



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Жылуэнергетикалық
қондырғылар кафедрасы

ЖЫЛУ ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері үшін
зертханалық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2015

ҚҰРАСТЫРҒАНДАР: Бахтияр Б.Т., Муканова Д.Т. Жылу энергиясын өндірудің технологиялық негіздері. 5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері үшін зертханалық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ. Алматы, 2015. - 41 бет.

Әдістемелік нұсқаулықтарда тәжірибе дайындау мен жүргізу, есеп беруді рәсімдеу бойынша тәртіптер, пәннің барлық негізгі бөлімдерін қамтитын тәжірибе жұмыстарының сипаттамалары келтірілген.

Тәжірибе жұмыстарының сипаттамаларында негізгі теориялық аспектілер, жұмысты жүргізу әдістемелері және тәжірибелік қондырғының сипаттамасы, жұмыс орындалу тәртіптері және тәжірибе мәліметтерін өңдеу мәліметтері, ұсынылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Зертханалық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулықтар 5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері үшін арналған.

Сур. 9, кесте. 15, әдеб.- 14 атау.

Пікір беруші: техн. ғыл. канд., С.К. Абильдинова

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2015 ж басылым жоспары бойынша басылды.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2015 ж.

Мазмұны

Кіріспе	4
1 Зертханалық жұмыс №1. Қатты отынның күлділігін анықтау	5
2 Зертханалық жұмыс №2. Қатты отын құрамындағы ылғалдылықты анықтау	7
3 Зертханалық жұмыс №3. Қатты отындағы ұшпа заттарды анықтау	11
4 Зертханалық жұмыс №4. Ортадан тепкіш сорғыны сынақтан өткізу	13
5 Зертханалық жұмыс №5. Піспек сығымдағышты сынау	21
6 Зертханалық жұмыс №6. Үрлегішті градирняда суды салқындатуды зерттеу	27
7 Зертханалық жұмыс №7. ПТ-60/70-90/13 турбина қондырғысы жұмысының техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау	34
А қосымшасы	39
Әдебиеттер тізімі	43

Кіріспе

Пән бойынша зертханалық жұмыстар дәрістік және машықтанулық сабақтарда алынған дағдылары мен білімдерін бекітуге, отынның және жылу тасығыштардың техникалық сипаттамаларын тәжірибелік зерттеу дағдыларын иеленуге бағытталған, жылулық баланс құраушыларын, қазандық қондырғылардың пайдалы әсер коэффициентін, отынның шығысын есептік анықтау және қазандық қондырғының жұмыс тәртібінің оның ПӘК-іне әсерін бағалау дағдыларын иелену.

Жұмысты орындау барысында алдымен әдістемелік нұсқауды, жұмыстың ұсынылған әдебиетін оқып білуі қажет, тәжірибе нұсқаулығын, қондырғының функционалды сұлбасын, тәжірибені жүргізу мен тәжірибе мәліметтерін өңдеу ретін нақты білуі керек. Бұл деңгейде бақылау және өңдеу бойынша хаттама бланкын құрастырған жөн.

Міндетті түрде алынған нәтижелер қателігін бағалау керек және бар әдебиеттердің мәліметтерімен салыстыру керек.

Есеп беру әр студентпен А4 пішінді қағазда орындалады. Жұмыстың мазмұнына кіретіндер:

- 1) Жұмыс мақсаты.
- 2) Қысқашы теориялық мәліметтер және есептік кейіптемелер.
- 3) Тәжірибелік қондырғының қағидалық сұлбасы.
- 4) Бақылау және өңдеу бойынша хаттама, тәжірибе қателігінің бағалауы.
- 5) Талдау нәтижелерін салыстырудан келген, жұмыстан және әдебиеттік мәліметтерден алынған жұмыс бойынша қорытындылары.

Жұмыс барысында техника қауіпсіздігін қатаң түрде ұстану міндетті.

1 Зертханалық жұмыс №1. Қатты отынның күлділігін анықтау

Жұмыстың мақсаты: қатты отынның күлділігін анықтау дағдыларын алу, күлділіктің жану жылуына әсерін оқып үйрену жұмыстың мақсаты болып табылады [1-11].

1.1 Негізгі теориялық мәліметтер мен тәжірибе әдістемесі

Арасандық (минералдық) қоспалар қатты және сұйық отындардың барлық түрлерінде болады.

Отынның органикалық бөлігінде көп болмайды, тек кейбіреуі соңғысымен күрделі химиялық қосылыстар түзеді. Отындағы арасандық қоспалар отынның жанатын бөлігінің салыстырмалы мөлшерін төмендетеді және отынды өндегенде және қолданғанда ықпал етеді.

Қатты отындағы арасанды қоспалардың болуы негізгі үш себепке байланысты:

а) отын түзілген бастапқы органикалық жадығатта (материалдарда) арасандық зат болғандықтан, осындай қоспаның мөлшері отынның құрғақ маңызының 0,5% -нан аспайды. Оларды біріншілік қоспалар деп атайды;

б) органикалық жадығатқа су мен жел арқылы қосылған арасандық заттардан (күм, саз) және бактериялар тіршілік етуінен пайда болғандар (сульфаттар, пирит, карбонаттар және т.б). Бұл арасандық қоспаларды екіншілік деп атайды.

Біріншілік пен қосып оларды ішкі қоспалар деп те атайды, өйткені олар отынның кен орнында орналасқан;

в) отынды қазып алғанда қоршаған тау жыныстарынан арасандардың қосылуынан болады. Бұларды үшіншілік немесе сыртқы қоспалар дейді.

Қатты отындардың қоспалары әр түрлі арасандық заттардан тұрады, олардың негізгілері:

- алюмосиликаттар (сазды заттар);
- каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$;
- кремнезем SiO_2 (күмның негізгі құраушысы);
- карбонаттар $CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$;
- сульфаттар $CaSO_4$, $MgSO_4$, $FeSO_4$ ж.т.б.

Отын жанғанда оның арасындағы бөлігі химиялық түрленуге түсіп күл пайда болады.

$800^{\circ}C$ ыстықтықта ыдырау реакциялары жүріп бітеді. Сондықтан бұл ыстықтық қатты отынның барлық түрлерінің күлділігін анықтағанда үлгіқалыптық (стандарттық) деп қабылданған.

1.2 Талдау жүргізу (тез күлдендіру әдісі) ГОСТ 1122-90 ИСО1171-81

1.2.1 Тәжірибе қатарлас екі сынамамен келесідей жүргізіледі:

- ыдысты өлшеу (қайықша немесе отқа төзімді ыдысты 0,0002 г дәлдікпен);
- араластырылған талдаулық отын сынамасын шпательмен қайықшаға салады да $1 \pm 0,1$ г етіп өлшейді;

- сынамасы бар қайықшаны керамикалық тақташаға қояды да алдын-ала $850-875$ °С-қа дейін қыздырылған муфельдің ашық есігіне орналастырып (1.1 сурет) сынаманы 3 мин. ұстайды (тақтатас үшін 5 мин.). Жалын пайда болса қайықшаны бірнеше секундқа фарфор қақпақпен жабады;

- 3-минуттан кейін қайықша қойылған тақташаны біртіндеп 2 см/мин. жылдамдықпен муфельдің жоғары ыстық жағына жылжытады да $800-830$ °С қа дейін жеткесін есікті жауып 35 мин. тас және қоңыр көмір, антрацитті, ал 20 мин. жанғыш тақтатасты ұстайды;

- муфель пештің қыздыру уақыты 800 °С тан төмен емес ыстықтықтан бастап есептеледі. Қыздырғаннан кейін қайықшамен тақташаны пештен шығарып алдымен ауада 5 минут, сосын эксикаторда бөлме ыстықтығына дейін салқындатады және қайықшаларды өлшейді.

Отынның күлділігін анықтағанда келесі шарттарды орындау керек:

а) күлдену ауа пешке еркін кіргенде өту керек және қайықшалар ашық болуы керек. Отыңға ауа аз келсе, ол қоқыстанып кетуі мүмкін. Пайда болған қоқысты соңына дейін жағу қиын, өйткені реакциялық қабілеттілігі бастапқы отынмен салыстырғанда төмен болады;

б) күлдену кезінде жалынды болдырмау керек, өйткені жалын пайда болса жанбаған қатты отынның бөлшектерін жалын әкетеді. Егерде жалын пайда болса, онда оны сол мезетте қайықшаның қақпағын бірнеше секундқа жауып өшіру керек.

1.2.2 Отынның талдаулық сынамасының күлділігі.

A^T мына кейіптеме арқылы анықталады

$$A^m = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100\% , \quad (1.1)$$

мұнда m_1 -қыздырылған қайықшаның маңызы, г;

m_2 - отын сынамасы мен қайықшаның бастапқы маңызы, г;

m_3 - қыздырғаннан кейінгі сыналған отынның қалдығымен қайықшаның маңызы, г.

1.2.3 Орташа арифметикалық мәнінің екі қатарласын анықтау нәтижелерінің арасындағы алшақтығын салыстырмалы пайызбен беру үшін екі нәтиженің айырмасын орташа арифметикалық мәнге бөлу керек

$$\Sigma = \frac{A_1^m - A_x^m}{\frac{A_1^m + A_2^m}{2}} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

1.1 кесте- Тәжірибе мәліметтерін өңдеу

Өлшемі $\delta \times 10^{-4} \text{ м}$	Сынама нөмері	$m_1, \text{ г}$	$m_2, \text{ г}$	$m_3, \text{ г}$	$A, \%$	$\varepsilon, \%$

Талдау нәтижесін 0,01% дәлдікпен есептейді. Талдауының соңғы нәтижесін ондық үлестегі пайызға дейін дөңгелектейді. 0,5%-дан аспауы керек.

Екі қатарласын анықтау нәтижелерінің арасындағы алшақтық күлділігі 12%-ға дейін отындар үшін 0,2%-дан, күлділігі 12-25% отындар үшін 0,3%-дан, күлділігі 25 %-дан жоғары отындар үшін.

1.2.4 Анықталған отын күлділігін берілген отын үшін анықтамадағымен салыстыру керек.

1.2.5. Тәжірибе нәтижелерін қолдана отырып, жұмыстық маңызға қалыпты құраушысы бар отынның элементарлы құрамын есептеу: $C^{\text{ж}} = 46,4\%$; $H^{\text{ж}} = 2,0\%$; $O^{\text{ж}} = 1,5\%$; $N^{\text{ж}} = 1,7\%$; $S^{\text{ж}} = 2,1\%$; $A^{\text{ж}} = 38,5\%$; $W^{\text{ж}} = 9,9\%$. Мұнда талдаулық массадағы ылғалдылығы $W^{\text{T}} = 1,2\%$.

Жану жылуын Менделеев кейіптемесі (төменгі жану жылу үшін) бойынша, отынның күлділігі өзгергенін ескере отырып, бағалау керек.

Менделеев кейіптемесі:

$$Q_{T2}^{\text{ж}} = Q_{T1}^{\text{ж}} \frac{100 - A_2^{\text{ж}}}{100 - A_1^{\text{ж}}}, \text{ МДж/кг}, \quad (1.3)$$

мұнда $Q_{T1}^{\text{ж}}$ - қатты және сұйық отынның жұмыстық маңызының төменгі жану жылуы, МДж/кг, [12].

1.2 кесте

№	$A^{\text{T}}, \%$	$A^{\text{ж}}, \%$	$C^{\text{ж}}, \%$	$H^{\text{ж}}, \%$	$O^{\text{ж}}, \%$	$N^{\text{ж}}, \%$	$S^{\text{ж}}, \%$	$W^{\text{ж}}, \%$	$Q^{\text{ж}}, \%$

Бақылау сұрақтары:

- 1) Қатты отында қандай қоспалар болады ?
- 2) Отынның арасандық бөлігіне не кіреді?
- 3) Отын жанғанда арасандық бөлік қандай түрлендіруден өтеді?

