

Б.Р. Нүсіпбеков<sup>1</sup>, А.К. Хасенов<sup>1</sup>, Д.Ж. Карабекова<sup>1</sup>,  
М. Стоев<sup>2</sup>, А.Ж. Бейсенбек<sup>1</sup>, Б.И. Қазанқап<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қазақстан;

<sup>2</sup>«Неофит Рильский» Оңтүстік-Батыс университеті, Благоевград, Болгария  
(E-mail: ayanbergen@mail.ru)

## Жылуалмастырғыштарды қалпына келтірудің жаңа технологиясы

Мақала жылуалмастырғыштарды қақтардан тазалаудың жаңа әдісіне арналды. Электр гидравликалық технология — жылуалмастырғыш құбырлардың беттерінде пайда болған қақтарды жоюдың тиімді әдістерінің бірі. Қондырғының жұмыс істеу принципі сұйықтағы жоғары вольтті разряд кезінде қалыптасатын электр гидравликалық эффект деп аталатын соққы толқыны эффектісін пайдалануға негізделген. Жұмыста ұсынылып отырған әдіспен жылуалмастырғышты өндеудің параметрлері келтірілді. Күрделі пішінді құбырды тазалаудың әдістемесі баяндалды. Алынған нәтижелер ғылыми қолданылады және практикалық тұрғыдан қызығушылық тудырады. Электр гидравликалық қондырғы металл құбыр өткізгіштердің ішкі беттерін (жылуалмастырғыш құбырлары, қазандықтар, бойлерлер, конденсаторлар, магистралдық құбыр өткізгіштердің жекелеген бөліктері және т.б.) қатты технологиялық қалдықтардан тазалауға қолданылады. Қондырғыны арнайы модификациялай отырып, металды құрылымдарды қатты металл емес қатпарлардан тазарту мақсатында (құймалық қоспалардың қалдықтарының бөлшектерінен), кәріз құбырларын тазалауда пайдалануға болады. Сонымен қатар қондырғы энергетикалық, тағамдық, металлургиялық, химиялық және өндірістің басқа да салаларында қолданыс табуы мүмкін. Электр гидроразрядты технологияның технологиялық үдерісі автоматтандыруға оңай бейімделеді және оған қызмет көрсету үшін арнайы мамандар қажет емес.

*Кілт сөздер:* электр гидравликалық технология, жылуалмастырғыштарды тазалау, электродаралық қашықтық, импульстар кернеуі, қатты жою әдісі.

Өндірістің әр түрлі саласында энергияны тұтынудың өсуіне байланысты қолданылатын жылуалмасу аппараттарының энергия сыйымдылығы артуда. Осы себепті қазіргі ғылым мен техниканың өзекті мәселесі энергетика, яғни, отын қорын үнемді пайдалануды қамтамасыз ететін жылуалмасу қондырғылары мен жаңа әдістерін табу және жасап шығару болып табылады.

Химия, мұнай және газ өнеркәсіптерінің технологиялық қондырғыларында сапалы жылуалмасу ретінде техникалық су қолданылады. Көп жағдайда жылумен қамтамасыздандыратын жүйелерде негізінен өзен және жер астындағы сулар қолданылады. Табиғи суларда дисперстік қоспалар, оңай еритін тұздар:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , темір тотығының бикарбонаты  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , сонымен бірге көмір қышқылы  $\text{H}_2\text{CO}_3$  кездеседі [1].

Судың құрамындағы ұсақ түйіршікті бөлшектер, әр түрлі тұздар қоспаларының болу салдарынан, жылуалмастырғыштарда қақтар пайда болады. Қақтар әр түрлі химиялық элементтердің қоспасы түрінде температураға байланысты түзіледі [2, 3]. Қақтарды жоюдың қатарына химиялық және механикалық әдістерді жатқызуға болады. Осы әдістердің ішінде соңғы кезде кең қолданылатыны электр гидравликалық эффект әсеріне негізделген қондырғымен тазалау әдісі болып отыр.

