



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

**Жылуэнергетикалық
қондырғылар кафедрасы**

ЖЫЛУТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

5B070200- мамандығының студенттері үшін курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

ӘЗІРЛЕУШІ: Д.Ж.Темірбаев. Жылу техника негіздері пәні бойынша 5В070200- мамандығының студенттері үшін курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ, 2014. – 30 б.

Оқу жоспары бойынша 5В070200 – «Автоматтандыру және басқару (АБ-АУ)» мамандық бакалавриат студенттерінің «Отын қайраттық салалы (ОҚС- ТЭК)» мамандығы келесі үш таңдалулы арнайы пәндерді: АУ 3312 - «Сұйық пен газ механикасы» (2 несиесі, 1,5\1\0, ЗЕСЖ) мен АУ 3313 - «Жылу техника негіздері» (3 несиесі, 2\2\0, пж) 6-шы семестрде және АУ 4314 - «Жылу өндіруінің тәсілдемелік негіздері» («Технологические основы производства тепловой энергии», 3 несиесі, 3\3\0, пж) 7-ші семестрде өтеді.

Бұл әдістемелік нұсқау осылардың екінші пәнінің есептік-сызба жұмыстарын қамтиды.

Сурет - 13, кесте - 5, әдебиет көрсеткіштері - 6.

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

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2014 ж.

© Темірбаев Д.Ж.

Кіріспе. Пәндік жұмыстың мақсаты мен талаптары және әдістемелігі

«Жылутехника негіздері» (ЖТН) жылуқайраттық саланы өзіндік істеттіру (автоматтандыру) және басқару мамандығының таңдаулы арнайы пәндерінің бірі. «Техника» грекше өнер, шеберлік, майталмандық ұғымын береді. Сондықтан біз «Жылутехника»-ны жылу тәсілдік деп те атаймыз.

«Тәсілдік жылуқозғалым» (ТЖҚ, техникалық термодинамика) мен «Сұйық және газ механикасы» және «Жылу маңыздалмасу» (ЖМА) пәндері «Жылу тәсілдік теория негіздері» деп аталады. Бұлар «Сұйық пен газ және плазма механикасы» мен «Жылу физика. Жылу тәсілдік теория негіздері» деп те ғылыми жіктелген. Бұл пәндердің аттарымен ғылыми дәрежелер мен кафедралар және институттар (Мысалы, «Институт тепломассообмена (ТМО) имени академика А.В.Лыкова» Минскде, «Всероссийский теплотехнический институт (ВТИ)» Москвада) аталған. Бұл пәндердің заңдары мен заңдылықтары арқылы жаңа қондырғылар мен аспаптар және тәсілдемеліктер жасалады. Сондықтан олар көптеген арнайы пәндердің негізіне жатады. Бұл пәндерді кезінде жақсы игерген студенттеріміз еліміздің белгілі азаматтары, майталман мамандары болды.

Бұл пәндердің табиғи терең және бір-бірімен байланысты қаптаған өте күрделі құбылыстарын игеру қиын жұмыс. Бұлардың негізін ұғып, игеру үшін студент зерттеу және пәндік жұмыстарын өздігінен жасап, дәрістерді тыңдап, емтиханға дайындалады.

Сондықтан студенттер оқу кестесі бойынша мүлтіксіз сабақтарда болып, сұрақтарына түсінік алып, өзіндік жұмыстарын уақытында істеп, қорғап отыруы тиімді болады.

Студенттер ЖТН-нан дәрістерде болып, зерттеу және пәндік жұмыстарын жасап, қорғағаннан кейін аралық бақылаудан (тест болуы мүмкін) өтіп, емтиханға бара алады.

Пәндік жұмыс келесі бөлімдерден құралған:

- 1) Жылу электр станцияларының тиімділігі (3÷7 апталарда).
- 2) Қалыптасқан жылу өткізгіштік пен жылу өту (8÷11 апталарда).
- 3) Сәулелену жылу алмасуы (12÷15 апталарда).

Әрбір бөлім 4...5 тапсырма есептерден құрастырылған. Бұларда ЖТН-ның ілімдік негіздері мен жылу қайраттық қондырғылары және аспаптарының жылу тәсілдемеліктері мен жылулық есептік әдістеріне көңіл бөлінді. Олар басқадай арнайы пәндер мен пәндік және бітіру жұмыстарымен жалғасады.

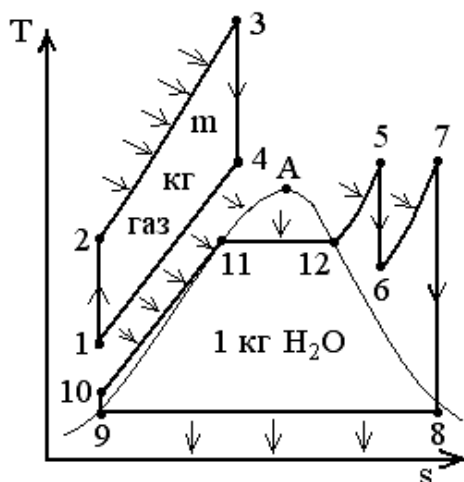
Әрбір есептің түрлемі студенттің оқу тобының нөмірі m мен тобының төрағасы журналындағы ата-тегі нөмірі n арқылы анықталады. Олардың нақты жағдайларға сәйкесті $m = n = 0$ түрлемі үлгі ретінде шығарылып, танымалдық және болашақтық маңызды бақылау сұрақтары келтірілген.

Әрбір бөлімнің аяғында қысқаша (жарты беттен асырмай) қорытынды мен арнайы (мысалы, бақылау) сұрақтың өзіндік қаралуы студенттің пәнді игеруіне пайдалы (қорғалғанда оларға ерекше көңіл де бөлінеді).

1 Жылу электр станцияларының тиімділігі

Бұл бөлімде теориялық және нақты жағдайларда (яғни іс жүзінде) ең тиімді жылуқозғалымдық бугазды айналымға ерекше көңіл бөлеміз.

Жылуқайраттық қондырғылардың экономикалық және мекенқорғаулық басты тиімділігі жылуқозғалымдық айналымдарымен анықталады. Бұлардың да ең тиімділіктері – жаңғыртулы мен жылуландырулы және бугазды айналымдары. Өйткені жаңғыртулы айналымның термиялық пайдалы жұмыс еселеуіші (ПЖЕ-сі) Карно айналымының термиялық (ең үлкен) ПЖЕ-сіне тең. Оған қоса, жаңғыртулы мен жылуландырулы айналымдарының қоршаған ортаға тасталатын жылуы аз болатынынан оған сәйкесті жылуқайраттық қондырғылардың әсерлік ПЖЕсі (үнемиеттік және мекенқорғаулық тиімділігі) жоғары болады. Ал, бугазды айналымдарының ПЖЕ-сі, бу айналымдарының



1.1 сурет - Бугазды мүлтіксіз айналымның сұлбесі

төменгі ыстықтықты тиімділігіне газ айналымдарының жоғарғы ыстықтықты тиімділігі қосылып, қосайналымды (бинарно) әр қайсының ПЖЕ-лерінен 1,5 - 2 еседей артық болады (1.2 суретті қараңыз).

Бугазды қондырғылардың (БГҚ) әсерлік пайдалы жұмыс еселеуіші (ПЖЕ) Сименс (Германия) пен Дженерал электрик (АҚШ) фирмаларында 60 пайызға зерттеулі жеткізілген. Мұндай зор табысқа ие болудың негізгі себебі - БГҚ-ның жоғарғы сатысындағы (газ шығырлы қондырғыдағы (ГШҚ)) жұмыс дененің (газдың) басты ыстықтығының 1500 °С-ге дейін көтерілуі. Мұндай жоғары үнемиеттік және мекен қорғаулық жетістік ең төбелік емес. Өйткені аталған ГШҚ-лардың әлде де пайдаланбаған мүмкіндіктері баршылық.