4) Тақтатас, қоңыр көмір, тас көмірдің күлділігін анықтау үшін қанша уақыт керек?

5) Неліктен талдауды жасаған кезде пештің ыстықтығы 800°C болуы керек?

2 Зертханалық жұмыс №2. Қатты отын құрамындағы ылғалдылықты анықтау

Жұмыстың мақсаты: қатты отынның құрамындағы ылғалдылықты анықтау дағдыларын алу, қатты отынның техникалық сипаттамаларына талдаулық зерттеу жүргізу дағдыларын иелену жұмыстың мақсаты болып табылады.

2.1 Негізгі теориялық мәліметтер

Барлық табиғи қатты отынның құрамында ылғал бар. Сұйық отында ылғал аз мөлшерде болады. Сонымен қатар судың буы табиғи жанғыш газдарда да болады.

Қатты отында су әр түрлі күйде болуы мүмкін: тамшы, отынның бетіне молекулалар қабыршағы болып, органикалық колоидтың және отынның минералды бөлігіндегі қиыршықтардың құрамына кіруі мүмкін. Отынмен байланысына қарай отын ылғалын бірнеше түрге бөледі: гидраттық, сорбциялық, түтікшелік және беттік.

Сорбциялық ылғал. Бұл ылғалдың түрі қатты отынның, түтікшелік-кеуектік құрылысы және колоидтық қасиетінің арқасында молекулалардың өзара әрекеттесуінен отынның бетінде сондай-ақ оның көлемінде ылғалды ұстап тұруына байланысты.

Түтікшелік ылғал деп отын кеуектерінің (түтікшелерінің) ішіндегі ылғалды айтады.

Отынның сорбциялық ылғалының теңесулік күйде болуы сыртқы ыстықтық пен қоршаған ортадағы (ауа) су буының парциалдық қысымына байланысты.

Әртүрлі отынның ауадан ылғалды қалай сіңіретінін салыстыру үшін зертханалық үлгіқалыптық (стандарттық) жағдайларға: 20°C ыстықтыққа және 60% ауаның салыстырмалық ылғалына сай алынған теңдесулік ылғалдылық мәнін қолданады. Осы стандартқа сай отындағы ылғалды сіңірулік (гигроскопиялық) деп атайды.

Беттік ылғал деп отын кесектеріне жұғып олардың бетінде орын алған, сондай-ақ кесектердің арасындағы саңылаудағы суды атайды.

Отынның бетіндегі су қабыршағының болу ұзақтығы бастапқы ылғалдылығына және қоршаған ауа ыстықтығы мен ылғалына тәуелді.

Гидраттық ылғал отынның минералдық қоспаларында және негізінде

силикат (мысалы, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ немесе $\text{F}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) және сульфаттарда ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) болады. Оның үлесі отындағы жалпы су мөлшерінің тек азғантай пайызын құрайды. Судың гидраттық үлесі отын күлділігі өскен сайын өседі.

Кристаллогидраттағы су берілген мөлшерде болады, отынның жалпы ылғалдылығына тәуелді емес және отын жанғанда $150\text{-}200\text{ }^\circ\text{C}$ -та ыдырау барысында аласталады.

Отын ылғалының тәсілдемелік (технологиялық) көрсеткіші жалпы ылғалмен анықталады, әдетте отын сынамасын ауада толық $105\text{-}160\text{ }^\circ\text{C}$ ыстықтықта кептіргенде маңызының азаюы бойынша анықталады және бастапқы маңызға қатысты пайызбен беріледі. Осындай тәсілмен тапқан ылғалға гидраттық ылғал кірмейді.

Жалпы отынның ылғалына әртүрлі бастапқы талдаған сынамалардың күйіне сәйкес арнайы атаулар мен белгілер МЖБСТ (ГОСТ) 27313-87 (МЖБСТ 1750-77) енгізілген:

$W^{\text{ж}}$ -жұмыстық ылғал, W^3 -зертханалық ылғал немесе отынның әуелік-құрғақ ылғалы, W^{T} -талдаулық ылғал, көптеген жағдайларда $W^{\text{T}}=W^3$ деп жуықша алады.

Қатты отындағы ылғал мөлшерін тікелей және жанама әдіспен анықтайды.

Өндірістік және ғылыми - зерттеулік зертханаларда отын ылғалын анықтау үшін әдетте тікелей емес (тездетіп) әдісті қолданады. Кептіргіш шкафта тұрақты маңызға (массаға) дейін қыздырып анықтайды.

Тездетіп кептіру әдісі отынның зерханалық не талдаулық сынамасын табиғи тартуы бар электрлік кептіргіш шкафта (1 сурет) $160 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ыстықтықта кептіруге негізделген. Сосын маңыз шығыны есептеледі МЖБСТ (ГОСТ 27314-91). Бұл әдіс бойынша сыртқы және жалпы ылғал анықталады.

2.2 Тездетілген әдіспен МЖБСТ (ГОСТ27314-91) талдауды жүргізу

Кептіргіш шкаф (2.1 сурет) $160\text{-}165\text{ }^\circ\text{C}$ ыстықтыққа дейін қыздырылады.

Отынның ылғалын жұмыстық маңызда анықтау үшін зертханалық сынаманы қолданады. Талдауды қатарлас екі сынамамен келесідегідей жүргізеді:

- бюксілерді қақпағымен бірге нөмірлеп таразыда өлшейді (таразылайды);
- маңызы $10 \pm 0,1\text{ г}$ зертханалық сынаманы шпательмен алып бюксіге салып, қақпағын жауып таразылайды.

Талдаулық ылғалды анықтағанда бюксіге талдаулық (аналитикалық) сынамадан әрқайсысының маңызы $10 \pm 0,1\text{ г}$ отын бюксіге салынып таразыда өлшенеді.

Бюксіні кептіргіш шкафқа қойып $160 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ -ға дейін кептіреді.

Зертханалық сынама үшін W_3 :

- қоңыр көмір үшін 3 мин.;

- тас көмір, жанғыш тақтатаc, сулап байыту қалдықтары үшін -15 мин.;
- антрацит үшін-20 мин.;

Талдаулық ылғалды анықтау үшін W^T : тас көмір, антрацит, жанғыш тақтатаc және қоңыр көмірдің талдаулық ылғалының маңыздық үлесі 10 %-дан аз болса -5 мин.;

Қоңыр көмірдің талдаулық ылғалының маңыздық үлесі 10%-дан жоғары болса -10 мин.

Бюксінi кептіргеннен кейін кептіргіш шкафтан алып қақпақпен жауып, 2-3 мин. ауада салқындатады, содан кейін бөлме ыстықтығына дейін эксикаторда (20 мин.) салқындатып, содан соң өлшейді.

2.3 Талдау нәтижесін өңдеу

2.4.1 Талдаулық және жұмыстық ылғалдың мөлшерін мына кейіптеме бойынша анықтайды

$$W = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\% , \tag{2.1}$$

мұнда m - отынның кептіргенге дейінгі маңызы, г;
 m_1 - отынның кептіргеннен кейінгі маңызы, г.

Нәтижені есептеу дәлдігі үтірден кейін екінші цифрға дейін және соңғы нәтижені үтірден кейін бір цифрға дейін дөңгелектейді.

2.2.2 Екі қатарлас нәтиженің арасындағы алшақтық келесіден аспауы керек:

$W^ж$ -0,3 сал %, W^T -0,2 сал %, ылғал мөлшері 10% дейін болғанда;
 ылғал мөлшері 10%-дан жоғары болғанда екі қатарлас нәтижелердің арасындағы алшақтық келесіден аспауы керек:

$W^ж$ -3,0 сал %, W^T -0,3 сал %.

Алшақтық салыстырмалы пайызбен екі қатарлас анықталған екі нәтиженің айырмасын орташа арифметикалық мәнге бөліп анықтайды:

$$\varepsilon = \frac{W_1^p - W_2^p}{\frac{W_1^p + W_2^m}{2}} \cdot 100\% . \tag{2.2}$$

Тәжірибе мәліметтері және оларды өңдеу.

2.1 кесте

Өлшемі $\delta \times 10^{-4} м$	Сынама нөмері	$m_1, г$	$m_2, г$	$W, \%$	$\varepsilon, \%$

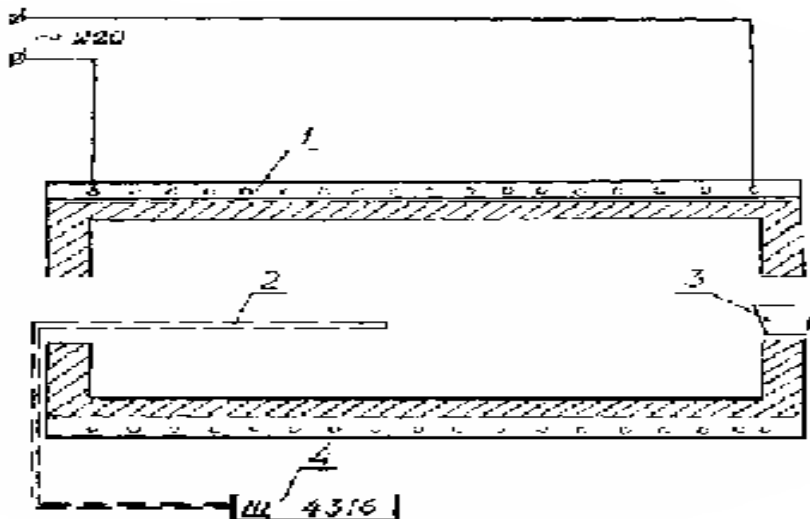
2.2.3 Отын ылғалының анықталған нәтижесін берілген отын түрі үшін анықтамадағымен салыстыру керек.

2.2 кесте - Қатты отынның есептік сипаттамалары

Бассейн, алабы	Жұмыстық масса арқылы отын құрамы, %						Төменгі жану жылуы, ккал/кг
	W ^ж	A ^ж	C ^ж	H ^ж	N ^ж	O ^ж	Q ^ж
Екібастұз	7,0	38,1	43,4	2,9	0,8	7,0	14000
Қарағанды	8,0	27,6	54,7	3,3	0,8	4,8	3880

Бақылау сұрақтары:

- 1) Гидраттық ылғал деген не?
- 2) Сорбциялық ылғал деген не?
- 3) Түтікшелік (капиллярлық) және беттік ылғал деген не?
- 4) Жұмыстық, зертханалық, талдаулық сынама деген не?
- 5) Не үшін сынаманы кептіргеннен кейін эксикаторға қояды?
- 6) Қандай ылғалды гигроскопиялық ылғал деп атайды?
- 7) Отынды 150 °С-қа дейін қыздырғанда қай ылғал аласталады?



2.1 сурет - Кептіргіш шкаф

3 Зертханалық жұмыс №3. Қатты отындағы ұшпа заттарды анықтау

Жұмыстың мақсаты: отынның техникалық сипаттамасы ретінде қарастырылатын ұшпа заттарды тәжірибелік зерттеуде дағдылану жұмыстың басты мақсаты болып табылады.

3.1 Негізгі теориялық мәліметтер мен тәжірибе әдістемесі

Табиғи қатты отын ошақ құтысына түсіп қызғанда қоршаған ортаға ұшпа заттар бөлінеді. Осының нәтижесінде көміртеппен күлден тұратын қалдық пайда болады.

Ұшпа заттардың пайда болуы отынның органикалық бөлігінің күрделі ыстықтық ыдырау құбылысымен байланысты және олардың мөлшері отынды қыздыру тәртібіне тәуелді.

Ұшпа заттардың құрамы жанбайтын және жанатын болып екіге бөлінеді. Жанатын бөлікке: CO, сутек, әртүрлі көмірсутектер және жанбайтын бөлікке: азот, CO₂, O₂ су буы және т.б. жатады.