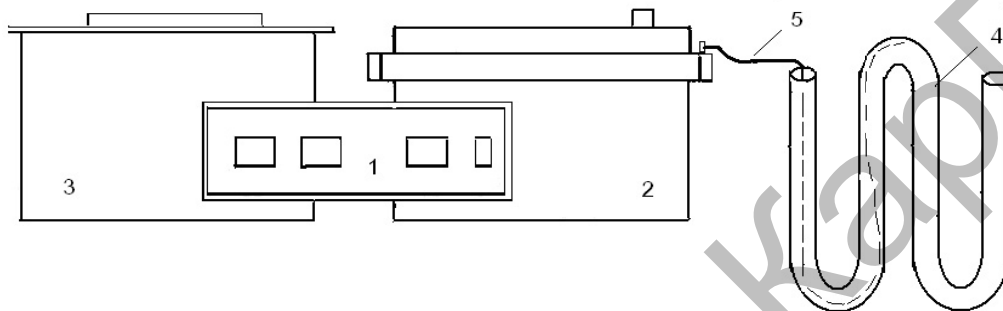
Электр гидравликалық әдіс тағамдық өндірісте дәмді дақылдар мен сұйық өнімдерді өндеуде, металлургия саласында кендерді ұнтақтауда және жылуалмасу беттерін қақтардан тазарту және олардың жылу бергіштігін қарқындету үшін кең көлемде қолданылып келеді [4–8]. Сұйықтағы электр разряды кезінде түзілетін құбылыстың күрделі кешендерінен технологияда электр энергиясының соққылы толқын энергиясына ауысуы байқалады. Үрдістің ерекшелігі — ол электр энергиясының механикалық энергиясына ауысуында. Тәсілдің мәні ашық немесе жабық ыдыстағы сұйықтың ішкі көлеміне арнайы ұйымдасқан импульсті электрлік разряд бергеннен осы аймақта әр түрлі физикалық және химиялық құбылыс тудыратын пайдалы механикалық жұмыс пайда болады [9–11].

Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университетінің профессор Ж.С. Ақылбаев атындағы инженерлік жылу физикасы кафедрасының гидродинамика және жылуалмасу зертханасында жылуалмастырғыштарды тазалау және жылу беру қасиеттерін қалпына келтіру үшін электр гидравликалық қондырғыда тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Бұл тәжірибеге дейінгі жұмыстарда осы қондырғы арқылы тек қана жазық жылуалмастырғыш құбырларының ішкі беттерінде пайда болған қақтар тазаланған болатын. Ғылыми жұмыста күрделі пішінді құбырларды

тазалау технологиясы құрастырылып жасалды. Электрогидравликалық технологияның жұмыс істеу принципі сұйық ортаға жоғары вольтты разряд берілген кезде пайда болатын соққы толқынын қолдануға негізделген.

Жылуалмастырғыштарды қақтардан өңдеуге арналған құрылымдық зертханалық қондырғы келесі негізгі элементтерден дайындалған: басқару пультінен, қорғаныс жүйелі конденсаторынан, коммутаторлы импульсті тоқ генераторынан тұратын функционалды блок түрінде жасалған (1-сур.).