Оған қоса, БГҚ-лардың қондырылған қуатының басты шығынының (капвложениенің) үлесі БГҚ-ның төменгі сатысы болатын – бу шығырлы қондырғыларының (БШҚ) меншікті қуатының басты шығынынан 20 пайыздан аса төмен. Тіпті БГҚ-ның қайтарымды мерзімі БШҚ-ның қайтарымды мерзімінен сол шамадай төмен.

Ал, БГҚ-ның басты түрін бірінші болып инженер П.Д. Кузминскийдің 1892 - 1900 жылдары жасап талаптанғанына бір ғасырдан асты. Сондықтан, БГҚ осы күнге дейін неге іске еркін пайдаланбай келеді деген сұрақ туады.

Тіпті бұл мәселенің зерттелуінде де кемісін жоқ деуге болады. Мысалы, А.И.Андрющенко мен В.Н.Лапшовтың 1965 жылы М.: Энергия баспасымен шыққан «Парогазовые установки электростанций» және А.А.Канаев пен М.И.Корнеевтің 1974 жылы Машиностроение баспасымен шыққан «Парогазовые установки» кітаптарынан бұрынғы да, кейінгі де, зерттеулік мәліметтер де аз емес. Сол XX ғасырдың 60-шы жылдары Новосибирск қаласындағы КСРО-ның Ғылыми Академиясының Сібірлік

Бөлімінде «Теориялық және қолданбалық механика зерттеу институты» ашылып, оған «Барнаулдың қазандық заводы (БКЗ)» бағындырылып, Түркияда БГҚ-лық Алибайрам электр станциясы белгілі академик С.А.Христиановичтің жетекшілігімен салынатын болған. Бірақ, 3 - 4 жылдан кейін, 1964 жылдың қазан айында Одесса қаласында өткен Бүкіл одақтық ғылыми жиналысында аталған зерттеу тақырыбының тамыры қиылған еді. Оның себебі - БГҚ-ларды іске асырудың КСРО өндірісі мен инженерлік кадрлар деңгейінің сол кездегі жетіспеушілігі еді.

Ал енді ше? Енді БГҚ-ның күні туғандай. БГҚ ғылыми мәселері жеткілікті игерілгендей және жылу электр станциялардың (ЖЭС) тозуы жетіп, енді олардың жалпы жаңаландыруы тек аса тиімді БГҚ-лармен ауыстырылуы ерекше орынды ғой. Дегенмен, кадр мәселесі әрдайым орын алады. Сондықтан қаралып отырған мәселе өте маңызды және орынды.

БГҚ тәсілдемелігі Қазақстанға да сұдай қажет. Бізге ішкі айналымды газдандырулық жоғары тегеурінді бу өндіргішті БГҚ-лар (ПГУ с ВПП - высоконапорными парогенераторами с внутрицикловой газификацией) әсіресе қолайлы. Өйткені Қазақстанның табиғи газ көздері шамалы және табиғи газ - химиялық өте маңызды және құнды тәсілдемелік шикі зат. Ал, газбен салыстырмалы өте арзан көмірді газдандырып пайдалану – үнемиеттік және мекен қорғаулық маңызды жоғары дәрежелі өндіріс. Қазақстанның табиғи көмір көздері де мол және байлық қоры 4-ші орын алатын Балхаш көлінің маңындағы, Ілі өзенінің астындағы, қоңыр көмірді жерасты газдандырып өндіру - тапқан амал болар еді және мың жарым шақырымнан тасылатын Екібастұз тас-құмды көмірінен Ілі көмірі Алматы өлкесіне аса тиімді болады. Осы себептен бұл бөлімнің басты тапсырмасы ретінде ішкі айналымды газдандырулық жоғары тегеурінді бу өндіргішті БГҚ-ның жылулық сұлбесі мен есебі де қарастырылады.

Әрбір инженерлік ұсыныс үнемиеттік (экономикалық) пен тәсілдік және мекенқорғаулық (экологиялық) салыстырмалы бағалануға тиіс. Сондықтан бұл бөлімде шықты электр станция (ШЭС) мен жылу электр орталығы - ЖЭО-ның үнемиеттік тиімділігі (отын шығысы мен ПЖЕ-сі және қуаттары) салыстырмалы есептеліп, студенттің болашақты бітіру жұмысы үлгіленеді.

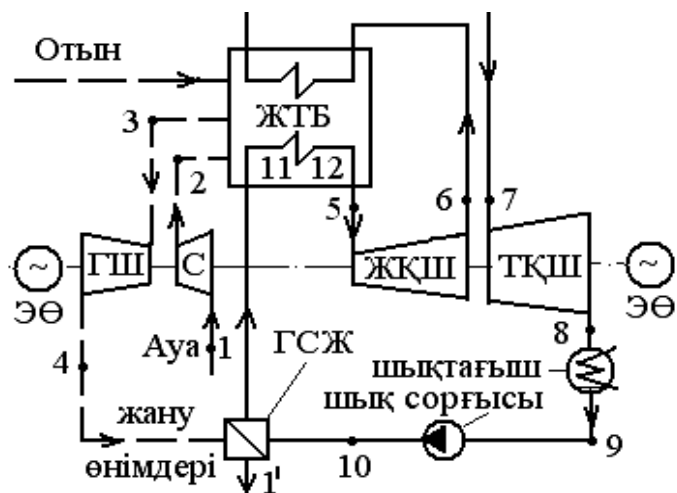
Шынында, студенттің бітіру жұмысында тақырыпты берілген ғылыми-инженерлік негізгі (арнайы) тапсырмаға міндетті түрде қосылып, үнемиеттік және өмір тіршілігі қауіпсіздігі бөлімдерінде кәсіпорындардың экологиялық паспорты, Жылу электр орталығының (ЖЭО-ның) электрлік бөлігі, капиталды (басты) шығын және қысқа тұйықталу тоғының есептелуі секілді тапсырмалармен жалғасады.

1.1 Тапсырма. Жоғары тегеурінді буөндіргішті БГҚ-ның есебі

Жоғары тегеурінді буөндіргішті (ЖТБ – ВПГ – высоконапорный парогенератор) бугазды қондырғының (БГҚ - ПГУ – парогазовая установка)

T_s – сызбағындағы айналымы мен жылулық сұлбесі 1.1 мен 1.2 суреттерде келтірілген.

Ауа $p_1 = 0,1$ МПа мен $t_1 = 20 + m - n$ °С 1 күйінен 2 күйіне дейін сығымдағышта (турбокомпрессорда) $p_2 = 0,8 + 0,1m - 0,01n$ МПа-ға дейін сығылып, бітеу (саңылаусыз) ЖТБ-ға беріліп, ЖТБ-да отын жағылады.



ГСЖ - газбен суды жылытқыш, ГШ - газ шығыры, С - сығымдағыш, ЭӨ - электр өндіргіші, ЖҚШ, ТҚШ - жоғарғы және төменгі қысымды бу шығырлары.

1.2 сурет - БГҚ-ның жылулық сұлбесі

Отынның ЖТБ-дағы жану өнімдері суды қайнаттырып, оның қаныққан буын 11 мен 12 күйлерінен 5 күйіне дейін аса қыздырып, ыстықтығы $t_3 = 800 + m + n$ °С-ге дейін төмендеген соң, газ шығырына (ГШ-ға) беріледі.

Мұнда жану өнімдерінің жылуы (ағындық қайраты) ГШ-ның механикалық (айналу) қайратына өзгеріп, электрөндіргіште (ЭӨ) электр қайраты өндіріледі. Жану өнімдерінің қалған (ГШ-дан шыққан) жылуы газбен суды жылытқышта (ГСЖ-да) жаңғыртылып, $t_{1'} = 120 - m - n$ °С ыстықтығымен мұржаға беріледі.