Ұшпа заттар отында дайын күйде болмайды, отынды қыздырғанда ыдырау нәтижесінде түзіледі. Сондықтан ұшпа заттардың мөлшерін бағалағанда ұшпа заттардың шығуы деп айтамыз.

Ұшпалардың шығуы әртүрлі отын үшін әртүрлі болады. Шымтезек үшін ұшпалардың шығуы -70 %, қоңыр көмірлер үшін 40-60 %, тас көмірлер үшін -10-40 %, антрацит үшін - 2-9 %.

Ұшпа заттардың бөлінуі және жануы қатты отынның жануына күшті ықпал етеді: ең алдымен тұтануына сосын кокс қалдығының жанып бітуіне.

Ұшпа заттардың шығуын анықтағанда біраз қиындықтар кездеседі. Ұшпа заттардың шығуы алдымен қыздыру ыстықтығына тәуелді, ол өскенде ыдырау тереңірек жүргендіктен өседі. Ұшпаның шығуы қыздыру жылдамдығына да тәуелді, ол өскенде ұшпаның шығуы өседі. Ұшпаның шығуына сынаманың мөлшері, пеште болу уақыты, отын қабатының қалыңдығы, сынама салынған тигелдің маңызы, жылуөткізгіштігі және т.б. ықпал етеді. Демек қайталанатын нәтижелер алу үшін тәжірибе жағдайларын үлгіқалыптау керек.

Ұшпа заттардың негізгі бөлігі отынды 800-850 °C-қа дейін қыздырғанда шығады. Ыстықтықты одан әрі өсіргенде ұшпаның шығуы аз өседі. 1200 °C-та орташа 2-5 %-ға өседі.

Сондықтан үлгіқалыптық (стандарттық) әдіс бойынша ұшпа заттардың шығуын анықтау 850±10 °C-та жүргізіледі. Көрсетілген жағдайды қамтамасыз ету үшін муфель пешінде термопара көмегімен бақыланатын тұрақты ыстықтық аймағы болуы керек.

3.2 Талдау жүргізу. МЖБСТ (ГОСТ) 6382-91 ИСО-562-81

Талдау қатарлас екі талдаулық сынамамен жүргізіледі:

- а) тигелдерді қақпағымен бірге 0.0002 г дәлдікпен өлшейді;
- б) шпательмен талдаулық сынамадан 1±0.1 г отынды алып, тигельге салып, қақпағын жауып өлшейді;

в) қақпағы ішінара жабылған тигельдегі отынды тезірек 860 °С-қа дейін қыздырылған пешке қояды. Тигельді пешке қойғанда төмендеген ыстықтық 850 ± 10 °С –қа 3 мин.-тан аз уақытта жетуі керек;

г) жабық пеште тигельдерді 7 мин. ұстайды. Тигельдер тұрған тақтайшаны пештен шығарып қақпақтарын ашпай алдымен ауада 5 мин., сосын эксикаторда бөлме ыстықтығына дейін салқындатып өлшейді.

Ұшпаның жануын пеш есігіндегі тесік арқылы бақылауға болады. Тигель қақпағы ішінара жабылғандықтан ұшпалардың тигельден шығуына бөгет жасамайды және тигельге ауадан оттектің кіруіне бөгет етеді.

Талдаулық маңызға қатысты алынған ұшпа заттардың шығуы мына кейіптемеден анықталады

$$V^T = (m_2 - m_3)(100 - W^T) / (m_2 - m_1) \quad (3.1)$$

мұнда m_1 - қақпағымен бос тигельдің маңызы, г;

m_2 - қақпақ пен отын бар тигельдің қыздырудан бұрынғы маңызы, г;

m_3 - қақпақ пен ұшпайтын қалдық бар тигельдің қыздырудан кейінгі маңызы, г;

W^T - талдаулық сынамадағы ылғалдың маңыздық үлесі, %.

Анықтау нәтижелерін 0.01% дәлдікпен есептейді. Егер тигельдің сыртқы бетінде қара дақ болса, онда тәжірибе жарамсыз деп саналады.

Бір талдаулық сынама бойынша ұшпа заттардың шығуының екі қатарлас анықтау нәтижелерінің алшақтығы:

- ұшпа заттардың шығуы 9 %-дан аз болғанда 0,3 %-дан;
- ұшпа заттардың шығуы 9 %-дан 45 %-ға дейін болғанда 0,5 %-дан;
- ұшпа заттардың шығуы 45 %-дан үлкен болғанда 1,0 %-дан аспауы керек.

Тәжірибе мәліметтері және есептеу нәтижелері 3.1- кестеге жазылады.

3.1 кесте

Сынама нөмері	°С	$m_1, г$	$m_2, г$	$m_3, г$	$W^T, \%$	$A^T, \%$	$V^T, \%$	$V^{жан}, \%$

Жанатын маңызға келтіру мына кейіптеме бойынша жүргізіледі

$$V^{жан} = V^T \frac{100}{100 - W^T - A^A}, \% \quad (3.2)$$

мұнда A^T -сыналған отынның талдаулық сынамасының күлділігі, %.

3.3 Ұшпайтын қалдықты жіктеу

Ұшпа заттар шыққаннан кейін тигельдегі ұшпайтын қалдықты беріктігі, тығыздығы және қабарулығы (вспучивание) бойынша сипаттайды (МЖБСТ 6382-63):

- ұнтақ тәрізді;
- жабысқан –саусақпен ақырын басқанда ұнтаққа айналады;
- балқып жентектелген – бөлек кесектерге жару үшін күш жұмсау керек;
- балқып жабысқан қабармаған – бетінің күміс металдық жарқылы (блеск) бар жазық жайма (лепешка);
- балқып жабысқан (қабарған) – биіктігі 15 мм-ден кіші күміс металдық жарқылы бар қабырған;
- балқып жабысқан (күшті қабырған) - қалдықтың биіктігі 15 мм-ден үлкен күміс металдық жарқылы бар.

Егер кеуекті кокс түзілсе, онда отынды жентектелетінге жатқызуға болады. Нашар жентектелетін көмірлер үшін кокс жабысқан болып шығады. Жентектелмейтін көмірлер үшін тигельдегі қалдық ұнтақ түрінде болады.

Ұшпаның шығуы үшін алынған нәтижені берілген отын үшін анықтамадағымен салыстыру керек

Бақылау сұрақтары:

- 1) Ұшпа заттар құрамына қандай газдар кіреді?
- 2) Ұшпаның шығуын анықтау тәжірибесінде қандай ыстықтық және уақыттық шарттар орындалуы керек?
- 3) Отынның ұшпайтын қалдығының қандай түрлері болады?
- 4) Ұшпаның шығуы отынның тұтануына қалай ықпал етеді?
- 5) Кокс деген не?
- 6) Қай ыстықтықта отынның ыстықтық ыдырауы басталады ?

4 Зертханалық жұмыс №4. Ортадан тепкіш сорғыны сынақтан өткізу

Жұмыс мақсаты: ортадан тепкіш сорғының жұмысын зерттеу арқылы мәліметтер жинау.

4.1 Теориялық мәліметтер

Ортадан тепкіш сорғыларды сынау арқылы оның жұмысы жайында техникалық сипаттамалар аламыз. Техникалық сипаттамаларға мынандай тәуелділіктер жатады: сорғының берісімен байланысты тегеурін, сорғының пайдалы қуаты, пайдаланған қуаты, ПӘЕ-і. Бұл тәуелділіктерді графикалық сұлбалардан көре аламыз.

Беріс - белгілі уақыт бірлігінде қозғайтын сұйық мөлшері. Берістің екі түрі болады: көлемдік және маңыздық. Айдағыш құбырдағы су шығысын өлшеу арқылы сорғы берісін анықтайды. Бұл жұмыста сорғының берісі сорғының кірісі мен шығысындағы қысым құламасының тәуелділік сызбасы арқылы анықталады.

Шығыс мөлшерін тегеуріндік құбыршада орнатылған шығысөлшеу тарылтқышына шаққылық қысымөлшерді жалғап дәлірек өлшей аламыз. Жалпы тарылғы үшін газ сұйықтың көлемдік шығысы мына кейіптемемен анықталады:

$$Q_0 = \alpha \varepsilon \sqrt{2} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (4.1)$$

Бұл кейіптемедегі еселеуштерді және тарылтқыштың есебі А қосымшада келтірілген.

Тегеурін – сорғының шығысы мен кірісіндегі сұйықтың меншіктік қайратының айырмасы:

$$H = (z_H - z_с) + \left(\frac{P_H}{\rho g} - \frac{P_с}{\rho g} \right) + \frac{w_H^2 - w_с^2}{2g}, \text{ м} \quad (4.2)$$

мұндағы $P_с, P_H$ – сорғының кірерде және шығардағы абсолютті қысымдары, Па;

$w_с, w_H$ – сорғының кірісіндегі және шығысындағы сұйықтың сәйкес орташа жылдамдығы, м/с;

$z_с, z_H$ – қысым өлшенетін қима орталықтарының биіктігі, м.

$P_H/\rho g$ және $P_с/\rho g$ өлшемдерін мына түрде келтіруге болады:

$$\frac{P_H}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + M_H, \text{ м}, \quad \frac{P_с}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + M_с, \text{ м}, \quad (4.3)$$

мұндағы P_a – атмосфералық (барометрлық) қысым, Па;

M_H – сорғы шығысындағы артық қысым (манометрлік), м. су бағанасы;

$M_с$ – сорғы кірісіндегі артық қысым (манометрлік), м. су бағанасы;

Сорғының кірісіндегі және шығысындағы тесіктердің диаметрі бірдей болғандықтан, сорғының кірісіндегі және шығысындағы судың жылдамдықтары тең болады, $w_с = w_H$. Сорғы кірісіндегі тегеуріндік қысымөлшер мен вакуумметр бір деңгейде орналасқандықтан $z_H - z_с = 0$. Бұл жағдайды және (4-3) ескере отырып, былай жазуға болады:

$$H = M_n - M_в, \text{ м.} \quad (4.4)$$

Сорғының пайдалы қуаты – келтірілген сұйыққа сорғымен берілетін қуат:

$$N_n = \rho g Q H, \text{ Вт,} \quad (4.5)$$

мұндағы Q – (4-1) кейіптеме арқылы анықталатын, сорғы арқылы өтетін сұйықтың шығысы, $\text{м}^3/\text{с}$.

Электр қуаты – электрқозғалтқыш клеммасындағы қуаты. Үш фазалы электрқозғалтқыштар мына кейіпте қолданылады:

$$N_э = IU, \text{ Вт,} \quad (4.6)$$

мұндағы I – ток күші, А;

U – кернеу, В;

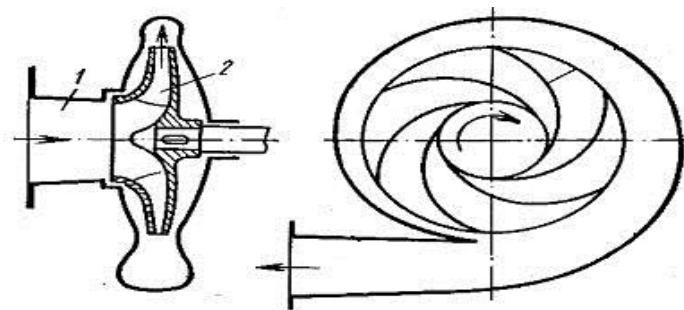
Сорғының пайдалы әсер еселеуіші – сорғының қайрат пайдалану тиімділігін көрсетеді. Сорғының ПӘЕ-і сорғы пайдаланған қуаттың жалпы (электр) қуатқа қатынасы:

$$\eta = \frac{N_n}{N_э} = \frac{\rho g Q H}{N_э}. \quad (4.7)$$

Сорғының жұмыс аймағы – сорғының рұқсат етілетін ПӘЕ ескеретін жұмыс тәртіптер аймағы. ГОСТ бойынша сорғының максималды ПӘЕ-інен 7% өзгеруінен жұмыс істеу тәртіптеріне рұқсат етеді.