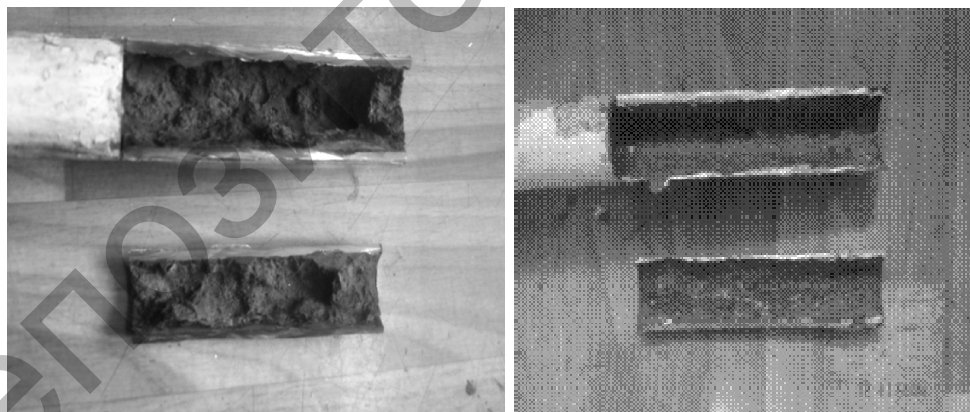
Төменде 1-суреттегі үзік сызықтар — құбыр ішіндегі орналасқан қақтарды тазалау кезіндегі электродтың ең максимал жеткен бөлігі. Күрделі пішінді жылуалмастырғыш құбырдың екінші бөлігін тазалау үшін электродты құбырдың шығысынан енгізе отырып, құбырдың кірісінен тазаланған бөлігіне дейінгі аралықта тазалау жұмыстары жүргізілді.



1 — басқару пульті; 2 — қорғаныс жүйесі мен энергия жинағыш; 3 — разрядтаушы және импульсті ток генераторы; 4 — күрделі пішінді жылуалмастырғыш; 5 — жұмыс электроды

1-сурет. Күрделі пішінді жылуалмастырғыштарды тазалау кезіндегі сұлбасы

Ғылыми жұмыс күрделі пішінді жылуалмастырғыштың ішіне су толтырып, разрядаралық қашықтығын 10 мм-ге қойып, жұмыс кернеуі 20–25 кВ кезінде орындалды. Электрогидравликалық технологияның көмегімен тазаланған жылуалмастырғыштар 2-суретте берілген.



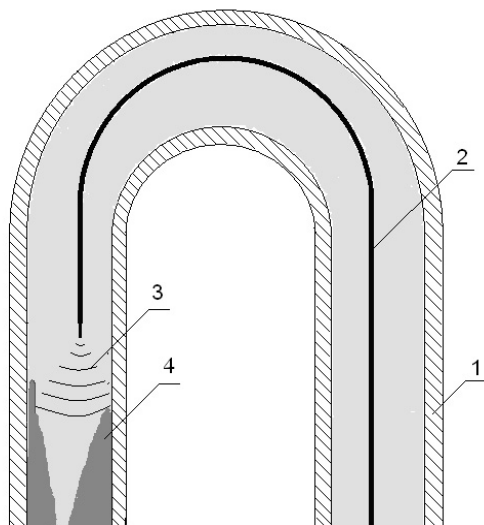
а)

б)

а — тәжірибелік зерттеулерге дейінгі жылуалмастырғыш құбыр; б — тазаланған күрделі пішінді жылуалмастырғыш құбырдың бастапқы бөлігі

2-сурет. Тәжірибеден кейінгі тазаланған күрделі пішінді жылуалмастырғыш құбыр

Күрделі формалы құбырдың ішкі бетінде (2 сур. а) қақтар қалыңдығы әр түрлі орналасқанын байқаймыз. Мақалада құбыр формасы күрделі болғандықтан, қақтарды тазалау үшін құбыр ішінен өткізілетін электродты әр түрлі бағытта қозғалта отырып, тазалау жұмыстарын жүргізу қажет болды. Төменде 3-суретте тәжірибе кезінде күрделі формалы жылуалмастырғыштың ішіне электродты орналастыру сұлбасы келтірілді.