Қысымы $p_5 = 13$ МПа мен ыстықтығы $t_5 = 565 + m - n$ °С аса қызған бу жоғары қысымды шығырда (ЖҚШ) жұмысын істегеннен кейін ЖТБ-ға қайта беріліп, қысымы $p_6 \approx p_7 = 3,0$ МПа-да ыстықтығы $t_7 = 565 + m - n$ °С-ге қайта көтеріліп, төменгі қысымды шығырға (ТҚЖ-ға) беріліп, шығырдан $p_8 = 3$ кПа-да шықтағышқа түседі.

Бугазды мүлтіксіз (яғни $\eta_c^{ic} = \eta_u^{ic} = 1$ -де; ескерту: студенттің өзіндік $\eta_c^{ic} = \eta_u^{ic} = 0,85$ ішкі ПЖЕ-дегі есептеуі ерекше бағалануы мүмкін) қос жылуқозғалымдық айналымының термиялық ПЖЕ-сі есептеліп, бұл айналымның ең үлкен мен ең кіші ыстықтықтарының аралығындағы Карно айналымының ПЖЕ-сімен салыстырылсын. Газдың физикалық қасиеттері ауадағыдай және $c_p =$ тұрақты болсын. Су сорғыларының жұмыстары ескерілместей аз болсын.

1.1 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Ең алдымен газ айналымының 2 мен 4 нүктелерінің белгісіз ыстықтарын анықтаймыз

$$T_2 = T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}} = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 293 \cdot 8^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 531 \text{ К}, \quad (1.1)$$

$$T_4 = T_3 \frac{T_1}{T_2} = 1073 \frac{293}{531} = 592 \text{ К.} \quad (1.2)$$

ГСЖ–ының жылылық келесі теңестігінен

$$m(h_4 - h_1) = h_{11} - h_9 \quad (1.3)$$

1 кг суға келетін газдық қатынасын анықтаймыз

$$m = \frac{h_{11} - h_9}{h_4 - h_1} = \frac{h_{11} - h_9}{c_p(T_4 - T_1)} = \frac{1532 - 101}{1,005(592 - 393)} = 7,153. \quad (1.4)$$

Мұндағы h_{11} мен h_9 кДж/кг қажырлары [3]–тен $p_5 = 13$ МПа мен $p_9 = 3$ кПа-ларда табылған.

Қос айналымның теориялық ПЖЕ – сі

$$\eta_t = \frac{m((h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)) + ((h_5 - h_6) + (h_7 - h_8))}{m(h_3 - h_2) + ((h_5 - h_1) + (h_7 - h_6))} = \quad (1.5)$$

$$= \frac{7,153(1,005(1073 - 592) - 1,005(531 - 293)) + (3506 - 3061) + (3604 - 2200)}{7,153 \cdot 1,005(1073 - 531) + (3506 - 1532) + (3604 - 3061)} = 0,561.$$

Мұндағы су мен су буынын h_5 , h_7 , h_{10} қажырлары [3]–тің кестелерінен су мен су буынын берілген көрсеткіштері арқылы анықталған, ал h_6 мен h_8 тұрақты энтропиялық құбылыстардың есептері арқылы табылған. Газдың (ауаның) жылусыйымдылығы затшалы кинетикалық теория бойынша

$$c_p = \frac{8,314}{28,96} \frac{7}{2} = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кгК}}. \quad (1.6)$$

Карно айналымының ПЖЕ-сі

$$\eta_t^K = 1 - \frac{T_8}{T_3} = 1 - \frac{297}{1073} = 0,723. \quad (1.7)$$

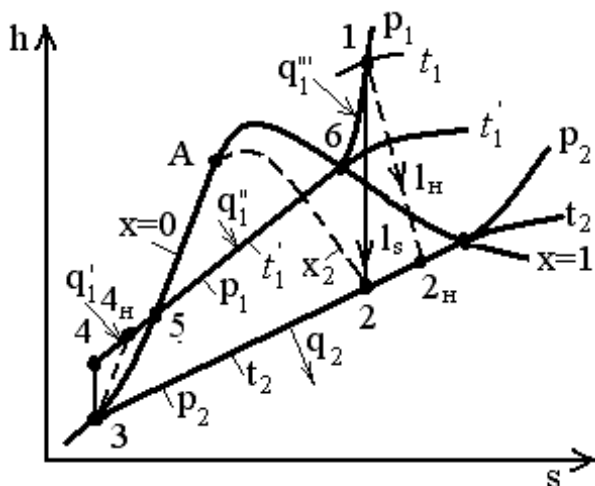
Қос айналымның теориялық ПЖЕ–сі Карно айналымның теориялық ПЖЕ-сінің келесі үлесін құрады

$$\frac{\eta_t}{\eta_t^K} = \frac{0,501}{0,723} = 0,78. \quad (1.8)$$

Бұл жақсы көрсеткіш.

1.2 Тапсырма. Шықты электр станцияның тиімділігі

Шығырға қысымы $p_1 = 16,6 + 0,1m + 0,05n$ МПа және ыстықтығы $t_1 = 550$ °С су буы беріліп, шығырдан кейін $p_2 = 4$ кПа қысымында толық шықтанады. Шығыр мен сорғының ішкі салыстырмалы пайдалы еселеуіштері $\eta_{ic}^m = 0,85$, $\eta_{ic}^c = 0,85$. Шығырдың механикалық және электр өндіргіштің ПЖЕ–лері $\eta_m = 0,97$, $\eta_e = 0,98$. Бу қазаны мен бу құбырларының ПЖЕ-лері $\eta_{БК} = 0,91$, $\eta_k = 0,99$. Шықты электр станцияда (ШЭС–та) жағылатын отынның жылылығы $Q_{Т}^ж = 30$ МДж/кг мен шығырға берілетін будың шығысы $D = 81,9$ кг/с (1.3 суретті қараңыз).



h - қажыр, кДЖ/кг, s - энтропия, кДЖ/(кгК), A - аумалық нүкте, p - қысым, кПа, x - құрғақтық дәреже.

1.3 сурет - Ренкин айналымы

Ренкин айналымының пайдалы жұмыс еселеуіштерін және ШЭС-тың отын шығысы мен қуатын және негізгі түзгілерінің жылылық ысыраптарының үлестерін анықтап, өзара салыстыру керек.

1.2 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

1.2.1 Ренкин айналымның ПЖЕ-лерін анықтау үшін h_s – сызбағы мен будың жылуқозғалымдық қасиеттерінің кестесі [3] арқылы есептік нүктелердің қажетті мәндерін анықтаймыз. Олар $h_1 = 3438$, $h_2 = 1945$, $h_3 = 120$, $h_4 = 137$ кДЖ/кг, $t_2 = 28,6$, $t_4 = 29$ °С.

1.2.2 Сонда қайтымды Ренкин айналымының теориялық ПЖЕ-сі

$$\eta_t = \frac{l_t}{q_1} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_4} = \frac{3438 - 1945}{3438 - 137} = \frac{1493}{3301} = 0,46. \quad (1.9)$$

Бұл қайтымды Карно айналымының келесі теориялық ПЖЕ-нен

$$\eta_k = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{28,6 + 273}{550 + 273} = 0,63. \quad (1.10)$$

Ренкин айналымының жетіксіздігі – ол 4 пен 1 нүктелер аралығындағы (1.3 суретті қараңыз) жұмыс дене орта ыстықтықтарының төмендігінде

$$\eta_k' = \eta_i^{pa} = 1 - \frac{\bar{T}_2}{T_1} = 1 - \frac{28,6 + 273}{(29 + 550) / 2 + 273} = 0,46. \quad (1.11)$$

1.2.3 Нақты айналымның пайдалы жұмыс еселеуіші мұнан да төмен. Оның себептерін қарайық.

Жоғары қуатты нақты шығырлардың ішкі салыстырмалы ПЖЕ-лерінің мәндері $\eta_{ic}^{iii} = 0,85 \div 0,9$ аралығында болады.

