

УДК621.36

## **ӨНДІРІСТІК ПРОЦЕСТЕРДЕ КЕДЕРГІМЕН ЖАНАМА ЭЛЕКТРЛІК ҚЫЗДЫРУ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ МЕН ПЕШТЕРІН ПАЙДАЛАНУ**

*Ғалымтаева С., 1 курс, 7М07101 – электроэнергетикасы мамандығы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті*

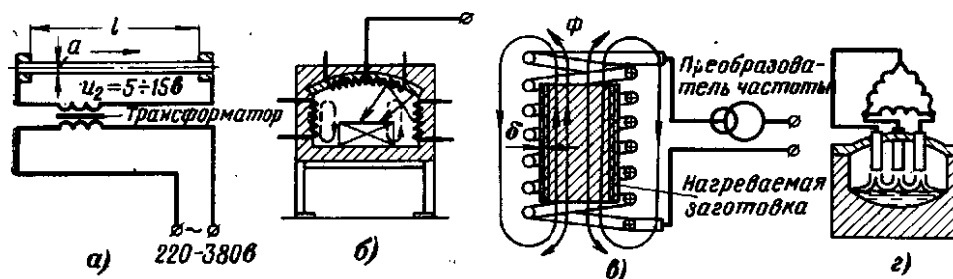
*Ибрагимова С.В., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті*

Мақалада өндірістік процестерде кедергімен жанама электрлік қыздыру қондырғылары мен пештерін қолдану қарастырылады. Жанама қыздыру пештерін қолдану салалары, жұмыс принципі, әртүрлі сипаттамаларға сәйкес жіктеу қарастырылған. Электр пештерінің жылытқыштарын жасау үшін қолданылатын материалдар егжей-тегжейлі сипатталған.

Электр жылытқышы өнеркәсіптік кәсіпорындарда металдар мен қорытпалардан құйма құю өндірісінде, қысыммен өңдеуден бұрын дайындамаларды жылыту, электр машиналарының бөлшектері мен түйіндерін термиялық өңдеу, окшаулағыш материалдарды кептіру және т.б. өндірісінде кеңінен қолданылады. Электротермиялық қондырғы-бұл электротермиялық жабдықтардан (электр энергиясы жылу энергиясына айналатын электр пеші немесе электротермиялық құрылғы) және электр, механикалық және қондырғыда жұмыс процесін жүзеге асыруды қамтамасыз ететін басқа жабдықтардан тұратын кешен.

Кедергі пеші – бұл қапталған камера. Жылу жылытқышта шығарылады, содан кейін ол жылытылатын өнімге беріледі. Кедергі электр пештері электр энергиясын жылу энергиясына айналдыру әдісі бойынша жанама әсер ететін пештерге және тікелей қыздыру қондырғыларына бөлінеді.

Жанама электр жылыту қондырғылары. Жанама қыздыру кезінде электр энергиясын жылуға айналдыру жоғары ішкі кедергісі мен ыстыққа төзімділігі бар арнайы қыздыру элементтерінің көмегімен жүзеге асырылады. Қыздырғыштан жоғары температураға дейін жылу қыздырылған өнімге сәуле, конвекция және жылу өткізгіштік арқылы беріледі. Пештің отқа төзімді кірпіші, сонымен қатар жылытқыштармен жоғары температураға дейін қыздырылған, өнімді жылытуға жылудың бір бөлігін радиациямен береді.



1 сурет. Электротермиялық қондырғылардың жұмыс істеу принциптері  
а - тікелей жанаспалы қыздыру; б - кедергі пешіндегі жанама қыздыру;  
в - индукциялық қыздыру; г - доғалық қыздыру

Жанама қыздыру төмен және орташа температуралық процестерде, сондай-ақ жөндеу өндірісі мен өнеркәсіптің кейбір жоғары температуралық процестерінде жиі кездеседі. Бұл әдістің артықшылығы-кез-келген, өткізгіш және өткізгіш емес материалдарды қыздыру мүм-