3-сурет. Тәжірибе кезінде күрделі формалы жылуалмастырғыштың ішінде электродтың орналасу сұлбасы

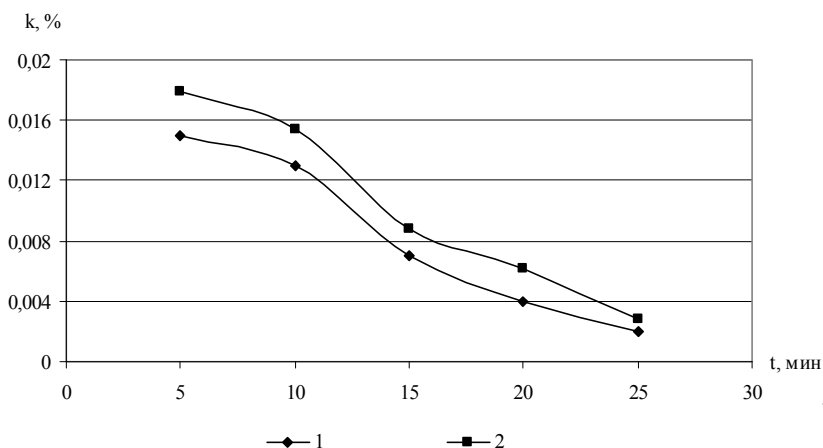
Жоғарыдағы 3-суретте сумен толтырылған күрделі формалы құбыр (1), электрод (2), соққы толқындарының суда таралуы (3), құбыр (4) бетінде орналасқан қақтар. Осындай күрделі формалы құбырлардағы қақтарды тазалау үшін құбырдың қиын бұрылысты бөліктеріне арнайы электродты бағыттай отырып тазалау жұмыстары жасалды. Электрод арақашықтығын және энергия жинағыштағы кернеу шамасын разрядтың энергиясына тәуелді басқару арқылы құбырдың сыртқы беттерін қақтардан тазалау дәрежесінің әр түрлі мәндеріне қолжеткізілді.

Жылуалмастырғыштарды өңдеу жұмыстары кезінде құбыр бойындағы орналасқан қақтардың құрамында әр түрлі тұздар болғандықтан, осы құбырдың ішкі қабырғасының кейбір бөліктерінің тез тазаланатындығы байқалды (4-сур.). Уақыт өтуіне және пайдалану мерзіміне байланысты құбырдың ішінде әр түрлі ойықтар көптеп пайда болғаны байқалды.

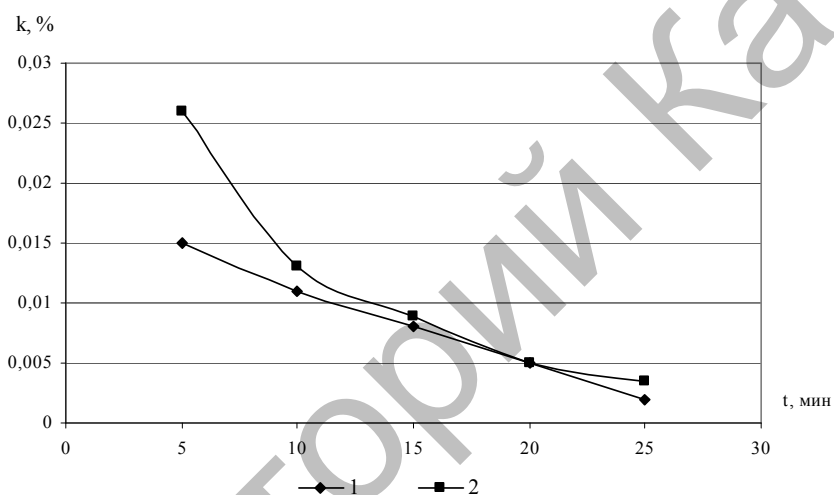


4-сурет. Құбыр бойында көпжылдық қақтар салдарынан пайда болған ойықтар

Тәжірибелік зерттеулер барысында жылуалмастырғыштарды қалпына келтіру кезіндегі қақтың жойылуының өңделу уақытына тәуелділігі анықталды (5-сур.). Өңдеу жұмыстары кезінде әрбір 5 мин уақыт аралығынан кейін құбырдың ішкі бетінен бөлінген қақтың массасы электрондық таразының көмегімен өлшенді.