Сығымдағыштың (сорғының) ішкі салыстырмалы ПЖЕ-лерінің мәндері де сол аралықта болады (1.3 суретті қараңыз)

$$\eta_{ic}^c = (h_4 - h_3) / (h_{4n} - h_3) = 0,85 \div 0,90. \quad (1.12)$$

Бұлардың кіші мәндеріндегі Ренкин айналымының ішкі салыстырмалы ПЖЕ-сін келесідей табамыз

$$\begin{aligned} \eta_{ic}^{pa} &= \frac{l_n^a}{l_s^a} = \frac{(h_1 - h_2)\eta_{ic}^{iii} - (h_4 - h_3) / \eta_{ic}^c}{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)} = \\ &= \frac{(3438 - 1945) \cdot 0,85 - (137 - 120) / 0,85}{1493 - 17} = 0,846 \approx 0,85. \quad (1.13) \end{aligned}$$

Сығымдағыштың ішкі салыстырмалы ПЖЕ-нің кіші мәнін алғанының өзінде $\eta_{ic}^{pa} = \eta_{ic}^{ш}$ болып шықты. Сондықтан іс жүзінде η_{ic}^c көбінде ескерілмейді де η_{ic}^a -тің (1.13) орнына $\eta_{ic}^{ш}$ алына беріледі.

Сонымен, Ренкин айналымының ПЖЕ-і

$$\eta_i^{pa} = \eta_{ic}^{pa} \eta_t^{pa} = 0,85 \cdot 0,46 = 0,39, \quad (1.14)$$

яғни айналымға берілген жылулықтың 39 пайызы ғана пайдалы жұмысқа айналуы мүмкін болып отыр.

1.2.4 Осы кезгі қуатты шығырлар мен электр өндіргіштердің тетіктік ПЖЕ-лері $\eta_m = 0,97 \div 0,995$, $\eta_\theta = 0,97 \div 0,99$ [1]. Бұлардың мәндерін еске алсақ, айналымның электр өндіргішінің (шығыр қондырғыларының) ПЖЕ-сі

$$\eta_{ш} = \eta_m \eta_i^a = 0,97 \cdot 0,39 = 0,38 \quad (1.15)$$

және шығыр - өндіргіш қондырғыларының электр әсерлік ПЖЕ-сі келесі

$$\eta_{эа}^{ш\theta} = \eta_\theta \eta_{ш} = 0,98 \cdot 0,38 = 0,37. \quad (1.16)$$

1.2.5 Енді қазан қондырғысы (іс жүзінде $\eta_{бк} = 0,89 \div 0,93$) мен бу құбырларының ПЖЕ-лерін ескерсек, ШЭС-тің әсерлік ПЖЕ-сі

$$\eta_{эа}^{шэс} = \eta_{бк} \eta_k \eta_{эа}^{ш\theta} = 0,91 \cdot 0,99 \cdot 0,37 = 0,33. \quad (1.17)$$

Сонымен Ренкин айналымды ШЭС-тың электр әсерлік ПЖЕ-сі 33 пайыз-ақ болды.

1.2.6 Шығырдың қуатын және отын шығысын (1.17) арқылы табамыз

$$\begin{aligned} N &= Q_0 \eta_{эа}^{шэс} = B Q_m^{жс} \eta_{эа}^{шэс} = \frac{Q_1}{\eta_q} \eta_{эа}^{шэс} = Q_1 \eta_{эа}^{ш\theta} = q_1 D \eta_{эа}^{ш\theta} = \\ &= (h_1 - h_4) D \eta_{эа}^{ш\theta} = (3438 - 137) \cdot 81,9 \cdot 0,37 = 100 \text{ МВт}, \end{aligned} \quad (1.18)$$

$$B = \frac{N}{Q_m^{жс} \eta_{эа}^{шэс}} = \frac{100}{30 \cdot 0,33} = 10,1 \frac{\text{кВт}}{\text{с}}. \quad (1.19)$$

ШЭС-тің меншікті отын шығысы

$$\begin{aligned} b &= \frac{B}{N} = \frac{10,1}{100} = 0,101 \frac{\text{кВт}}{\text{МВт} \cdot \text{с}} = \\ &= 0,101 \frac{3600(\text{с} / \text{сағ}) \text{кВт}}{\text{МВт} \cdot \text{с}} = 0,3636 \frac{\text{кВт}}{\text{кВт} \cdot \text{сағ}}. \end{aligned} \quad (1.20)$$

1.2.7 Жұмыс дененің шығысына келтірілген отынның меншікті жану $q_0 = Q/D$, кВт/(кг/с) = кДж/кг жылылығын 100 пайыз деп алып, бу қазанының, бу құбырларының, шығырдың механикалық пен электр өндіргіштің шығындарын және электр жүйесіне берілген жұмысты келесі пайызды үлестерімен сипаттаймыз [1]

$$\left(\frac{\Delta q_{\delta k}}{q_0} + \frac{\Delta q_k}{q_0} + \frac{\Delta q_m}{q_0} + \frac{\Delta q_\theta}{q_0} + \frac{l_\varepsilon}{q_0} \right) \cdot 100 = 9 + 1 + 1 + 1 + 33 = 45 \%. \quad (1.21)$$

Ал, қалған 55 % - шығырдың шықтағышына берілген q_2^H -нің (яғни қоршаған ортаға тасталатын жылылықтың) үлесі болады

$$\eta_i^a = \frac{q_1 - q_2^H}{q_1}, \quad q_2^H = (1 - \eta_i^a) q_1,$$

$$\frac{q_2^H}{q_0} = (1 - \eta_i^a) \frac{q_1}{q_0} = (1 - \eta_i^a) \eta_{ок} \eta_k = (1 - 0,9) \cdot 0,91 \cdot 0,99 = 55 \%. \quad (1.22)$$

Ескерту. Студент мәселені шешуімен қатар оған қорытынды және (оның негізінде) ұсыныс жасауға үйренуі мен дағдылануы керек. Сондықтан әрбір орындалған тапсырмадан кейін студент өзінше қысқаша қорытынды жасап отыруға тиіс. Оған мысал.

Қорытынды.

1. Қаралған ШЭС-тың пайдалы 33% электр қайратынан екі еседей (55 %) жылылық тек жұмыс денені шықтандыруға кетеді. Келесі көп шығын (9 %) бу қазанындағы отын жағылуымен байланысты. Ал, жылуалмасу құбылыстарының ысыраптарын ескерсек, қоршаған ортаға кететін барлық жылу ысырабы – түрленбеулік (анергия) 67 % (1.1 кестені қараңыз).

2. ПЖЕ-мен қатар ЖЭС-тің келесі маңызды көрсеткіші – меншікті отын шығысы 363,6 г/(кВт·сағ) (1.20) (қазіргі 320 г/(кВт·сағ)-тан артық, ал, Нүрек СуЭС-ін ескерсек, Қырғызстанда бұл көрсеткіш тіпті 208 г/(кВт·сағ)-ақ).

3. Шығырдың шығысындағы будың $p_2 = 4$ кПа-дағы $h_{2s} = 1945$ пен $h_{2н} = 2169$ кДж/кг қажырларына сәйкес құрғақтық дәрежелері $x_2 = 0,75$ пен $x_{2н} = 0,84$ болғаны шығыр жұмысына қауіпсіз $x = 0,87 \div 1$ -ден төмен.

Ұсыныс.

1. Шығыр жұмысын реттеу үшін шығыр алдындағы буды аралық аса қыздыру қажет.

2. ШЭС-тің үнемиеттік тиімділігін көтеру үшін, жергілікті (жылуландыру (теплофикация) мен химиялық су тазалау және тәсілдік сумен қамту, көкөніс өсіру (теплица) жүйелері ж.т.б.) мүмкіншіліктерді ескере, төменгі ыстықтықты қайраттық қылдық қорларын (ҚҚК) пайдалану керек. Тіпті болмаса, қаралған ШЭС-ті аса тиімді ЖЭО-ға не бугазды (қос айналымды) қондырғыға (БГҚ-ға) жобалау қажет.