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

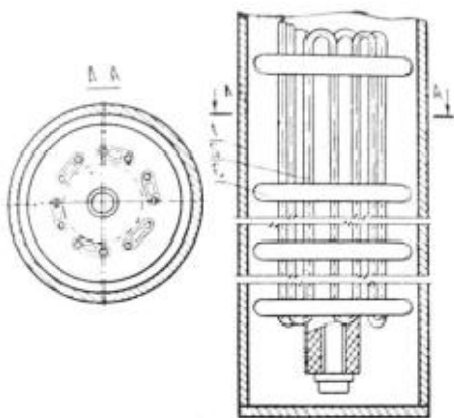
кіндігі (температура 1500°C дейін), қыздырылған материалға электр тогының әсер етпеуі, айнымалы және тұрақты токты пайдалану мүмкіндігі.

Электр кедергісі бар жылытқыштар дизайны бойынша қарапайым және өзіндік құны бойынша электродты қыздырғыштардан кейінгі орында. Жанама жылыту қондырғылары жұмыс кезінде айтарлықтай қауіпсіз, бұл тұрақты қызмет көрсететін персонал болмаған жағдайда өте маңызды. Қыздыру қуатын реттеу көптеген жағдайларда жай ғана жылытқыштарды ауыстыру арқылы жүзеге асырылады.

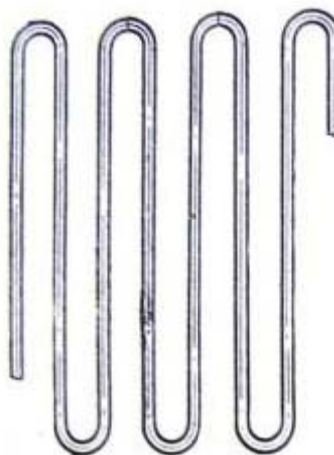
Жанама жылытудың кемшіліктеріне мыналар жатады: 1) жылытқыштардың тапшылығы және салыстырмалы түрде төмен қызмет ету мерзімі; 2) жылытқыштарды (негізінен құбырлы) жөндеудің қиындығы немесе жиі мүмкін еместігі; 3) тікелей қыздырумен салыстырғанда электр энергиясының меншікті шығыны жоғары.

Ауылшаруашылық өндірісінде жанама электр жылыту жиі кездеседі, әсіресе салыстырмалы түрде ұсақ тұтыну қондырғыларында. Жылытқыштардың құрылымы өте алуан түрлі, бұл жұмыс жағдайларының, мақсаттардың, қуаттың және басқа жағдайлардың әртүрлілігімен түсіндіріледі. Көптеген жағдайларда жылытқыштар электр оқшаулауымен және қорғаныс құрылғыларымен орындалады, сондықтан олар қауіпсіз жұмыс істейді және кез-келген, соның ішінде агрессивті ортаны жылыту үшін қолданыла алады. Жылыту кедергісін ауадан және жылытылатын ортадан тығыздау кедергілердің қызмет ету мерзімін едәуір ұзартуға және ортаның өзіне әсер етпеуге мүмкіндік береді. Орындауы бойынша ашық, жабық және герметикалық жылытқыштарды ажыратады.

Ашық жылытқыштарда (2-сурет) қыздыру кедергісі ауа немесе жылытылатын орта үшін ашық болады. Мұндай жылытқыштар электр пештерінде, электр брудерлерінде, калориферлерде, жылыжайлардағы топырақ жылытқыштарында және басқа да қондырғыларда қолданылады, егер бұл жылыту технологиясына, қауіпсіздік жағдайларына, қызмет ету мерзіміне рұқсат етілсе. Ашық жылытқыштар, сондай-ақ көбінесе сәулелі жылу беретін жоғары температуралы қондырғыларда қолданылады (жөндеу кәсіпорындарының электр пештері). Мұндай жылытқыштардың артықшылығы-құрылғының қарапайымдылығы, жылу берудің жақсы шарттары. Механикалық беріктігін арттыру үшін сым жылытқыштар керамикалық түтіктерге немесе шыбықтарға орналастырылады.