4.2 Ортадан тепкіш сорғының құрылғысы

Ортадан тепкіш сорғының құрылғысы 4.1 суретте көрсетілген



1- кіру құбырша; 2 – жұмыс дөңгелегі.

4.1 сурет - Ортадан тепкіш сорғының сұлбасы

4.3 Зертханалық қондырғы

Зертханалық қондырғының сұлбасы 4.2 суретте көрсетілген.

Қондырғының жалпы түрі 4.3 суретте келтірілген. Су бақтан 1 құбыр 2 арқылы сорғының кірісіне келеді. Сорғыдан кейін су құбырмен қайтадан бақтің ішіне құйылады.

3-8 шарлы жапқыш көмегімен сорғыларды әртүрлі сұлба бойынша қосуға болады.

Тура реттейтін реттегіш арқылы судың шығысын 0 ден максимумға дейін реттеуге болады.

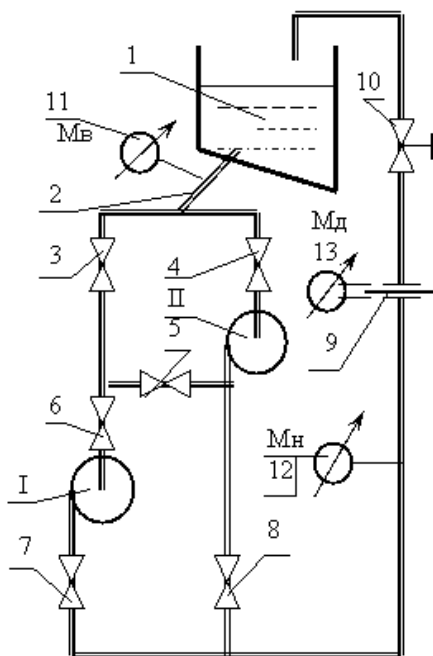
Қысымның құламасын электрондық дифференциалдық манометрмен 13 өлшеуге болады, тегеуірінді – электрондық манометрмен 12.

Қысымның құламасын электрондық дифференциалдық манометрмен 13 өлшеуге болады, тегеуірінді – электрондық манометрмен 12.

4.4 Қондырғының сипаттамасы

Зертханалық қондырғы ортадан тепкіш сорғылардың сипаттамасын әртүрлі қосқанда анықтау үшін құрастырылған.

Қондырғының құрамына екі сорғы, шығыс өлшейтін диафрагма, тура реттейтін реттегіш, құбырлар, шарлы жапқыштар және су құйатын бак кіреді (4.2 сурет).



4.2 сурет – Қондырғының сұлбасы

Қондарғыда вакуумметр, манометр, дифференциалдық манометр, вольтметр және амперметр өлшеулік приборларды орнатқан.

Сорғылар. 2 ортадан тепкіш сорғы WILO MP 603-EM/C. Берісі $Q_{ont} = 8 \text{ м}^3/\text{сағ.}$; максимал тегурін $H_{макс} = 32 \text{ м}$; электроқозғалтқыштың қуаты $P_1 = 0,84 \text{ кВт}$, $P_2 = 0,55 \text{ кВт}$; кернеу: $U = 220 \text{ В}$, 50- Гц; максимал ток $I_{макс} = 4 \text{ А}$.

Шығыс өлшеу диафрагма ДФК. Диафрагманың тесіктің диаметрі $d' = 17,669 \text{ мм}$; құбырдың диаметрі $D' = 32 \text{ мм}$. Жапқыш инелі, микрометрлік, бөлігі – 0,1.

Құбырдың диаметрі $d_1 = 20 \text{ мм}$, $d_2 = 26 \text{ мм}$.

Қондырғыда вольтметр Э 378 0-250 В, 250 В және сандық амперметр DELIXI SX-48 – 5 А. орнатылған.

Жұмыстық орта – су. Судың тығыздығы $\rho_{20}^s = 998 \text{ кг/м}^3$.



4.3 сурет – Ортадан тепкіш сорғының жалпы түрі

4.5 Жұмысты орындау үшін тапсырма

Диафрагмадан судың шығысын анықтайтын кейіптемесін шығару керек (А қосымшасы).

Сорғының ПӘЕ-ін салыстырмалы қателікті есептеу (Б қосымшасы).

ПӘЕ-ін салыстырмалы қателіктің сорғының берісіне тәуелді екенін анықтау керек.

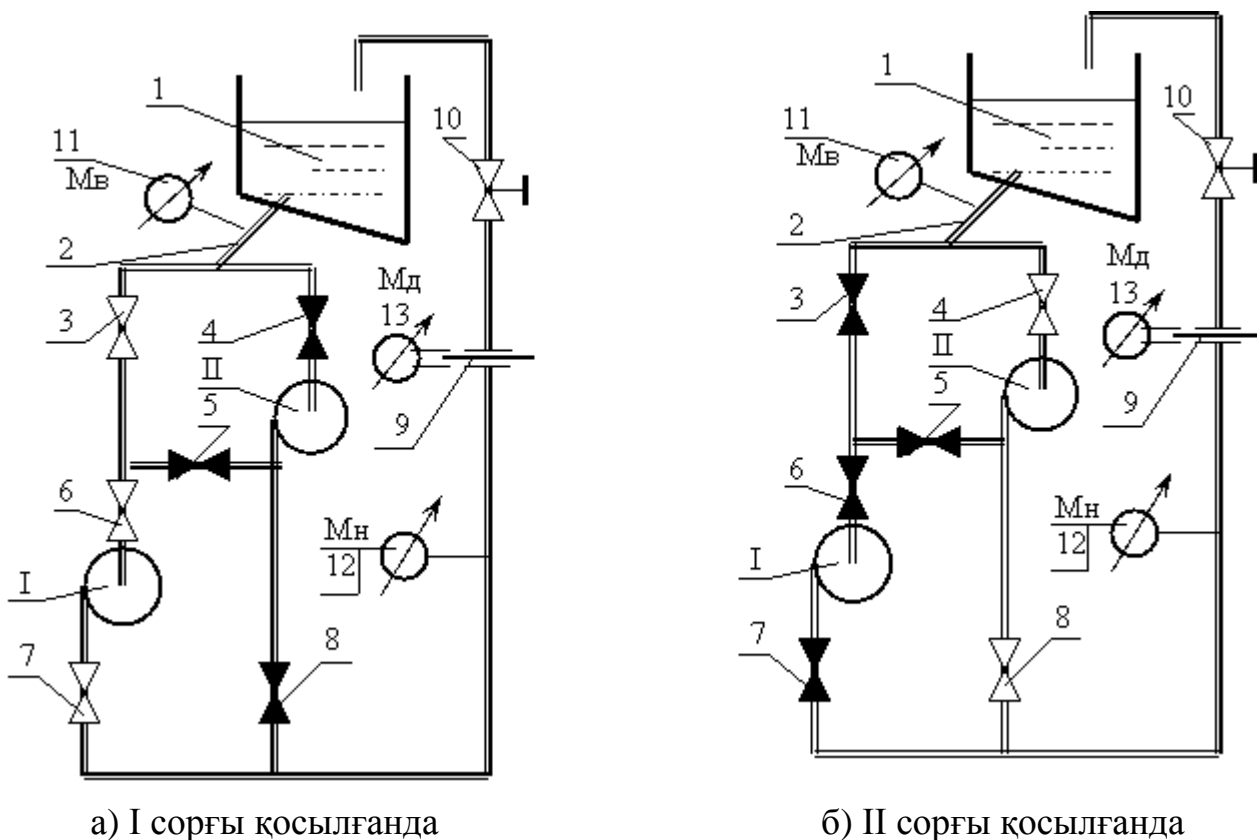
4.6 Жұмыстың орындалу тәртібі

4.6.1 Бақтағы суды тексеру керек. Судың деңгейі шығысөлшегіш диафрагмаға қосылған орында импульсті түтіктің жоғары болу керек. Егер олай болмаса суды толтыру керек.

4.6.2 *I* сорғы жұмыс атқарғанда 3, 6, 7 жапқыштар ашық, 4, 5, 8 – жапқыштар жабық болу керек. *II* сорғы жұмыс атқарғанда 4, 8 жапқыштар ашық, қраны 3, 5, 6, 7 – жапқыштар жабық болу керек.

4.6.3 Жалпы көректік ажыратқыш 14 пен электронды приборлардың көректік ажыратқышын 17 қосу керек. Содан кейін 15 және 16 ажыратқышты қосу керек.

4.6.4 Реттегіштің 10 толық жабық кезінде, вольтметр, амперметр, манометрлердің көрсеткіштерін 4.1 кестеге еңгіземіз.



4.4 сурет

Сорғы қосылмас бұрын дәл реттейтін реттегіш 10 жабық болуы қажет.

4.4 суретте жапқыш жабық болғанда кара белгімен, ал ашық болғанда ақ белгімен көрсетілген.

4.6.5 0,3 және 0,4 бөлікте дәл реттелген реттегішті ашып, приборлардың көрсеткіштерін кестеге жазу керек.

0,1 бөлігінен дәл реттелген реттегішті 1,0 дейін ашып, содан кейін реттегішті 0,2 бөлігінен 2,0-ге дейін, содан соң 0,4 - 5,0 дейін өзгерте отырып ашып ағын тәртібін орнатқаннан кейін әр көрсетудегі барлық приборлардың көрсетуін жазу керек

4.6.6 Тексеру үшін кері бағытта бірнеше өлшеулер жасау керек.

Жұмыс аяқталғаннан кейін дәл реттелген реттегішті жауып, құрылғылар мен сорғыны ажырату қажет.

4.1 кесте – Жұмысты жасау хаттама

Тура реттелген реттегіштің көрсетуі	U	I	P_B	P_H	Δp_δ
	B	a	KPa	MPa	KPa

4.6.7 Берілген мәліметтер мына кейіптеме арқылы есептелінеді (4.4) – (4.11). Өңделген нәтиже 4.2 кестеге жазылады.

4.6.8 1.2 кестедегі мәліметтер бойынша қатар қосылған екі сорғының сипаттамаларын тұрғызу керек:

$H = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $N_{II} = f_3(Q)$; $\eta = f_4(Q)$, $\Delta p_\delta = f(Q)$ және жұмыс нүктесін табу керек.

4.2 кесте - Өңделген нәтиже

Тура реттелген реттегіштің көрсетуі	Q	H	N_{II}	$N_{ЭЛ}$	Δp_δ	η	$(\delta\eta/\eta) \cdot 100$
	m^3/c	m	Bm	Bm	m		%



4.6.9 Барлық тәуелділіктер бір суретке миллиметрлік қағазға салынады.

4.6.10 Сорғының сипаттамаларда жұмыс аймағын көрсету (сорғының ең максимал ПӨЕ-ден 7 %).

4.6.11 Әртүрлі беріске байланысты ПӨЕ-нің салыстырмалы қателікті анықтап (Б қосымшасы) және кесте тұрғызу керек.

4.6.12 Шыққан мәліметтер бойынша қорытынды жасаңдар.

Бақылау сұрақтары:

- 1) Сорғының жұмыс істеу қағидасын түсіндіріңіз.
- 2) Сорғының қандай түрлері бар?

- 3) Реттегіш клапан не үшін қажет?
- 4) Ортадан тепкіш сорғының сипаттамасын түсіндіріңіз.

5 Зертханалық жұмыс №5. Піспек сығымдағышты сынау

Жұмыстың мақсаты: піспек сығымдағышты сынауды үйрену.

5.1 Теориялық мәліметтер

Сығымдағыш – қысымы 1,15–тен жоғары сатылы сығымдалған газды алу үшін және оның құбырға әкелу машинасы.

