашырауы қамтамасыз етіледі.

Сонымен, одан әрі жасалынған форсунканың моделі шұбаркөл көмірінің қалдықтарын электрогидроимпульстік өндеумен алынған, сулы-көмірлі отынды жағу бойынша тәжірибелік зерттеулер үшін қолданылатын болады. Сұйық отынды жағу мен қолайлы нәтижелерді алу үшін келесі қажет: жану камерасында ұзақ уақыт бойы сұйық отынның толық жануы кезінде жоғары температура болуы тиіс [4].

«Көмірді өндеуді электрогидроимпульстік зерттеу» зертханасында сулы-көмірлі отынды жағу бойынша зерттеу жұмысы келесідей жүргізілді: ошақ алды құрылғысын бастапқы қыздырылуы 600 °C дейін дизельді отынмен жүзеге асырылады, содан кейін сығылған ауамен компрессор көмегі арқылы 750 °C дейін ұяшықтан сулы-көмірлі отынды шашырату үшін форсункаға айдау жүреді. Одан әрі қарай дизельді отынның берілуі тоқтатылады, және сулы-көмірлі отынның жануы өздігінен жүреді. Жану үдерісі 30 мин дейін созылады.

Сулы-көмірлі отын жануының уақытқа байланысты температуралық тәуелділігі 8-суретте келтірілген.



8-сурет. Сулы-көмірлі отын жануының температуралық тәуелділігі

Суреттен көрініп тұрғандай, дизельді отынмен жылыту 20 мин ішінде 700 °C-қа жеткен, кейін 2 мин ішінде 980 °C дейін дизельді отын мен сулы-көмірлі отынның бірлесе жануы қатар жүрген. Одан әрі дизельді отын тоқтатылып, сулы-көмірлі отынның жануы өздігінен жүрген. Сулы-көмірлі отынның жануы 30 мин құрады.

Осылай, шұбаркөл көмірінің қалдықтарынан электрогидроимпульстік өндеумен алынған сулы-көмірлі отынның тұрақты жануына қол жеткізілді.

#### Әдебиеттер тізімі

- 1 Мурко В.И. Водугольное топливо // Уголь. — 2002. — № 6. — С. 58, 59.
- 2 АС. 20338. Форсунка для распыления водугольного топлива / Кусаинов К., Нусупбеков Б.Р., Сатыбалдин А.Ж., Танашева Н.К., Алпысова Г.К., Тлеубергенова А.Ж. // Оубл. 10.08.2015 г. — Бюлл. № 13. — 4 с.
- 3 Танашева Н.К. Способ сжигания водугольного топлива, полученного из шламов шубаркульского угля // Физико-химия и технология неорганических материалов: XI Российская ежегодная конф. молодых научных сотрудников и аспирантов: Сб. тр. (16–19 октября 2014 г.). — М.: Изд-во Интерконтакт; Наука, 2014. — С. 477–479.
- 4 Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. — М.: Энергия, 1976. — С. 381–391.

К.К.Кусаиынов, Н.К.Танашева,  
А.Ж.Тлеубергенова, Н.Н.Шуюшбаева, Г.К.Алпысова

### **Конструкция горелочного устройства с аэродинамической закруткой для распыления водоугольного топлива**

Авторами статьи предлагается оригинальная конструкция горелочного устройства, содержащего форсунку с аэродинамической закруткой для сжигания водоугольного топлива. Оригинальность конструкции форсунки заключается в том, что смешивание топлива с окислителем и закрутка осуществляются в полости сопла, имеющего форму, рассчитанную по формуле Витошинского, применяемую в прикладной аэродинамике. Профиль Витошинского обеспечивает плавное сужение с закруткой потока и более эффективное распыление смеси после выхода из сопла. В результате исследования получена диаграмма температурной зависимости горения ВУТ от времени.

К.К.Kusaiynov, N.K.Tanasheva,  
A.Zh.Tleubergenova, N.N.Shuishbayeva, G.K.Alpysova

### **The construction of the burner with the wind swirling spray water-coal fuel**

The authors proposed an original design of the burner having a nozzle with an aerodynamic twist to burn coal-water fuel. Originality nozzle design is that the mixing of the fuel with the oxidant and twisting occurs in the cavity of the nozzle having a shape Witoshynsky calculated by the formula used in the application aerodynamics. Witoshynsky profile provides a smooth contraction with flow swirling and a more effective pulverization of the mixture after the nozzle outlet The study received a diagram of the temperature dependence of the combustion VUT time.

#### References

- 1 Murko V.I. *Coal*, 2002, 6, p. 58–59.
- 2 *AS. 20338. The nozzle for spraying coal-water fuel* / Kusaiynov K., Nusupbekov B.R., Satybaldina A.Zh., Tanasheva N.K., Alpysova G.K., Tleubergenova A.Zh. Publ. 10.08.2015 y., Bull. 13, 4.
- 3 Tanasheva N.K. *A method of combustion of coal-water slurry fuel derived from coal Shubarkul. Physical chemistry and technology of inorganic materials. Russian XI annual conference of young scientists and graduate students Proceedings (October, 16–19, 2014.)*, Moscow: Intercontact publishing; Nauka, 2014, p. 477–479.
- 4 Khzmalyan D.M., Kagan Ya.A. *The theory of combustion and firing systems: Proc. tool for students. Proc. Institutions*, Moscow: Energy, 1976, p. 381–391.