1.1 к е с т е – 1.2 Тапсырманың негізгі қорытындылары

№	Аты	Таңбасы	Өлшем бірлігі	Мәні
1	ШЭС-тің электрлік әсерлі ПЖЕ-і	$\eta_{ээ}^{шэс}$	%	33
2	Шығырдың қуаты	N	МВт	100
3	ШЭС-тің меншікті отын шығысы	b_H	г/(кВт·сағат)	363,6
4	Шықтағыштың жылылық ысырабы	q_2/q_0	%	55
5	Шығырдың шығысындағы су буының құрғақтық дәрежесі	x_2	-	0,75
		$x_{2н}$	-	0,84
6	ШЭС-тің қайраттық жалпы ысырабы	$q_{ы}/q_0$	%	67

1.3 Тапсырма. ЖЭО-ның сағаттық отын шығысын анықтау

Өндірістік ЖЭО-дағы әрқайсысының электрлік қуаты $N_3 = 4$ МВт-ты екі қарсы қысымды (Р) шығырлардан шыққан будың жылулығы өндірістік пайдаланып, толық шықтанып, айналымға қосылады. Олардың көрсеткіштері $p_1 = 3,5 + 0,1m + 0,05n$ МПа, $t_1 = 435 + m + n$ °С, $p_2 = 0,12$ МПа. Қондырғы Ренкин айналымымен істейді. Отынның жану жылылығы $Q_{т}^{ж} = 28,47$ МДж/кг. Бу қазаны ПЖЕ-сі $\eta_{бк} = 0,84$. ЖЭО-ның сағаттық отын шығысын анықтаңыз.

1.3 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Су мен су буының жылу физикалық қасиеттерінің h_s – көрнек сызбағы мен [3] анықтамасынан берілген нүктелердегі қажырларды табамыз $h_1 = 3303$ кДж/кг, $h_2 = 2538$ кДж/кг, $h_3 = 439,4$ кДж/кг (1.3 суретті қараңыз).

Шығырға берілетін будың сағаттық шығысы

$$D = \frac{3600 \cdot 2 \cdot N_3}{h_1 - h_2} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 4000}{3302 - 2538} = 372680 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}. \quad (1.23)$$

Өндірістің пайдаланатын жылылық

$$Q_{\theta_i} = D(h_2 - h_3) = 37680 \cdot (2538 - 439,4) = 79,1 \text{ ГДж/сағ}. \quad (1.24)$$

Бу қазанындағы будың алған жылылығы

$$Q = D(h_1 - h_3) = 37680 \cdot (3302 - 439,4) = 107,9 \text{ ГДж/сағ}. \quad (1.25)$$

ЖЭО-ның сағаттық отын шығысы

$$B_{жэо} = \frac{Q}{Q_m^{ж} \eta_{бк}} = \frac{107,9 \cdot 10^6}{28470 \cdot 0,84} = 4511 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}. \quad (1.26)$$

1.4 Тапсырма. ЖЭО айналымының отын өнімділігін анықтау

1.3 тапсырманың ЖЭО электр қуаты мен жылылығы жекеленіп ШЭС-та және төменгі қысымды жылулық қазанда өндірілетін болсын. Жылулық қазанның ПЖЕ-сі және басқадай көрсеткіштері сол 1.3 тапсырмадай және ШЭС шығырының шығысындағы бу қысымы кәдімгідей $p_2 = 4$ кПа болсын.

ЖЭО-ның отындық өнімді екенін көру үшін осы екі тапсырмадағы жағдайларда (ЖЭО және жекеленген ШЭС пен ЖҚ-лардың) пайдалы жұмыс еселеуіштерін анықтап салыстыру керек.

1.4 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Айналымның берілген нүктелерінің қажырлары $h_1 = 3302$ кДж/кг, $h_2 = 2092$ кДж/кг, $h_3 = 121,4$ кДж/кг (1.3 суретті қараңыз).

Шығырға берілетін будың сағаттық шығысы

$$D = \frac{3600 \cdot 2 \cdot N_3}{h_1 - h_2} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 4000}{3302 - 2092} = 23760 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}. \quad (1.27)$$

Жылулық қазандағы будың алған жылылығы

$$Q = D(h_1 - h_3) = 23760 \cdot (3302 - 121,4) = 75,6 \text{ ГДж/кг}. \quad (1.28)$$

ШЭС-тің сағаттық отын шығысы

$$B_{\text{шэс}} = \frac{Q}{Q_m^{\text{жс}} \eta_{\text{бк}}} = \frac{75,6 \cdot 10^6}{28470 \cdot 0,84} = 3160 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}. \quad (1.29)$$

Өндіріске бұрынғыдай қажетті жылылығын беретін жылулық қазанның сағаттық отын шығысы

$$B_{\text{жск}} = \frac{Q_{\theta n}}{Q_m^{\text{жс}} \eta_{\text{бк}}} = \frac{79,1 \cdot 10^6}{28470 \cdot 0,84} = 3306 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}. \quad (1.30)$$

ШЭС пен ЖҚ-ның сағаттық отын шығыстары

$$B_{\Sigma} = B_{\text{шэс}} + B_{\text{жск}} = 3160 + 3306 = 6466 \text{ кг/сағ}. \quad (1.31)$$

Жекелеп электр қуатын және жылылық өндіретін ШЭС пен ЖҚ-ға қарағандағы ЖЭО-ның отын өнімділігі

$$\frac{B - B_{\text{жэо}}}{B_{\Sigma}} = \frac{6466 - 4511}{106413} \cdot 100\% = 30,3\%. \quad (1.32)$$

ЖЭО-ның пайдалы жұмыс еселеуіші

$$\eta_{\text{жэо}} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot N_{\text{э}} + Q_{\theta n}}{B_{\text{жэо}} \cdot Q_m^{\text{жс}}} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 4000 + 79,1 \cdot 10^6}{4511 \cdot 28470} = 0,840. \quad (1.33)$$

Осы еселеуіштің екінші жолғы (жекеленген ШЭС пен ЖҚ-лардың) мәні

$$\eta_{\text{шэс+жск}} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot N_{\text{э}} + Q_{\theta n}}{B_{\text{жэо}} \cdot Q_m^{\text{жс}}} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 4000 + 79,1 \cdot 10^6}{6466 \cdot 28470} = 0,586. \quad (1.34)$$

ЖЭО-ның жылу мен электр қайратын өндіруі жекеленген ШЭС пен ЖҚ-лардан $0,840/0,586 = 1,433$ есе (43,3 пайызға) тиімді болды.

1.5 Тапсырма. Қайрылған жылылықтың әсерін анықтау

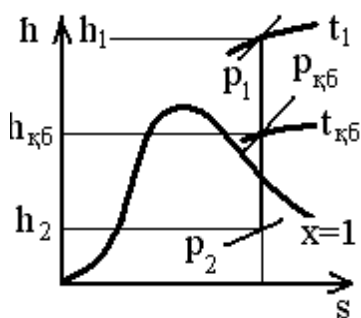
N_3 қуатты шығыр көрсеткіштері $p_1 = 3,5 + 0,1m + 0,05n$ МПа, $t_1 = 435 + m + n$ °С, $p_2 = 4$ кПа. Бу қазанына берілетін қорек (питательная) суды қыздыруға шығырдан $p_{\text{кб}} = 0,12$ МПа қысымды бу алынады.

Бу мен жылылықтың меншікті шығыстарын және қайтымды Ренкин айналымының пайдалы жұмыс еселеуішін және қайрылған (жаңғыртылған) жылылықтың әсерін анықтап, талдау керек.

1.5 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Су мен су буының жылу физикалық қасиеттерінің h_s -сызбағы мен [3] анықтамасы бойынша келесі есепке қажетті көрсеткіштерді анықтаймыз $h_1 = 3302$ кДж/кг, $h_{\text{кб}} = 2538$ кДж/кг, $h_2 = 2092$ кДж/кг, $h'_{\text{кб}} = 439,4$ кДж/кг, $h'_2 = 121,4$ кДж/кг, $t''_2 = 29$ °С, $t'_{\text{кб}} = 104,8$ °С (1.3 пен 1.4 суреттерді қараңыз).