Сығымдағыштың жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштері, көлемді беріс Q қысымның жоғарылау дәрежесі $\varepsilon = p_2/p_1$ және сығымдағышты біліктің қуаты N . Құрылмалы нышанына байланысты сығымдағыштарды піспекті, айналғышы ортадан тепкіш және орталықты деп бөліп көрсетуге болады. Зертханалық жұмыста піспек сығымдағыштың сипаттамасын зерттейді.

Бір сатылы сығу піспек сығымдағыштың қарапайым сұлбасы b – суретте көрсетілген. Піспектің кері түсіру қозғалысында фазаның кеңеюі, соруы, сығу және изотермиялы болады. 6.2 – суретте төрт процесс көрсетілген, политроптың көрсеткіштерімен ерекшеленеді: 1-2 изотермиялы, 1 – 2 изотропты, 1 – 2 алыну әкету политропты, 1 – 2 – 3 – 4 $p - v$ диаграммасында теориялық жұмыс болғандықтан, изотермиялық процесте газдың сығылуы тұрақтыстықтық жағдайында болуы қажет. Бірақ нақты жағдайда изотермиялы сығуды жүзеге асыру мүмкін емес, сондықтан теориялық жұмысты нақты процестің сығуын орындаумен анықтайды.

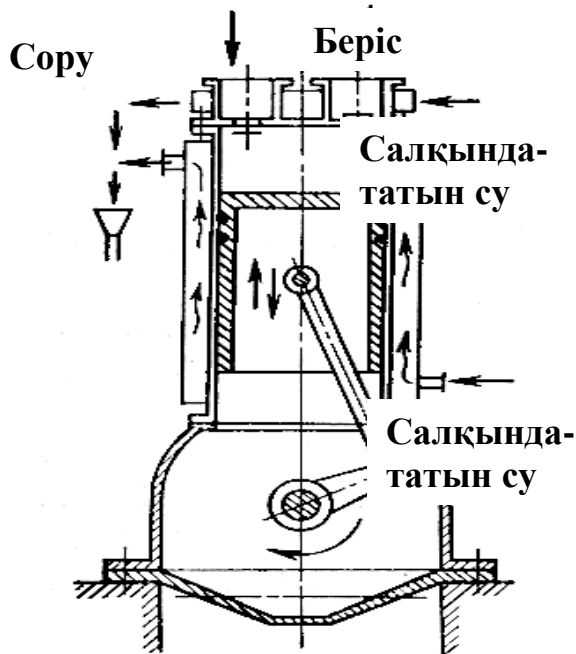
Теориялық жұмыстың шамасын анықтау үшін бұл процестің политропты көрсеткіштерін анықтау қажет.

Ол үшін сығымдағышты сынау кезінде ауаның соруағы қысымы мен ыстықтығын өлшеу қажет, сонымен қатар жұмыс тәртібі орнатылған шарт бойынша сығылған ауаның қысымын және ыстықтығын өлшеу қажет. Политроптың көрсеткіші келесі теңдеумен анықталады.

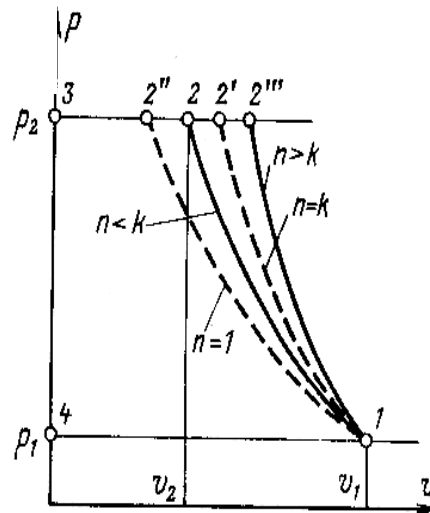
$$n = \frac{\lg\left(\frac{p_2}{p_1}\right)}{\lg\left(\frac{T_1}{T_2} \frac{p_2}{p_1}\right)}, \quad (5.1)$$

мұнда p_1, p_2 сығымдағышқа дейінгі және сығымдағыштан кейінгі абсолютті қысым, Па;

T_1, T_2 – сығымдағышқа дейінгі және кейінгі ауаның абсолютті ыстықтығы,
К.



5.1 сурет - Бір сатылы піспекті сығымдағыш



5.2 сурет - P-V диаграммасы

Политропты процестің теориялық жұмысы келесі тендеумен анықталады

$$L_0^{пол} = \frac{n}{n-1} R \cdot (T_2 - T_1), \quad (5.2)$$

мұндағы R – газ тұрақтысы, ауа үшін $R = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

Нақты жұмыс 1 кг газдың сығылуы

$$L_0 = \frac{N_э \eta_{дв}}{G}. \quad (5.3)$$

Бұл кейіптемеде

$$N_э = IU, \quad (5.4)$$

$N_{эл}$ – қозғалтқыштың электрлі қуаты, Вт;

$\eta_{дв}$ - қозғалтқыштың ПӘК – і ;

G – Сығымдағыштың орташа массасы өндірулігі, кг/с.

$$G = \rho \cdot Q, \text{ кг/с}, \quad (5.5)$$

көлемдік өндірулігі, $\text{м}^3/\text{с}$;

мұнда Q – сығымдағыштың

ρ – ауаның тығыздығы, мына кейіптемемен анықталады

$$\rho = \rho_{20}^1 \cdot \frac{293 \cdot p_a}{B_{20}^1 \cdot T}. \quad (5.6)$$

ρ_{20}^1 и B_{20}^1 - қалыпты жағдайда, яғни температурасы 20^0C және қысымы 1 бар болғанда ауаның тығыздығы мен барометрлік қысымы;

$$\rho_{20}^1 = 1,1893718 \text{ кг/м}^3;$$

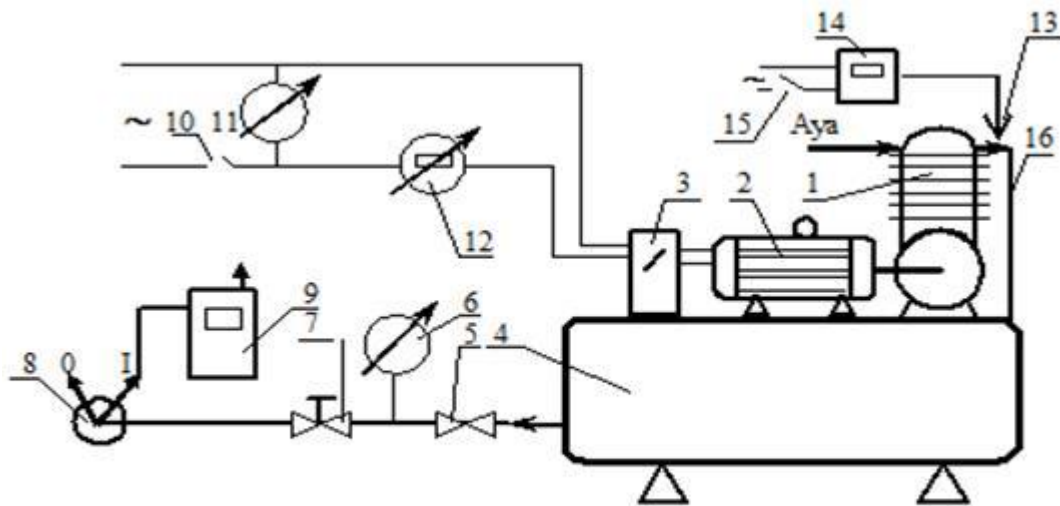
$$B_{20}^1 = 100000 \text{ Па}.$$

Сығымдағыштағы политропты, немесе «элементарлы» ПӘК – і бұл жерде теориялық жұмыстың нақты жұмысқа қатынасы ретінде анықталады;

$$\eta_n = \frac{L_0^{нол}}{L_0}. \quad (5.7)$$

5.2 Қондырғының сипаттамасы

Қондырғының сұлбасы және бақару орны 5.3 және 5.4 суреттерде көрсетілген. Қондырғының құрамында: сығымдағыш 1, электромотор 2, қысым реттегіш 3 және ресивер 4.



5.3 сурет- Қондырғының сұлбасы



5.4 сурет - Қондырғының басқару орны

Атмосфералық ауа p_1 қысыммен сығымдағышта p_2 қысымға дейін сығылып 16 құбыр арқылы ресивер 4 жіберіледі. Ресиверден кейін, қысымды тура реттеу үшін инелі жапқышты 7 орнатқан. Қысым манометр 6 арқылы өлшенеді.

Ауаның температурасы терможүп 13 және электрондық термометр 14 көмегімен анықталады.

Пайдаланған қуатты есептеу үшін, вольтметр 11 және сандық амперметр 12 көрсеткіштерін қолданады.

5.3 Сығымдағыш қондырғының сипаттамасы

Қондырғы піспек сығымдағыштың жұмысын зерттеуге арналған.

Сығымдағыш FIAC. Номин.алды өнімділігі $Q_{ном} = 170$ л/мин.; максималды қысым $P_{макс} = 8$ бар.

Қуат $N = 1,1$ кВт, максимал ток $I_{макс} = 7,5$ А, айналу саны $n = 2800$ айн/мин., кернеу 220 В, қозғалтқыштың ПӘЕ $\eta_{дв} = 0,85$.

Жұмыстық орта – ауа. Газ тұрақтысы $R = 287$ Дж/(кг·град).

5.4 Жұмыстың орындалуына тапсырма

5.4.4 Массалық өнімділігі қысымнан тәуелді екенін анықтау керек.

5.4.5 1 кг сығылу үшін, теориялық және нақтылық жұмыс арқылы сығылу политроптық процестің ПӘЕ-ін анықтау керек. Сығымдағыштың ПӘЕ-ін есептеңіз.

5.4.6 Салыстырмалы қателікті есептеңіз.

5.5 Жұмыстың орындалу тәртібі

5.5.1 Бөлмедегі температурасын және атмосфералық қысымды өлшеу керек.

5.5.2 Өшіргішпен 15 термометрді 14 қосу керек. Өшіргішпен 15 сығымдағышты қосыңдар. Реттегішпен 8 манометр 6 арқылы берілген қысым орнатыңдар.

5.5.3 Сығылу ауаның температурасы тұрақты болғанша күтіңдер. Аспаптардың көрсеткіштерін жазып алыңдар. Ауаның шығысын есептеңдер.

5.5.4 Манометр арқылы қысымды өзгертіп, барлық өлшемдерді қайтадан өлшеп жазып алыңдар.

5.5.5 Өлшеген мәліметтерді 5.1 кестеге толтырыңдар.

5.1 кесте - Өлшеген мәліметтер $p_a =$ Па; $t =$ °С;

№	U	I	p_2	t	Q
	В	А	атм	°С	л/мин.
1					
2					
3					

5.5.6 Есептелген мәліметтер 5.2 кестеге жазылынады.

5.2 кесте - Өңделген мәліметтер

№	$Q \cdot 10^3$	$G \cdot 10^3$	T_2	p_2	$N_{Э}$	n	$L_0^{нол}$	L_D	η_n	$\delta\eta_n/\eta_n$	$\delta G/G$
---	----------------	----------------	-------	-------	---------	-----	-------------	-------	----------	-----------------------	--------------

	m^3/c	$кг/с$	0K	$Па$	$Вт$		$Дж/кг$	$Дж/кг$			

5.5.7 G, n, t, L_0 және η_n қысымға p_2 тәуелді екенін сызба салыңыздар.

5.5.8 Жұмысты қорғау үшін келесі әдебиетті білу қажет: [14, б. 281-307, 338-378].

Бақылау сұрақтары:

- 1) Сығымдағыштың жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер.
- 2) Сығымдағыштың теориялық жұмысын анықтау үшін қандай көрсеткіштерді табу керек?
- 3) Сығымдағыштың политропты ПӘК-і қандай шығындарды ескереді?
- 4) Сығымдағыштық қондырғының жұмыс істеу қағидасы?
- 5) Сығымдағыш түрлері.