а) d = 25 мм құбыр



б) d = 32 мм құбыр

5-сурет. Электрогидравликалық кондырғының көмегімен тазаланған күрделі пішінді құбырдағы қақтардың уақытқа тәуелді жойылуы

Күрделі пішінді жылуалмастырғыш кірісінен (1) электродты жібере отырып тазалаған кездегі және күрделі пішінді жылуалмастырғыш шығысынан (2) электродты жібере отырып, тазалаған кездегі алынған нәтижелер 5-суретте келтірілген. Тәуелділіктен уақытты неғұрлым көбірек арттыратын болсақ, соғұрлым қақтың жойылуы тезны байқалды.

Күрделі пішінді жылуалмастырғыштарды тазалау әдісі зерттеліп, тазалау кезінде қолданылатын электрод жүйесі және разрядаралық қашықтықтағы энергияның мәні анықталды. Тәжірибе кезінде алынған нәтижелер келешекте жылуалмастырғыш құбырларды тазалау кезінде қосымша зерттеулерді талап етпей, бірден құбырларды өңдеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді.

#### Әдебиеттер тізімі

- 1 Богорш А.Т. Вопросы накипеобразования. — Киев: Выш. шк., 1990. — 179 с.
- 2 Деев И.Т., Рассонская И.С., Хлапова А.Н. Исследование фазового состава котельных накипей и шламов // Внутрикотловые физико-химические процессы, водоподготовка и водный режим котлов. — М., 1957. — С. 102–110.
- 3 Сагань И.И., Разадин Ю.С. Борьба с накипеобразованием в теплообменниках. — Киев: Техн. шк., 1986. — 134 с.
- 4 Гулый Г.А. Оборудование и технические процессы с использованием электрогидравлического эффекта. — Киев, 1977. — 324 с.

- 5 Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 289 с.
- 6 Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. — Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2002. — 324 с.
- 7 Юткин А.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. — Л., 1986. — 253 с.
- 8 Нусупбеков Б.Р. Электрические характеристики электрогидроимпульсной установки для дробления руды // Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана: материалы междунар. науч.-практ. конф. — Караганда: Изд. КарГТУ, 2007. — С. 182–185.
- 9 Вазов В.Ф., Кузнецов Ю.И., Куртенов Г.Е., Лавринович В.А., Лопатин В.В., Мытников А.В. Техника высоких напряжений: учеб. пособие. — Томск: ТПУ, 2010. — 232 с.
- 10 Куцаиынов К., Кутнякова Н.Н., Сейсенбек Г.Е., Хасенов А.К. Высокоэнергетическое импульсное воздействие и исследование структуры накопных отложений теплообменных поверхностей // Физика и химия наноматериалов: материалы междунар. шк.-конф. молодых ученых. — Томск, 2005. — С. 647–651.
- 11 Nussupbekov B.R., Stoev M., Khasenov A.K., Beisenbek A.Zh. Electric pulse method of rock crushing: mathematics and natural science: Proceedings of the Fifth Intern. Sc. Conf., FMNS – 2013. — Blagoevgrad, 2013. — No. 3. — P. 45–50.

Б.Р.Нусупбеков, А.К. Хасенов, Д.Ж. Карабекова,  
М. Стоев, А.Ж. Бейсенбек, Б.И. Қазанқап

### Новая технология для восстановления теплообменников

Статья посвящена новому методу очистки теплообменников. Электрогидравлическая технология является одним из наиболее эффективных методов очистки отложений на поверхности теплообменных труб. Принцип работы установки основан на использовании эффекта ударной волны, возникающей при высоковольтном разряде в жидкости, получившего название электрогидравлического эффекта. В работе предложены параметры метода очистки теплообменников. Рассмотрены способы очистки труб сложной формы. Полученные результаты представляют интерес как с научной, так и с практической точки зрения. Электрогидравлическая установка предназначена для очистки внутренних полостей металлических трубопроводов (пучков труб теплообменников, котлов, бойлеров, конденсаторов, отдельных участков магистральных трубопроводов и т.д.) от твердых технологических отложений. При соответствующей модификации установка может использоваться для очистки металлических конструкций от твердых неметаллических отложений (литых деталей от остатков формовочной смеси), очистки труб канализации, фильтров на водозаборах.