2-сурет. Ашық жолақты



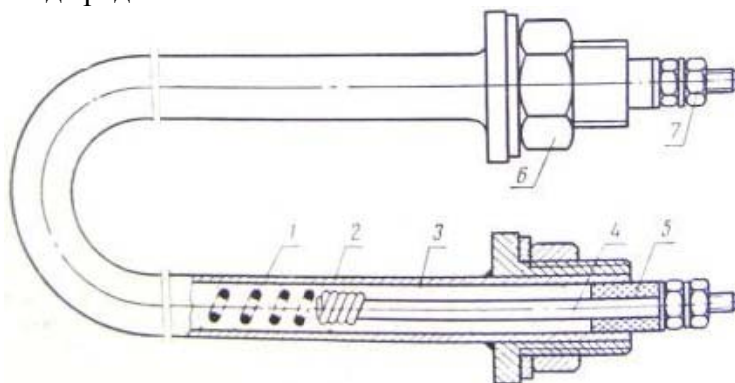
3-сурет. Радиациялық құбыр түріндегі зигзаг жылытқышыжабық жылытқыш: 1 – құбыр; 2 – жылытқыш; 3 – оқшаулағыш шайба

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

Жабық жылытқыштарда (3-сурет) қыздыру кедергілері оларды механикалық әсерлерден және қыздырылатын ортадан, ал герметикалық жылытқыштарда – ауаның кіруінен қорғайтын қаптамада орналастырылады. Жабық және герметикалық жылытқыштарда қыздыру кедергісі ыстыққа төзімді электр оқшаулауымен (фарфор, кварц құмы, периклаз, ыстыққа төзімді миканит) қорғаныс корпусынан оқшауланады, ол бір мезгілде жылу кедергісін бекітуге және кейде герметизациялауға қызмет етеді.

Қазіргі кезде біртұтас герметикалық құбырлы электр жылытқыштар (ТЭН) кеңінен қолданылады (4-сурет), олар ауылшаруашылық өндірісіндегі көптеген жылу процестерінің шарттарын қанағаттандырады.

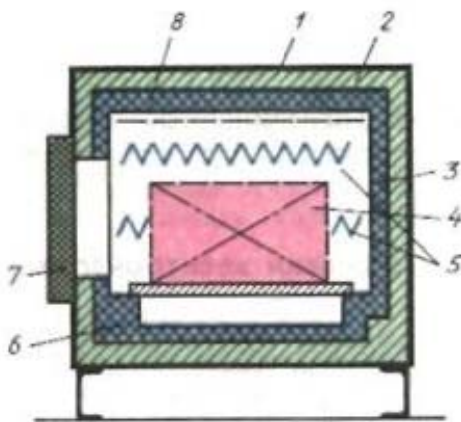


4 сурет. Герметикалық орындалған құбырлы электр қыздырғыш (ТЭН):

1 – нихромды спираль; 2 – түтік; 3 – толтырғыш; 4 – шығару түйреуіші;

5 – герметизациялайтын тығыздағыш жеңі; 6 – бекітуге арналған гайка; 7 – қорытындылар

Жанама қыздырудың қарапайым пеші (5 сурет) механикалық жүктемелерді қабылдайтын 1 қаптамасы бар; ол қабырғаларды, 8 және 6 пештің астына құрайтын отқа төзімді 2 және жылу оқшаулағыш 3 материал қабаттарымен қапталған. 5 қыздыру элементтері қойма бетіне, қабырғаға және ошақтың бір бөлігіне 4 өнімге жылу шығаратын арнайы отқа төзімді арматураның көмегімен бекітілген. Қыздыру элементтерінің материалы жоғары температураға, қоршаған ортаның химиялық әсеріне төзімді үлкен электр кедергісіне ие. Бұл талаптар никель, хром, темір, нихром қорытпаларына сәйкес келеді. Пеште бұйымдарды тиеу және түсіру үшін қызмет ететін тесік бар, ол 7 шегенделген есікпен жабылады [1, 14 б; 2, 6 б].