6 Зертханалық жұмыс №6. ПТ-60/70-90/13 турбина қондырғысы жұмысының техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау

Жұмыс мақсаты: ПТ-60/70-90/13 турбина қондырғысының жылулық сұлбасын зерттеу, техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеп талдау.

6.1 Теориялық мәліметтер

6.1-суретте екі реттелетін бу алуы бар (өндірістік және жылуландырулық) «ПТ» шықтық (конденсационная) шығырдың қағидалық жылулық сұлбасы келтірілген. Мұндай шығырлар жылу және электр қайраттарын қатарлас өндіру үшін өнеркәсіптік–жылуландыру ЖЭО-да орнатылады. Бу түрінде жылу турбинаның өндіріс алуынан жіберіледі, жылыту және ыстық сумен қамдау үшін ыстық су шығырдың жылуландырулық алудан алынған төмен потенциалды бумен қыздырылып жіберіледі. Жылуландырулық алудан алынған бу ЖЭО-дың негізгі бойлерінде желілік суды ысыту үшін қолданылады. Сыртқы ауаның температурасы төмен кезінде желілік су жылу желісінің температуралық сызбасына (график) сәйкес шыңдық су қыздырғыш қазанда (ПВК) қосымша ысытылады.

6.2 Қондырғының сұлбасы

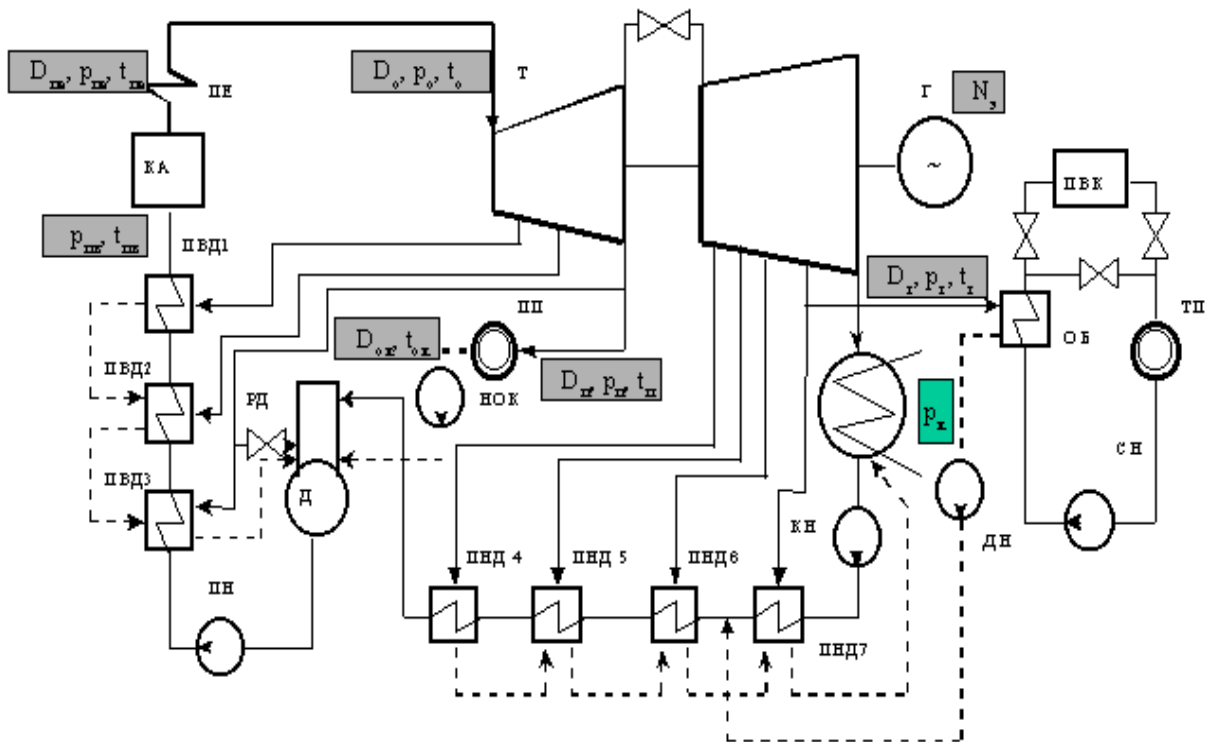
Шығырқондырғының қағидалық жылулық сұлбасы 6-суретте келтірілген және көрсеткіштерін өлшеу нүктелері белгіленген. Өлшеу қалыптасқан жұмыс тәртіпте 10-15 мин.ут сайын өткізіледі. Аспаптардың көрсеткіштері жылулық

және жергілікті басқару қалқандарда және жабдықтардың жанында бір уақытта тіркеледі. Көрсеткіштер хаттамаға жазылады.

6.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

6.3-кестеден бастапқы мәліметтерді нұсқа бойынша таңдап 6.1-кестеге жазып алу керек. Төменде көрсетілген әдістеме бойынша зерттелетін шығырдың техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеу қажет, сонымен бірге тәртіптік диаграмма бойынша берілген жылулық жүктемелерге сәйкес электр қайратын өндіруге жылудың толық қалыптық меншікті шығысын есептеу керек.

Тәртіп диаграммасының компьютерлік түрін ЖЭҚ кафедрасының компьютерлік сыныбында немесе «ЖЭС» зертханасында «ПТ60» папкасынан табуға болады. Табылған мәліметтерді 6.2 – кестеге кіргізу керек.



ҚҚ(КА) - қазандық қондырғы; Т-бу турбины; Г-генератор; ШС (КН) - шықтық сорғы; ТҚҚ (ПНД) - төмен қысымды қыздырғыш; Д-деаэратор; ҚС (ПН) - қоректік сорғы; ЖҚҚ (ПВД) - жоғары қысымды қыздырғыш; НБ (ОБ) - негізгі бойлер; ШСЖҚ (ПВК) - шыңдық су қыздырғыш қазан; ЖС (СН) - желілік сорғы; ЖТ (ТП) - жылу тұтынушы; С (ДН)-сорғы (құрғату); ӨТ (ПП) - өнеркәсіптік тұтынушы; КШС (НОК) - кері шықтық сорғысы; ҚР(РД) - қысым реттегіш.

6.1 сурет - ПТ-60-90/13 шығырқондырғының көрсеткіштерін өлшеудің сұлбасы

6.1 кесте - Өлшеу хаттамасы

Көрсеткіштер	Белгілері	Өлшем бірлігі	Өлшеулер				
			1	2	3	4	5
1 Электр қуаты	N_o	МВт					
2 Шығыр алдындағы будың шығысы	D_o	т/ч					
3 Шығыр алдындағы будың қысымы	P_o	кг/см ²					
4 Шығыр алдындағы будың ыстықтығы	t_o	°С					
5 Қазандық қондырғыдан (ҚҚ) кейінгі будың шығысы	$D_{пе}$	т/ч					
6 ҚҚ кейінгі будың қысымы	$p_{пе}$	кг/см ²					
7 ҚҚ кейінгі будың ыстықтығы	$t_{пе}$	°С					
8 Өнеркәсіптік алуадағы бу шығысы	$D_{п}$	т/ч					
9 Өнеркәсіптік алуадағы бу қысымы	$p_{п}$	кг/см ²					
10 Өнеркәсіптік алуадағы бу ыстықтығы	$t_{п}$	°С					
11 Жылуландырулық алуадағы бу шығысы	$D_{т}$	т/ч					
12 Кері шықтың шығысы	$D_{ок}$	т/ч					
13 Кері шықтың ыстықтығы	$t_{ок}$	°С					
14 Жылуландырулық алуадағы бу қысым	$p_{т}$	кг/см ²					
15 Жылуландырулық алуадағы бу ыстықтығы	$t_{т}$	°С					
16 Шықтағыштағы қысым	$P_{к}$	кг/см ²					
17 Қорек судың ыстықтығы	$t_{пв}$	°С					
18 Қорек судың қысымы	$p_{пв}$	кг/см ²					

6.2 кесте - Өлшеу көрсеткіштерін өңдеу

Көрсеткіш	Кейіптеме	Өлшем бірлігі	1	2	3	4	5
1 Шығыр алдындағы будың қажыры	h_o	кДж/кг					
2 Қазандық қондырғыдан (ҚҚ) кейінгі будың қажыры	$h_{пе}$	кДж/кг					
3 Қорек судың қажыры	$h_{пв}$	кДж/кг					
4 Өнеркәсіптік алуадағы бу қажыры	$h_{п}$	кДж/кг					
5 Жылуландырулық алуадағы бу қажыры	$h_{т}$	кДж/кг					
6 өнеркәсіптік алуадағы бу жылулығы	$Q_n = D_n(h_n - h_n')/3,6$	кВт					

7 Жылуландырулық алудағы бу жылулығы	$Q_T = D_T(h_T - h'_T)/3,6$	кВт					
8 Шығыр қондырғыға жылу шығысы	$Q_{Ty} = D_o(h_o - h_{пв})/3,6$	кВт					
9 Электр қайратты өндіруге жылу шығысы	$Q_3 = Q_{Ty} - Q_n - Q_T$	кВт					
10 Электр қайратты өндіру бойынша турбокondырғының ПӘЕ	$h_3 = N_3/Q_3$	-					
11 Жылу тасымалдаулық ПӘЕ	$h_{тр} = D_o(h_o - h_{пв})/D_{пе}(h_{пе} - h_{пв})$	-					
12 Жылу қайратты жіберудің ПӘЕ	$h_{тэ} = h_n h_{тр} h_{ка}$						
13 Электр энергияны өндіру бойынша ЖЭО-ның ПӘЕ	$h_{ээ} = h_3 h_{тр} h_{ка}$						
14 Электр энергияны өндіру бойынша отынның меншікті шығысы	$b_3 = 0,123/h_{ээ}$	кг/кВт·ч					
15 Жылу энергияны өндіру бойынша отынның меншікті шығысы	$b_3 = 143/h_{тэ}$	кг/Гкал					
16 Жылу тұтыну арқылы электр энергияның меншікті өндірілуі	$э = 1163 * N_3 / (Q_n + Q_T)$	кВт·ч/Гкал					
17 Будың меншікті шығысы	$d = D_o/N_3$	кг/кВт·ч					
18 Жылудың меншікті шығысы	$q = 1,163 * Q_{Ty} / N_3$	ккал/кВт·ч					
19 Отын шығысы	$B = D_{пе}(h_{пе} - h_{пв}) / Q_n^p h_{ка}$	тут/ч					
20 Отынды қолдану еселеуіші	$K = (N_3 + Q_n + Q_T) / B Q_n^p$	-					

6.3 кесте - Берілген мәліметтер

Көрсеткіштер	Белгілері	Өлшем бірлігі	Нұсқа														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Электр қуаты	$N_э$	МВт	44,7	44,6	44,6	44,6	44,5	43,8	44	44,1	44,1	44,2	50,3	50,3	50,4	50,4	50,5
2 Шығыр алдындағы будың шығысы	$D_о$	т/ч	322	321	320	320	319	336	339	339	340	342	350	350	352	353	353
3 Шығыр алдындағы будың қысымы	$p_о$	кг/см ²	82	82	81,5	81,7	81,5	84	84	85	85	86	87	87	88	88	88
4 Шығыр алдындағы будың ыстықтығы	$t_о$	°С	512	513	512	512	510	514	515	516	516	515	518	520	518	519	519
5 Қазандық қондырғыдан (ҚҚ) кейінгі будың шығысы	$D_{пе}$	т/ч	326	325	324	324	323	338	339	340	340	341	364	365	365	366	366
6 ҚҚ кейінгі будың қысымы	$p_{пе}$	кг/см ²	88	87	87	86	86	90	90	91	91	91	88	88	89	89	88
7 ҚҚ кейінгі будың ыстықтығы	$t_{пе}$	°С	518	518	518	517	517	522	523	523	523	523	518	518	520	519	520
8 Өнеркәсіптік алуадағы бу шығысы	$D_{п}$	т/ч	72	72,4	72	72,2	72	76	76	77	77	76	75	75	74	74	74
9 Өнеркәсіптік алуадағы бу қысымы	$p_{п}$	кг/см ²	11,2	11,1	11	11,3	11,2	12,5	12,6	12,6	12,7	12,6	13	12,6	12,7	12,8	12,6
10 Өнеркәсіптік алуадағы бу ыстықтығы	$t_{п}$	°С	304	303	300	303	302	310	311	310	310	310	312	312	313	312	312
11 Жылуландырулық алуадағы бу шығысы	$D_{ок}$	т/ч	13	13	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