Қайрылған будың үлесін жылылық теңестігінен, араластырғышта қорек суы $p_{\text{кб}}$ -дағы қанығу ыстықтығы $t'_{\text{кб}}$ -ға дейін қыздырылады деп, анықтаймыз



1.4 сурет - Қажыр өзгерісінің сұлбесі

$$\alpha = \frac{h'_{кб} - h'_2}{h_{кб} - h'_2} = \frac{439,4 - 121,4}{2538 - 121,4} = 0,13. \quad (1.35)$$

Мұндағы (кДж/кг) $h_{кб}$ - шығырдың алуындағы будың қажыры;

$h'_{кб}$ мен h'_2 - $p_{кб}$ мен p_2 -лердегі қаныққан шықтардың қажырлары.

Жаңғыртулы айналымдағы 1 кг будың пайдалы жұмысы

$$l_{кб} = h_1 - h_2 - \alpha(h_{кб} - h_2) = 3302 - 2092 - 0,13(2538 - 2092) = 1152 \text{ кДж/кг}. \quad (1.36)$$

Бу мен жылылықтың меншікті шығындары

$$d_{кб} = \frac{3600}{l_{кб}} = \frac{3600}{1152} = 2,12 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{сағ}}, \quad (1.37)$$

$$q_{кб} = d_{кб}(h_{кб} - h'_{кб}) = 3,12(3302 - 439,4) = 8938 \text{ кДж}/(\text{кВт} \cdot \text{сағ}). \quad (1.38)$$

Қайрылған жылылықты Ренкин айналымының қайтымды ПЖЕ-сі

$$\eta_{кжс} = \frac{l_{кб}}{h_1 - h'_{кб}} = \frac{1152}{3302 - 439,4} = 0,40. \quad (1.39)$$

Қайрылған жылылығы жоқ Ренкин айналымының қайтымды ПЖЕ-сі

$$\eta_{к} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h'_2} = \frac{3302 - 2092}{3302 - 121,4} = \frac{1210}{3180,6} = 0,38. \quad (1.40)$$

Қайрылған жылылықтың әсері

$$\frac{\delta\eta_{кжс}}{\eta_{к}} = \frac{\eta_{кжс} - \eta_{к}}{\eta_{к}} \cdot 100 = \frac{0,40 - 0,38}{0,38} \cdot 100 = 5,26 \%. \quad (1.41)$$

Бақылау сұрақтары.

1. Отынды үнемдеу мен қоршаған ортаны сақтаудың маңыздылығы.
2. Жылуқозғалымдық айналымдардың ең тиімді түрлері.
3. ЖЭО-ның өнімділік көрсеткіштері.
4. Жылу электр станцияларының негізгі қағидалы сұлбелері.
5. Су мен су буының жылу физикалық қасиеттерінің h_s – сызбағы.
6. Ренкин айналымының пайдалы жұмыс еселеуіштері мен жылулық және шықтық электр станциялардың отын шығындарын анықтау есебі.
7. ЖЭО-ның сағаттық отын шығынын анықтау есебі.
8. ЖЭО айналымының отын өнімділігін анықтау есебі.
9. Қайрылған жылулықтың әсерін анықтау есебі.

2 Жылуөткізгіштік пен жылуөту

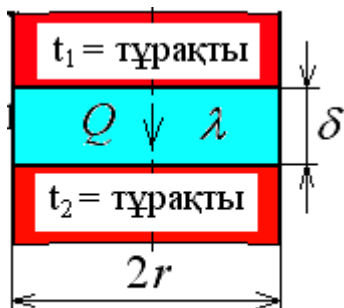
2.1 Тапсырма. Денелердің жылуөткізгіштік еселеуішін тікмегзем әдісімен анықтау

Жылуөткізгіштігі анықталатын дене өресі $r = 10$ мм мен қалыңдығы $\delta = 1$ мм-лі сырықты табақшадан жасалған. Ол ыстықтықтары $t_1 = 120 + m + 0,2n$ °C мен $t_2 = 20 + m + 0,2n$ °C тұрақты, қалыптасқан жылулық ағыны $Q = 23,2$ Вт, екі үйектің арасында тығыз орналасқан. Зерттелетін дене өрелі жылулық ысыраптары болмастай өтеуленген (2.1 суретті қараңыз).

Зерттелген дененің жылуөткізгіштік λ еселеуішін анықтаңыз.

2.1 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Зерттелген дененің жылуөткізгіштік λ еселеуішін қалыптасқан жылулықтың кейіптемесімен табамыз



2.1 сурет

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F, \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(t_1 - t_2)F} = \frac{Q\delta}{(t_1 - t_2)\pi r^2} = \frac{23,2 \text{ Вт} \cdot 0,001 \text{ м}}{(120 - 20) \text{ К} \cdot \pi 10^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 0,739 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}. \quad (2.2)$$

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы $\lambda = 0,739$ Вт/(м·К).

Бақылау сұрақтары.

1. Жылуөткізгіштік еселеуіштің анықтаушы ыстықтығы не болады?
2. Жылуөткізгіштік еселеуішті ыстықтыққа тәуелді қалай анықталады?
3. Нақты жағдайлардағы есептің әдісі қандай болады?
4. Неліктен зерттелетін дененің мөлшерлері $\delta \ll r$ болуға тиіс?
5. Денелердің жылуфизикалық қасиеттерін зерттеу неліктен маңызды?

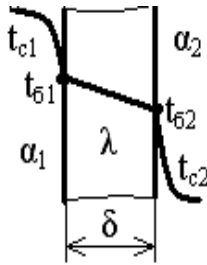
2.2 Тапсырма. Жылуөту

Пештің шамот кірпішінен жасалған қабырғасының жылуөткізгіштік еселеуіші $\lambda(t) = 0,84(1 + 0,695 \cdot 10^{-3} t) = \lambda_0(1 + \nu t)$ Вт/(м·К) мен қалыңдығы $\delta = 250$ мм. Пештегі газ бен бөлмедегі ауаның ыстықтықтары $t_{c1} = 1200 - m - n$ °C мен $t_{c2} = 30$ °C. Газдан қабырғаға және қабырғадан ауаға берілетін жылудың еселеуіштері $\alpha_1 = 30 + m + 0,2n$ Вт/(м²·К) мен $\alpha_2 = 10$ Вт/(м²·К) (2.2 суретті қараңыз).

Жылуөту еселеуіші k , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ мен жылу ағынының тығыздығы q , $\text{Вт}/\text{м}^2$ және қабырғаның $t_{\delta 1}$ мен $t_{\delta 2}$ бет ыстықтықтарын дәлдігі 5 пайыз жуықты әдіспен анықтаңыз.

2.2 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Төрт белгісіздерді анықтау үшін келесі кейіптемелерді аламыз



2.2 сурет

$$q = \alpha_1 (t_{c1} - t_{\delta 1}), \quad (2.3)$$

$$q = \frac{\lambda^{op}}{\delta} (t_{\delta 1} - t_{\delta 2}), \quad (2.4)$$

$$q = \alpha_2 (t_{\delta 2} - t_{c2}), \quad (2.5)$$

$$q = k(t_{c1} - t_{c2}). \quad (2.6)$$

Пештің қабырғасының жылуөткізгіштік еселеуішінің ыстықтыққа сызықты тәуелділігі арқылы оның (2.4)-тегі аумақшылық орта мәні белгілі шекті мәндерінің арифметикалық орта мәніне тең екенін көреміз

$$\lambda^{op} = \frac{1}{t_{\delta 1} - t_{\delta 2}} \int_{t_{\delta 2}}^{t_{\delta 1}} \lambda_0 (1 + bt) dt = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}. \quad (2.7)$$

Белгісіз $t_{\delta 1}$ мен $t_{\delta 2}$ -лермен анықталатын (2.7)-дегі λ_1 мен λ_2 -лер де белгісіз болады. Сондықтан λ^{op} – бесінші белгісіз шама. Жылуөту еселеуіші

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda^{op}} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (2.8)$$

(1.3) ÷ (1.5)-терден шығатынынан, мұнда бесінші тәуелсіз теңдеу болмайды.