244

5-сурет. Жанама қыздыру пеші

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

Жанама әсер ететін кедергі пештері кернеуі 380, 660 В үш фазалы желіге немесе төмендеткіш электр пештік трансформаторларға тікелей қосылады. Басқару және автоматты реттеудің коммутациялық аппаратурасы арнайы басқару қалқандарында орнатылады. Цехта пештердің көп мөлшерімен бір бақылау-тарату пункті қолданылады, онда барлық жабдықтар орналастырылады. Кедергі пештерінің температуралық режимін өзгерту үшін олардың қуаты қуат беретін трансформаторлардың кернеу сатыларын немесе арнайы кернеу реттегіштерін, мысалы, тиристорларды ауыстыру арқылы реттеледі.

Тікелей қыздыру пештері жанама әсер ететін кедергі пештерінен түбегейлі ерекшеленеді, онда қыздырылған өнім төмендету трансформаторы арқылы желіге тікелей қосылады. Осылайша, бірдей қимасы бар салыстырмалы түрде ұзын біртекті өнімдерді жылытуға болады (шыбықтар, құбырлар, сымдар, таспалар), өйткені тек осы жағдайларда біркелкі қыздыру қамтамасыз етіледі. Ол дайындамаларды соғу, түсіру, тарту, қатайту үшін қыздыру үшін кеңінен қолданылады.

Электр жылытқышының негізгі және маңызды элементі-қыздыру денесі-жылу кедергісі, ол ауыр температура жағдайында жұмыс істеуі керек. Қыздыру кедергісінің тұрақтылығы жылытқыштың қызмет ету мерзімін анықтайды. Тіпті дұрыс есептелген және жұмыс істейтін жылытқыштардың қызмет ету мерзімі 5-10 мың сағаттан аспайды, ал қондырғылардың құрылымдық бөліктері 5-10 жылға созылады. Сондықтан қыздыру кедергісіне арналған материалдарға бірқатар талаптар қойылады, олардың негізгілері келесідей:

1) ыстыққа төзімділік – жоғары температурада тотығуға төзімділік. Тотығу көлденең қиманың төмендеуіне, қарсылықтың жоғарылауына және прогрессивті бұзылуға әкеледі;

2) ыстыққа төзімділік – жоғары температурада механикалық жүктемелерге төтеп беру қабілеті. Қыздыру кедергісі механикалық түрде жүктелмейді, бірақ өз салмағына төтеп беруі керек;

3) үлкен меншікті электр кедергісі;

4) кедергінің төмен температуралық коэффициенті. Кедергінің өзгеруі қыздыру кезінде өткізгіштің сызықтық кеңеюіне байланысты болады.  $\alpha$  кедергісінің температуралық коэффициенті температураның функциясы болып табылады. Таза металдар үшін  $\alpha$  өте үлкен мәнге ие, шамамен  $0,004^\circ \text{C}^{-1}$ . Сондықтан,  $100^\circ \text{C}$  қызған кезде жылытқыштың кедергісі 40% – ға артады, ал  $1000^\circ \text{C}$  қызған кезде-түпнұсқаға қарағанда 5 есе артады. Кедергінің айтарлықтай өзгеруі түсті металдардың ток өткізгіштеріне шамадан тыс тұтынылуына әкеледі, температура жағдайларын есептеу мен сақтауды қиындатады;

5) электр қасиеттерінің тұрақтылығы (меншікті электр кедергісі);

6) өлшемдердің тұрақтылығы. Кейбір қорытпалар уақыт өте келе "өседі", сызықтық өлшемдер 30-40% өзгереді, бұл қуаттың өзгеруіне әкеледі;

7) жақсы жұмыс қабілеттілігі;

8) төмен құны.

Электр жылытқыштары металлды және металлды емес болып келеді. Металл емес жылытқыштардың ішінде карборунд, силит, карбид, графит, көмір, торий, цирконий, титан оксидтері жиі кездеседі. Металл емес жылытқыштар жоғары меншікті кедергіге ие, сондықтан олар түтіктер, шыбықтар, плиталар немесе үгінділер (криптолалар) түрінде жасалады. Металл емес жылытқыштар жұмыс температурасы  $1300^\circ \text{C}$  дейін жоғары температуралы қондырғыларда (пештерде) қолданылады. Жоғары температурада  $1600^\circ \text{C}$  дейінгі температураға төтеп бере алатын керамикалық металл (дисилицид-молибден) жылытқыштар қолданылады.