12 Кері шықтың шығысы	$t_{ок}$	°C	65	65	65	65	65	67	67	67	67	67	65	65	65	65	65
13 Кері шықтың ыстықтығы	D_T	т/ч	63	63	62	62	62	66	66	65	65	65	70	69	69	70	69
14 Жылуландырулық алудағы бу қысым	p_T	кг/см ²	0,8	0,85	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
15 Жылуландырулық алудағы бу ыстықтығы	t_T	°C	102	102	102	100	100	106	107	107	107	107	107	106	107	107	107
16 Шықтағыштағы қысым	P_K	кг/см ²	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
17 Қорек судың ыстықтығы	$t_{пв}$	°C	233	233	234	234	234	235	235	236	236	235	238	238	237	237	237
18 Қорек судың қысымы	$p_{пв}$	кг/см ²	93	93	94	94	93	94	94	94	93	94	94	93	93	93	94

Бақылау сұрақтары:

- 1) Жылулық жүктеме тұрақты болса, өнеркәсіптік алу қысымының өзгеруі турбинаның меншікті жылу шығысына қалай әсер етеді?
- 2) Жылулық жүктеме тұрақты болса, жылуландырулық алу қысымының өзгеруі турбинаның меншікті жылу шығысына қалай әсер етеді?
- 3) Өндірістік алудың көрсеткіштері тұрақты болса, оның жылулық жүктемесінің өзгеруі турбо қондырғының ПӘЕ-не қалай әсер етеді?
- 4) Жылуландырулық алудың көрсеткіштері тұрақты болса, оның жылулық жүктемесінің өзгеруі турбо қондырғының ПӘЕ-не қалай әсер етеді?
- 5) Жылулық жүктеме тұрақты кезінде электр қуатының өзгеруі ШҚ ПӘЕ-не қалай әсер етеді?
- 6) Аса қыздырылған будың шығысы қандай аспаппен өлшенеді?
- 7) Аса қыздырылған өндірістік және жылуландыру будандық ыстықтығын өлшеу үшін қандай сезгілер (аспаптар) қолданылады?
- 8) Қысымын өлшеу және тіркеу үшін?
- 9) Шықтағыштағы қысым (нашар вакуум) ТҚ ПӘЕ-не қалай әсер етеді?
- 10) Будың бастапқы көрсеткіштері (қысым, ыстықтық) ТҚ ПӘЕ-не қалай әсер етеді?

7 Зертханалық жұмыс №7. Үрлегішті градирняда суды салқындатуды зерттеу

Жұмыс мақсаты: еріксіз тартулы градирняда суды салқындатуды зерттеу. Үрлегіштегі электр қайрат шығынының судың салқындау дәрежесінен тәуелділігін табу.

7.1 Теориялық мәліметтер

Градирнялар техникалық сумен қамдау айналма жүйелеріндегі суды салқындатуға арналған жылуалмасу құрылғы. ЖЭС-та техникалық су шықтағыштағы буды, май мен сутегін салқындату үшін, күл мен қожды тасуға және негізгі цикл мен жылу желідегі шығындарды толтыру үшін қажет. Барлық судың 95-96% шықтағышта қолданылады. Салқындататын су шығысы шықтағыштың жылу теңестік теңдеуінен анықталады.

$$Q = D_{uw} \cdot (h_{uw} - h'_{uw}) \cdot \eta_{uw} = G_{сал} \cdot (t_2 - t_1) \cdot c_p, \quad (7.1)$$

$$G_{сал} = \frac{D_{uw} \cdot (h_{uw} - h'_{uw}) \cdot \eta_{uw}}{(t_2 - t_1) \cdot c_p}, \quad (7.2)$$

мұнда D_{uw} – шықтағышқа бу шығысы;

h_{uw} , h'_{uw} – шықтағыштағы бу мен шықтың сәйкес қажырлары, кДж/кг;

t_1, t_2 – шықтағышқа кіру мен шығуға сәйкес су ыстықтықтары;

C_p – судың жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·К);

$\eta_{ш}$ – шықтағыштың ПӘЕ.

Градирнялар жылуалмасу бойынша – тамшылы, қабыршықты және тамшылы-қабыршықты, жылутасығыштың қозғалысы бойынша қарсы ағынды, тура ағынды және көлденең ағынды, тарту бойынша - табиғи және еріксіз деп бөлінеді. Құрылма бойынша градирнялардың мұнаралық және бөліктік үрлегішті түрлері болады. Мұнаралар гипебола немесе қиылған көп қабырғалы пирамида түрінде жасалынады. Мұнаралар темірбетоннан немесе сырты пластикпен, асбоцементпен немесе басқа жадығатпен жабылған металды құрылмалардан жасалынады.

Барлық градирнялардың түрлерінде жұмыс қағидасы бірдей: шықтағыштың ысытылған су шашырату құрылғыға келіп қабыршық, тамшы немесе ағынша түрінде жинау бассейініне ағады, сол кезде су салқындайды. Ауа үрлегіш көмегімен немесе мұнارانьң ішінде пайда болған тарту арқылы іске асырылады. Жылуалмасу қарқындылығына шашырату құрылғысының түрі, ауа жылдамдығы, ауаның ыстықтығы мен ылғалдылығы, жыл маусымы, шашырату тығыздығы және т.б. ықпал етеді.

Табиғи тартулы градирняларда ауа жылдамдығы төмен, сондықтан жылу өту еселеуіші де төмен болады. Ыстықтық тегеурін жыл маусымына және су шығысына байланысты өзгеріп тұрады. Жылу өту еселеуіші мен ыстықтық тегеурін төмен болғанда табиғи тартулы градирнялардың салқындату беттері үлкейеді. Градирняның өлшемдерін азайту үшін үрлегіш көмегімен еріксіз тарту жасайды, бірақ бұл жағдайда өзіндік электр қайрат шығын өседі. Қыста қалақтарды мұз басып, градирнялар іші тарылады. Ірі ЖЭС-дың қазіргі мұнаралы градирнялардың биіктігі 100-150 м-ге дейін жетеді, табанының қосөресі - 70-160 м, жылуалмасу беті - 4000-10000 м² және сағатында 30-80 м³ су өткізе алады.

Градирня жұмысын сұйықағулық көрсеткіш - шашырату тығыздығы сипаттайды

$$g_{шаш.тыг.} = \frac{G_{сал}}{F}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ}). \quad (7.3)$$

Градирня жұмысын сипаттайтын басқа көрсеткіш - меншікті жылулық жүктеме

$$q = \frac{Q}{F}. \quad (7.4)$$

Градирнядағы ішкі ауаның ағынын Архимед саны сипаттайды

$$Ar = \frac{Dg(\rho_s - \rho_v)}{w^2 \rho_v}, \quad (7.5)$$

мұнда D – градирняның шығу қимасының диаметрі, м²;

ρ_v, ρ_y – градирнядан шығу және сыртқы ауаның сәйкес тығыздықтары, кг/м³;

w – градирняның алау шығуының орташа жылдамдығы, м/с;

g – еркін құлау үдеуі, м/с²;

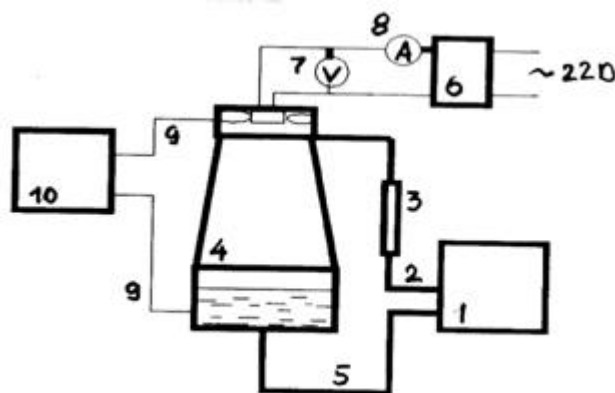
$Ar < 3$ – суық ауаның;

$3 < Ar \leq 6$ – суық ауаның шектеулі кіруі;

$Ar > 7$ – суық ауаның шашыратқышқа дейін кіруі.

7.2 Зерттеу қондырғысының сипаттамасы

Зерттеу қондырғысының сұлбасы 7.1-суретте келтірілген. Су берілген ыстықтыққа дейін шығырдың шықтағышын үлгілейтін U-15 типті термостатта 1 қыздырғышпен ысытылады. Құбырша 2 арқылы «ДАСУ» фирмасының шығысөлшегішінен 3 өтіп градирняға 4 жеткізіледі. Шашырату құрылғысының тақта түріндегі алаңы $F=1,6 \text{ м}^2$ тотықбайтын болаттан жасалған. Су шашырату құрылғыдан қабыршық түрінде ағып градирняның жинау күбісінде жиналып, құбырша 5 арқылы қайта термостатқа жіберіледі. Тартулық үрлегіш қуат ауыстырыпқосқышқа 6 қосылған. Кернеу мен электр ағын күшін вольтметр 7, амперметр 8 көмегімен өлшейді. Тартуды өзгерту үшін, кернеуді өзгертіп үрлегіштің айналу жиілігін өзгертеміз. Градирняға кіру мен шығудағы судың ыстықтығы мыстан жасалған Метран 200 сезгіш элементтері бар кедергі жылу түрлендіргіш 9 арқылы өлшенеді; өлшенетін ыстықтықтардың жұмыстық аралығы мин 50 °С плюс 150 °С-ға дейін және оны көпарналы ТМ 5103 термометр 10 тіркейді. ТМ-де сегіз өлшейтін арна бар. Таблода ыстықтықтың сандық мағынасы көрсетіледі. Алтыншы арна ыстық судың градирняға кіру, ал жетінші арна суық судың градирнядан шығу ыстықтықтарын көрсетеді.



1- термостат U-15; 2 – жеткізу құбыршасы; 3 – шығыс өлшегіш; 4 – градирня; 5– шығу құбыршасы; 6 – қуаттың ауыстырыпқосқышы; 7- вольтметр; 8 - амперметр; 9 – кедергі термометрлері; 10- көп арналы аспап; 11- ысырма.

7.1 сурет - Зерттеу қондырғысының сұлбасы

7.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

Оқытушы немесе лаборанттың бақылауымен термостат 1 мен қуаттың ауыстырыпқосқышын 6 - 220 В желісіне қосып «насос» және «быстрый нагрев» тумбілерлерді қосу керек.

Ысырманы 11 ашып термостаттан градирняға су жіберу керек.

Үрлегішті қосып қуаттың ауыстырыпқосқышын 1 орнату керек.

Шығынөлшегіш арқылы судың көлемдік шығысын W_c өлшеу керек.

Вольтметр U және амперметр I көрсеткіштерін жазып алу керек.

Құбылыс тұрақты жылулық тәртіпке келгенде (тәжірибені бастағаннан 20 мин.уттай өткенде) градирняға кірудегі t_1 және шығудағы t_2 судың ыстықтықтарын өлшеп алу керек.

Келесі тәртіпке көшу керек. Екінші тәртіпте қуаттың ауыстырыпқосқышын 2 орнату керек.