Сонымен, (1.3) ÷ (1.6) теңдеулердің жүйесі тұйықталмайтындықтан, есепті біртіндеп жуықтау әдісімен (БЖӘ) шешеміз.

БЖӘ-нің бірінші жуықтысы ретінде қабырғаның орта ыстықтығы деп оны қоршаған жылутасығыштар ыстықтықтарының арифметикалық орта мәнін аламыз $t_6^{op'} \approx (1200 + 30)/2 = 650 \text{ } ^\circ\text{C}$. Анықталатын жылуөткізгіштік пен жылуөту еселеуіштері және жылу ағынының тығыздығы мен қабырғаның бет ыстықтықтарының бұған сәйкесті бірінші жуықты мәндерін табамыз

$$\lambda^{op'} = 0,84(1 + 0,695 \cdot 10^{-3} \cdot 650) = 1,12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \quad (2.7')$$

$$k' = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda^{op'}} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{30} + \frac{0,25}{1,12} + \frac{1}{10} \right)^{-1} = 2,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (2.8')$$

$$q' = k'(t_{c1} - t_{c2}) = 2,81(1200 - 30) = 3290 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (2.6')$$

$$t_{\delta 1}' = t_{c1} - q'/\alpha_1 = 1200 - 3290/30 = 1091 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.3')$$

$$t_{\delta 2}' = t_{c2} + q'/\alpha_2 = 30 + 3290/10 = 359 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.5')$$

БЖӘ-нің екінші жуықтысы ретінде қабырғаның орта ыстықтығы деп оның бірінші жуықтысындағы бет ыстықтықтарының арифметикалық орта

мәнін алып, бұған сәйкесті жылуөткізгіштік пен жылуөту еселеуіштері және жылу ағыны тығыздығының (екінші жуықты) мәндерін табамыз

$$t_6^{op''} \approx (t_{61}' + t_{62}')/2 = (1091 + 359)/2 = 725 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.9'')$$

$$\lambda^{op''} = 0,84(1 + 0,695 \cdot 10^{-3} \cdot 725) = 1,265 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}, \quad (2.7'')$$

$$k'' = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda^{op''}} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{30} + \frac{0,25}{1,265} + \frac{1}{10} \right)^{-1} = 3,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}, \quad (2.8'')$$

$$q'' = k''(t_{c1} - t_{c2}) = 3,02(1200 - 30) = 3530 \text{ Вт/м}^2. \quad (2.6'')$$

Жылу ағыны тығыздығының бұл мәніндегі қабырғаның бет ыстықтықтары мен қабырғаның орта ыстықтығы және бұған сәйкесті жылуөткізгіштік еселеуішінің үшінші жуықтаудағы орта мәні келесіге тең

$$t_{61}'' = t_{c1} - q''/\alpha_1 = 1200 - 3530/30 = 1082 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.3'')$$

$$t_{62}'' = t_{c2} + q''/\alpha_2 = 30 + 3530/10 = 383 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.5'')$$

$$t_6^{op''''} \approx (t_{61}'' + t_{62}'')/2 = (1082 + 383)/2 = 732 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.9''')$$

$$\lambda^{op''''} = 0,84(1 + 0,695 \cdot 10^{-3} \cdot 732) = 1,267 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}. \quad (2.7''')$$

Үшінші жуықтада жылуөткізгіштік еселеуішінің орта мәні онша өзгерген жоқ, яғни, оның есептік дәлділігі берілгенінен келесідей көп жоғары

$$\delta\lambda = \frac{\lambda^{op''''} - \lambda^{op''}}{\lambda^{op''}} 100\% = \frac{1,267 - 1,265}{1,265} 100\% = 0,16\% \ll 5\%. \quad (2.9)$$

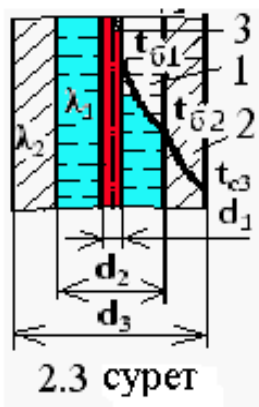
Сонымен, есеп аяқталады. Оның $m = n = 0$ түрлемінің жауабы ретінде бұл жолы екінші жуықты қорытындылары алынады

$$t_{61} \approx t_{61}'' = 1082 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad t_{62} \approx t_{62}'' = 383 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad k \approx k'' = 3,02 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \quad q \approx q'' = 3530 \text{ Вт/м}^2.$$

Кейде талдаулық күрделі шешімдердің орнына мүмкін дәлдікпен БЖӘ-ні пайдаланған ұтымды.

Бақылау сұрақтары.

1. Пештің жылылық ысыраптарын қалай бағалап, азайтуға болады?
2. Пештің ішкі бетінің күйеленуі жылулық неге соғады?
3. Қабырғаның бет ыстықтықтары қалай тұрақталады?
4. α_1 , α_2 , k -лердің мәндерін өзара салыстырыңыздар.
5. 2.2 суреттегі ыстықтықтар α_1 , λ/δ , α_2 , k -лерге қалай байланысты?
6. БЖӘ-нің қаралған есептегі пайдалануын түсіндіріңіздер.



2.3 сурет

2.3 Тапсырма. Сұйықтың жылуөткізгіштік еселеуішін қыздырылған сым әдісімен анықтау

Сұйықтардың жылуөткізгіштік еселеуішін «қыздырылған сым» әдісімен анықтайтын аспапта (2.3 суретті қараңыз) платина сымы 3 пен кварц 2 түтікшенің аралығына май 1 құйылған. Платина сымының қосөресі мен ұзындығы $d_1 = 0,12$ мм мен $l = 90$ мм; кварц түтікшенің ішкі және сыртқы қосөреселері $d_2 = 1$ мм мен $d_3 = 3$ мм және жылуөткізгіштік еселеуіші $\lambda_2 = 1,4$ Вт/(м·К).

Жылулық ағыны $Q = 1,8 + 0,1m + 0,02n$ Вт пен платина сымының ыстықтығы $t_{61} = 106,9 + m + 0,2n$ °С және кварц түтікшенің сыртқы бет ыстықтығы $t_{63} = 30,6$ °С-лерде зерттелетін майдың жылуөткізгіштік еселеуіші λ_1 мен орта ыстықтығы t_1^{op} -ді анықтаңыз.

2.3 Тапсырма шешімінің мысалы ($m = n = 0$).

Зерттелетін қосқабатты сырықтың жылуөткізгіштік ағынының кейіптемесін ыңғайлы мына түрде жазайық

$$\frac{2\pi d(t_{61} - t_{63})}{Q} = \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}. \quad (2.10)$$

Мұнан, берілген мәліметтерді ескере, λ_1 -ді келесідей анықтаймыз

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{2\pi d(t_{61} - t_{63})}{Q} / \ln \frac{d_2}{d_1} - \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} / \ln \frac{d_2}{d_1},$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{2\pi \cdot 0,09(106,9 - 30,6)}{1,8} / \ln \frac{1}{0,12} - \frac{1}{1,4} \ln \frac{3}{1} / \ln \frac{1}{0,12} = \frac{1}{0,0915}. \quad (2.11)$$

Зерттелген майдың анықталған $\lambda_1 = 0,0915$ Вт/(м·К) жылуөткізгіштік еселеуішін сипаттаушы орташа ыстықтығы t_1^{op} -ді жуықты оны қоршаған денелердің бет ыстықтықтарының арифметикалық орташа мәнімен табамыз

$$\frac{2\pi d(t_{a2} - t_{a3})}{Q} = \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}, t_{a2} = t_{a3} + \frac{Q}{2\pi \lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} = 30,6 + \frac{1,8}{2\pi \cdot 0,09 \cdot 1,4} \ln \frac{3}{1} =$$

$$= 33,1 \text{ } ^\circ\text{C}, t_1^{op} = (t_{a1} + t_{a2}) / 2 = (106,9 + 33,1) / 2 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.12)$$

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы: $\lambda_1 = 0,0915$ Вт/(м·К), $t_1^{op} = 70$ °С.