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

Металл емес жылытқыштардың кемшіліктері олардың кедергісінің температураға қаты тәуелділігі және жоғары тотығуы, әсіресе ылғалды ортада. Металл емес жылытқыштардың қызмет ету мерзімі 500-ден 2000 сағатқа дейін. Қыздыру құрылғыларындағы таза металдардан вольфрам, молибден, тантал, необий шектеулі қолданылады, олар негізінен экрандар, стендтер және т.б. жасау үшін жоғары температуралы зертханалық пештерде қолданылады.

Жоғарыда аталған талаптарға ең көп сәйкес келетін арнайы хром-никель қорытпалары-нихромдар. Екі және үштік нихромдар болып ажыратылады. Қос нихромдардың құрамында шамамен 20% хром және 80% никель бар (X20H80-H, X20H80T) және қыздыру кедергісі үшін ең жоғары сапалы, бірақ ең қымбат қорытпалар. Үштік қорытпалардың құрамында 13-15% хром, шамамен 60% никель, қалғаны темір (X15H60-H). Бұл арзан материалдар.

Қос және үштік қорытпалардан басқа, жоғары ыстыққа төзімділігі бар никель мен алюминий қоспасының (мысалы, X15H60Ю3А) төмен мөлшері бар нихромдар жиі кездеседі. Нихромдардың орнына одан да арзан темір хром-алюминий қорытпалары қолданылады, олардың ішінде 13% хром, 83% темір және 4% алюминий бар фехраль (X13Ю4) ең танымал. Тот баспайтын болаттан жасалған жылытқыштар да қолданылады, мысалы 1X18H9T және басқалары.

Нихромдар ыстыққа төзімділігі жоғары, жұмыс температурасы 1000-1200°C құрайды. Жылуға төзімділік хром оксидінің беткі қабығымен қамтамасыз етіледі, ол негізгі материалға қарағанда ыстыққа төзімділігі жоғары және тотығу мен терең қабаттардың бұзылуына жол бермейді материал. Нихромның меншікті электр кедергісі жоғары  $(1-1,2) \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , ал кедергінің температуралық коэффициенті төмен – көміртекті болаттарға қарағанда он есе аз. Нихромдар магниттік емес материалдар болып табылады. Қыздыру температурасы төмен қондырғыларда (350°C дейін) құрамында 40% никель мен 60% мыс бар тұрақты реостат қорытпасын қолдануға болады.

Ауылшаруашылық өндірісінде кейбір жағдайларда жылытқыштар мырышталған болат сымнан жасалады. Жылу қорытпасы ретінде көміртекті болат – бұл арзан және қол жетімді материал, оны жақсы өңдеуге болады. Болат жылытқыштардың кемшіліктеріне төмен ыстыққа төзімділік (рұқсат етілген жұмыс температурасы 300-350°C-тан аспайды), төмен меншікті кедергі, кедергінің жоғары температуралық коэффициенті жатады, ол қосылған кезде токтың тұрақты мәнінен 4-5 есе көп көтерілуіне әкеледі. Болат қыздыру элементтерін қолданудың негізгі бағыты – жылыжайлар мен жылыжайларда топырақ пен ауаны жылыту, мал мен құс ғимараттарында еденді жылыту [3, 11 б; 4, 20 б].

#### **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

1. В.С. Газалов «Электротехнология: учебное пособие [Текст]» / зерноград, 2016
2. М.А. Постол «Электротехнология (курс лекций) [Текст]», 2012
3. Ю.С. Крежевский «Электротехнологические установки: учебное пособие [Текст]» / Ульяновск, 2016
4. А.В. Суворин «Электротехнологические установки: учеб. пособие [Текст]» / Красноярск, 2011-27 б.