Градирняға кірудегі t_1 және шығудағы t_2 судың ыстықтықтарын өлшеп өлшеу хаттамасына жазып алу керек.

7.1 кесте - Өлшеу хаттамасы

Кернеу $U, В$	Электр ағыны $I, А$	t_1 $^{\circ}C$	t_2 $^{\circ}C$	W_c л/с

7.4 Алынған нәтижелерді өңдеу

7.4.1 Үрлегіштің электр қуатын анықтау

$$N_{эл} = UI \quad (7.7)$$

7.4.2 Судың ыстықтық тегеуріні

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad (7.8)$$

7.4.3 Градирняның үрлегішіне қажет электр қайраты

$$\mathcal{E}_{ыс} = N_{эл} \tau \quad (7.9)$$

7.4.4 (7.1) бойынша градирняның жылулық жүктемесін Q , Вт, (7.4) – шашырату тығыздығын g , кг/(м²·сағ), (7.5) – меншікті жылулық жүктемесін q , кДж/(м²·сағ) анықтау керек.

7.4.5 $\mathcal{E}_{ыс}=f(\Delta t)$, $q=f(\Delta t)$ сызба тәуелділіктерді салу керек.

7.4.6 Алынған мәліметтердің талдауын өткізіп жұмыстың қорытындысын шығару керек.

7.2 кесте - Мәліметтерді өңдеу хаттамасы

$N_{эл}, Вт$	$\mathcal{E}_{ыс}, кВт \cdot сағ$	Δt град.	$Q, Вт$	$q, кДж/(м^2 \cdot сағ)$

Бақылау сұрақтары:

- 1) Градирняның жұмыс істеу қағидасы?
- 2) Шашырату құрылғысы деген не?
- 3) Меншікті жылу жүктеме сыртқы ауа ыстықтығына байланысты қалай өзгереді?
- 4) Градирняның тарту мұнараларының қандай түрлері бар?
- 5) Мұнаралы градирняларда судың салқындауына жел қалай әсер етеді?
- 6) Тарту мұнараның ауақозғалымдық кедергісіне не әсер етеді?
- 7) Градирняларда қандай үрлегішті қолданады?
- 8) Табиғи тартулы градиняларды қалай таңдайды?
- 9) Градирняларда су мен ауаның қандай қозғалыс сұлбалары болуы мүмкін?
- 10) Мұнара биіктігі неге тәуелді?
- 11) Шашырату құрылғылары мен мұнаралардың қаптауы қандай жадығаттардан жасалынады?
- 12) Градирня шашырату құрылғыларының жылу өту еселеуішін қалай жоғарлатуға болады?
- 13) Градирняларды сыртқы ауаның қай ыстықтығына байланысты таңдайды?

А қосымшасы

Сұйық және газдың шығынын өлшеу үшін үлгіқалыпты тарылған құрылғылардың есептелуі

Сұйық не газ өтетін құбырға жергілікті ағынның тарылуын келтіретін құрылғы орнатылады. Потенциалдық энергия қысымы кинетикалыққа айналуы нәтижесінде тарылған қимасында ағынның орташа жылдамдығы өседі, нәтижесінде тарылу құрылғысының алдындағы статикалық қысымына қарағанда, осы қимадағы біреуінің статикалық қысымы төмен болады. Өткізетін ортаға қарағанда, қысымдардың әртүрлілігі көбірек және шығынның өлшеміне әсер етеді. Қосаресі 50 мм-ден кіші және Вентури саптамалы құбыры үшін тарату құрылғы ретінде үлгіқалыпты диафрагма қаралады.

Сұйық және газдың массалық және көлемдік шығысын жалпы түрде төмендегі формуламен есептейді

$$Q_m = \alpha \varepsilon \sqrt{2} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\Delta p \rho}, \text{ кг/с}; \quad (A1)$$

$$Q_0 = \alpha \varepsilon \sqrt{2} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (A2)$$

Жұмыстық шартта алынған шығысын, қалыпты шартта алынған шығыспен қайта есептейді:

$$Q_{ном} = Q_0 \frac{\rho}{\rho_{ном}} ; \quad (A3)$$
$$Q_{ном} = Q_0 \frac{p_{ном}}{p_{н.т.м} T K}, \text{ м}^3/\text{с} ;$$

(A4)

- бұл теңдеуде Q_m - массалық шығыс, кг/с;
 Q_0 - көлемдік шығыс, м³/с;
 $Q_{ном}$ – қалыпты күйдегі газдың көлемдік шығысы, м³/с;
 d – тарылу құрылғысының диаметрі, м;
 Δp - тарылу құрылғысынан кейінгі ағыс кезіндегі қысым құламасы ортасы, Па;
 P – тарылу құрылғысы алдындағы абсолютті қысым ортасы, Па;
 T – ыстықтық ортасы, К;

$T_{\text{ном}}$ – номиналді ыстықтық, К; $T=(293,15 \text{ К})$;

K – газдың сығылу еселеуіші;

ρ – жұмыстық шарттағы тығыздықтың өлшеу ортасы, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{ном}}$ – құрғақ газдың қалыпты тығыздығы; кг/м^3 ;

α – шығыс еселеуіші;

ε – өлшеу ортасының кеңею түзету көбейткіш.

Сұйық және газдың көлемдік шығысын стандартты диафрагма көмегімен анықтайды.

Стандартты диафрагма үшін, ішкі диаметрі 50 мм – ден кем құбырдың еселеуіш шығысы тең:

$$\alpha = \left(0,99626 + \frac{0,260435}{d'} - \frac{0,79761}{(d')^2} + \frac{1,13279}{(d')^3} \right) \cdot \alpha_c \quad d' > 10, \quad (\text{A5})$$

$$\alpha = \left(1,0068 + \frac{0,08287}{d'} \right) \cdot \alpha_c \quad 7 < d' < 10, \quad (\text{A6})$$

мұнда α^{11} - тарылу құрылғысының қосөресі, мм;

α_c - (П1 - 7) теңдігін анықтайтын еселеуіш;

мұнда $m=d'^2/D'^2$ - тарылу құрылғысының салыстырмалы ауданы;

D' – тарылу құрылғысы алдындағы құбырдың ішкі қосөресі, мм.

Түзету көбейткіш ε , газдар үшін стандартты диафрагмаға арналған кейіптемеден анықталады, ол ішкі диаметрі 50 мм – ден кем құбырда орналасқан

$$\varepsilon = 1 - \left(0,41 + 0,35 \cdot m^2 \right) \frac{\Delta p}{k p}, \quad (\text{A8})$$

мұнда k – адиабаталық көрсеткіші

Түзету көбейткіш (ε) сұйық үшін 1 – ге тең.

Шығыс өлшер диафрагмасын Рейнольдс саны аумағында ғана қолдануға болады, мұнда α шығыс еселеуішін тұрақты деп есептеуге болады.

Диафрагманың салыстырмалы ауданында Рейнольдс санын А.1 кестеден анықтайды.

А.1 кесте – стандартты диафрагма үшін Рейнольдстің шектік мәні

Тарылатын құрылғы	m	$Re_{min\ зр}$	$Re_{max\ зр}$
Ішкі диаметрі 50 мм төмен құбырларға стандартты диафрагмалар	0,05	22000	10^7
	0,10	30000	10^7
	0,15	41000	10^7
	0,20	56000	10^7
	0,25	72000	10^7
	0,30	90000	10^7
	0,35	110000	10^7
	0,40	135000	10^7
	0,45	158000	10^7
	0,50	181000	10^7
	0,55	211000	10^7
	0,60	240000	10^7
	0,65	270000	10^7
0,70	300000	10^7	

Салыстырмалы ауданының (m) аралық мәні үшін Рейнольдстің мәні мына формуламен анықталады:

$$Re_{\max(\min)\ зр} = \frac{Re_{i+1} - Re_i}{m_{i+1} - m_i} m + \frac{m_{i+1} Re_i - m_i Re_{i+1}}{m_{i+1} - m_i}, \quad (A9)$$

мұнда m_i ; Re_i – А1 – кестеде көрсетілген тарату құрылғысының салыстырмалы ауданы және оған сәйкес мәні $Re_{\min гр}$ ($Re_{\max гр}$).

Вентури саптамасы көмегімен газ және сұйық көлемінің шығысын анықтау.

Көлемдік орта шығысы Вентури саптама көмегімен (А2) формуласымен анықталады.

Вентури саптамасы еселеуіш шығысын, құбыр диапазонында орналасқан Рейнольдс саны $Re_{\min} \leq Re \leq 2 \cdot 10^6$ мына формуламен анықталады

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \left[0,99 - 0,2262 \cdot m^{2,05} + (0,000215 - 0,001125 \cdot m^{0,5} + 0,00249 \cdot m^{2,35}) \cdot \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{1,15} \right], \quad (A10)$$

мұнда $m = d^2/D^2$ - тарылу құрылғысының салыстырмалы ауданы. Re_{\min} мәнін m – ге тәуелді алады.

Түзету көрсеткіш ε газ үшін және цилиндрлік саптама үшін және Вентури саптамасы үшін мына формуламен анықталады

$$\varepsilon = \left[\left(1 - \frac{\Delta p}{p}\right)^{\frac{2}{k}} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta p}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}}}{\frac{\Delta p}{p}} \cdot \frac{1 - m^2}{1 - m^2 \left(1 - \frac{\Delta p}{p}\right)^{\frac{2}{k}}} \right]^{0,5} \quad (\text{A11})$$

мұнда p - тарылу құрылғысының алдындағы орта қысымы, Па;

Δp - тарылу құрылғысындағы қысым құламасы, Па

k – адиабата көрсеткіші

Әдебиеттер тізімі

- 1) Дүкенбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Движение к рынку.-Алматы: Ғылым,2001.-584с.
- 2) Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. - М.: Энергоатомиздат, 2000.- 328с.
- 3) Тепловые и атомные электрические станции: Справочник/Под общ. Ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина.-2-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 2000.- 608с.
- 4) Волков Э.П. и др. Энергетические установки электростанций. – М.: Энергоатомиздат,2003. – 280с.
- 5) Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара.-М.: Энергия 2005.
- 6) Бузников Е.Ф. Производственные и отопительные котельные. -М.: Энергоиздат, 2004.
- 7) Эстеркин Р.И. Котельные установки. /Курсовое и дипломное проектирование/. -С-П.: Энергоатомиздат, 2001.
- 8) Михеев в.п., Медников Ю.М. Сжигание природного газа. -Л.: Недра. 2005.- 391 с.
- 9) Жидкие углеводороды и нефтепродукты/Под ред. Шахпоронова М.И, Филиппова Л.П. -М.: Изд-во МГУ, 2000.-192с.
- 10) Величко В.И., Пронин В.А. Теплоотдача и энергетическая эффективность трубчатых поверхностей теплообмена.- М.: Изд-во МЭИ, 2003.-63с.
- 11) Липов Ю.М. Испытания оборудования котельного отделения ТЭЦ МЭИ.- М.:2000.– 132 с.
- 12) Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др., М., «Энергия», 2003.
- 13) Соколов А.И. Вспомогательное оборудование ТЭС. Насосы и вентиляторы. (Конспект лекций). – Алматы: АИЭС, 2005. – 81 с.
- 14) Темирбаев Д.Ж. Жылу электр станцияларын жобалау: Оқу кұралы. ҚР білім және ғылым мин-гі. Алматы энергетика және байланыс институты. – Алматы:АЭЖБИ, 2007. – 86 б.

Балжан Төрешашқызы Бахтияр
Динара Тынысбековна Муканова

ЖЫЛУ ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері үшін зертханалық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н Изтелеуова
Стандарттау маманы Н.Қ. Молдабекова

Басуға _____ қол қойылды
Таралымы _____ дана
Көлемі 2,6 есептік-баспа табақ

Формат 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс __. Бағасы 1300 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
Алматы қ., Байтұрсынұлы көшесі, 126