*Ключевые слова:* электрогидравлическая технология, очистка теплообменников, межэлектродный промежуток, напряжение импульсов, метод очистки накипи.

B.R. Nussupbekov, A.K. Khasenov, D.Zh. Karabekova,  
M. Stoev, A.Zh. Beysenbek, B.I. Kazankap

### New technology for the recovery of heat exchangers

The article is devoted to a new method for cleaning heat exchangers. Electrohydraulic technology, is one of the most effective methods of cleaning deposits on the surface of heat-exchange pipes. The principle of the installation is based on the use of the shock wave effect, which occurs when a high-voltage discharge in a liquid is called electro-hydraulic effect. The parameters of the method for cleaning heat exchangers are proposed. Methods for cleaning pipes of complex shape are considered. The results obtained are of interest, both from a scientific and a practical point of view. The electrohydraulic unit is designed for cleaning internal cavities of metal pipelines (bundles of heat exchanger tubes, boilers, boilers, condensers, separate sections of main pipelines, etc.) from solid process deposits. With the appropriate modification of the plant can be used for cleaning metal structures from solid non-metallic deposits (cast parts from the residual molding mixture), cleaning sewage pipes, filters at water intakes.

*Keywords:* electrohydraulic technology, cleaning of heat exchangers, interelectrode gap, pulse voltage, descaling method.

## References

- 1 Bogorosh A.T. *Questions of scale formation*, Kiev: Vysshaya shkola, 1990, 179 p.
- 2 Deev I.T., Rassonskaya I.S., Chlapova A.N. *Vnutrikotlovye physico-chemical processes, water treatment and water boiler mode*, Moscow, 1957, p. 102–110.
- 3 Sagan I.I., Razladin Yu.S. *Fighting scale formation in heat exchangers*, Kiev: Tehnicheskaya shkola, 1986, 134 p.
- 4 Gulyi G.A. *Equipment and technical processes using electrohydraulic effect*, Kyiv, 1977, 324 p.
- 5 Burtsev V.A., Kalinin N.V., Luchinskiy A.V. *Electric explosion of conductors and its application in the electrical installations*, Moscow: Energoatomisdat, 1990, 289 p.
- 6 Kurets V.I., Usov A.F., Zuckerman V.A. *Electropulse disintegration of materials*, Apatity: Publ. house of the Kola Science Centre of Russian Academy of Sciences, 2002, 324 p.
- 7 Yutkin A.A. *The electrohydraulic effect and its application in industry*, Leningrad, 1986, 253 p.
- 8 Nussupbekov B.R. *Proceedings of the international scientific-practical conference «Actual problems of mining and metallurgical complex of Kazakhstan»*, Karaganda: KarSTU publ., 2007, p. 182–185.
- 9 Vazhov V.F., Kuznetsov Yu.I., Kurtenkov G.E., Lavrynovych V.A., Lopatin V.V., Mytnikov A.V. *Technique of high voltage: tutorial*, Tomsk: TPU, 2010, 232 p.
- 10 Kusaiynov K., Kutnyakova N.N., Seisenbek G.E., Khasenov A.K. *Proceedings of the International School-Conference for Young Scientists «Physics and chemistry of nanomaterials»*, Tomsk, 2005, p. 647–651.
- 11 Nussupbekov B.R., Stoev M., Khasenov A.K., Beisenbek A.Zh. *FMNS – 2013*, Blagoevgrad, 2013, 3, p. 45–50.