Бақылау сұрақтары.

1. Неліктен жылу көзі қымбат платина сымынан жасалған?
2. Неліктен зерттелген сұйықтың орташа ыстықтығы анықталады?
3. Платина сымының ыстықтығы t_{61} қалай анықталады?

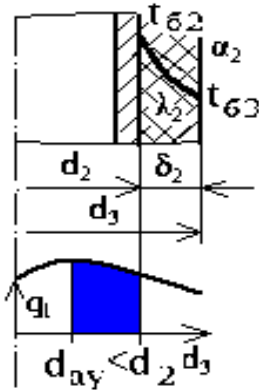
2.4 Тапсырма. Аумалы қосөре

Сыртқы қосөресі $d_2 = 200 + m + 0,5n$ мм мен сыртқы бет ыстықтығы $t_{62} = 130 + m + 0,2n$ °С құбырды жылулық оқшаулау қажет. Оқшауланғаннан кейін де $t_{62} = 130 + m + 0,2n$ °С болсын. Оқшауланған құбырдың сыртқы бет ыстықтығы мен сызықты жылулық тығыздығы келесідей шектелсін $t_{63} \leq 30$ °С мен $q_1 \leq 200$ Вт/м және сыртқы жылуөткізгіштік еселеуіші $\alpha_2 = 10 + m + 0,2n$ Вт/(м²·К) болсын (2.4 суретті қараңыз).

Жылуөткізгіштік еселеуіші $\lambda_2 = 0,05 + 0,1m + 0,1 \cdot n$ Вт/(м·К)-ді зат жылулық оқшаулауға жарай ма? Егер жарайтын болса, жылулық оқшаулаушы қабаттың қалыңдығы δ_2 қандай болуға тиіс?

2.4 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Сырықтың (цилиндр, стержень) аумалы қосөресі ($\alpha_2(d_3) = \text{тұрақты деп}$) келесідей анықталады $Bi \approx 2$, $\alpha_2 d_{ay}/\lambda_2 \approx 2$, $d_{ay} \approx 2\lambda_2/\alpha_2 \approx 2 \cdot 0,05/10 = 0,01\text{м}$.



2.4 сурет

Бұл түрлемде $d_{ay} \approx 10 \text{ мм} < d_2 = 200 \text{ мм}$ болғандықтан жылуөткізгіштік еселеуіші $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ зат жылулық оқшаулауға жарайды. Өйткені оқшаулағыштың қалыңдығы өсе келе, 2.4 суретте көрсетілгендей, жылулық ысыраптың тығыздығы ($q_1 < q_1^{\text{ену}}$, $\partial q_1/\partial d_3 < 0$) азаяды.

Берілген $t_{63} \leq 30^\circ\text{C}$ мен $q_1 \leq 200 \text{ Вт/м}$ шартты орындау үшін жылулық оқшаулауға жарайтын заттың қажетті δ_2 қалыңдығын қалыптасқан жылуөткізгіштіктің сызықты жылулық тығыздығының келесі кейіптемесі арқылы анықтаймыз

$$q_l = \frac{Q}{l} = 2\pi\lambda_2(t_{62} - t_{63}) / \ln \frac{d_3}{d_2}. \quad (2.13)$$

Кейде, $d_3/d_2 < 2$ болғанда, (2.13)-тегі логарифмнің қатарға ыдырауының бірінші қосындысын 4 пайыздан жоғары дәлділікпен алып, яғни $\ln(d_3/d_2) \approx 2\delta_2/d_2$ деп, жуықты есептеу қолайлы болады

$$\begin{aligned} \ln \frac{d_3}{d_2} \Big|_{d_3/d_2 \rightarrow 1} &\approx \left(\frac{d_3}{d_2} - 1 \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{d_3}{d_2} - 1 \right)^2 + \\ &+ \dots \approx \left(\frac{d_3}{d_2} - 1 \right) = \frac{d_3 - d_2}{d_2} = \frac{2\delta_2}{d_2}, \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$q_l \Big|_{d_3 \leq 2d_2} \approx 2\pi\lambda_2(t_{62} - t_{63})d_2 / (2\delta_2). \quad (2.15)$$

Жуықты (2.15) кейіптеме бойынша

$$\delta_2 \approx \pi\lambda_2 d_2 (t_{62} - t_{63}) / q_l = \pi \cdot 0,05 \cdot 0,2(130 - 30) / 200 = 0,0157\text{м}. \quad (2.16)$$

Жуықты есептің бірінші шарты

$$d_3^{\approx} = d_2 + 2\delta_2 \approx 200 + 2 \cdot 15,7 = 231,4 \text{ мм}, \quad d_3^{\approx} / d_2 \approx 231,4/200 = 1,57 < 2$$

орындалғанымен, $\delta_2 \approx 15,7 \text{ мм}$ деп алу үшін, жуықты есептің берілген дәлділігінің (екінші шартының) орындалуын тексеру қажет, өйткені жуықты есептің әрбір кезеңінің қателіктері қосылып отырады. Бұл жолы жуықты есептің дәлділігі (айырмашылығы)

$$\begin{aligned} q_l^{\text{есепті}} / q_l^{\text{шартты}} &= [2\pi\lambda_2(t_{c2} - t_{c3}) \ln(d_3^{\approx} / d_2)] / q_l^{\text{шартты}} = \\ &= [2\pi \cdot 0,05 \cdot 100 \ln(231,4 / 200)] / 200 = 1,077, \quad 7,7 \% \end{aligned}$$

шартты дәлділіктен (4 %) төмен болғандықтан $\delta_2 \approx 15,7 \text{ мм}$ тек жуықты бағалаулық қорытындысы болып, оның тура мәні (2.13) бойынша табылады

$$\begin{aligned} \ln(d_3/d_2) &= 2\pi\lambda_2(t_{62} - t_{63})/q_1 = 2\pi \cdot 0,05 \cdot 100/200 = 0,157, \quad d_3/d_2 = 1,17, \\ d_3 &= 1,17d_2 = 1,17 \cdot 200 = 234 \text{ мм}, \quad \delta_2 = (d_3 - d_2)/2 = (234 - 200)/2 = 17 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (2.17)$$

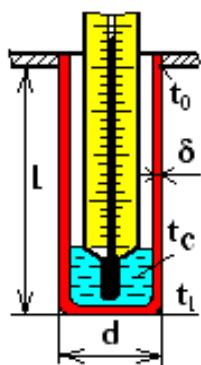
Сонымен, қаралған жылулыққашаулағышты пайдалануға болады және оның жеткілікті қалыңдығы 17 мм $[(17-15,7)/17=0,07647=7,647\%]$.

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы: берілген зат жылулық қашаулауға жарайды, оның қалыңдығы 17 мм болуға тиіс.

Бақылау сұрақтары.

1. Бұл есептің шарттарында неліктен t_{62} -ге құбырдың жылулық оқшаулануы әсер етпейді деп қаралған?
2. Сырықты қабырғаның аумалы қосөресі деген не?
3. λ_{ay} мен α_{ay} -лардың ұғымдарын түсіндіріңіз. λ_{ay} -ға d_2 мен α_2 қандай әсер етеді ([6]-дан қараңыз)?
4. Егер $\lambda_2(t)$ болса, есептің қорытындылары қалай өзгерер еді?
5. Егер берілген жылуөткізгіштік зат ысыраптың сызықты жылулық тығыздығын өсіретін болса, не істеу керек?

2.5 Тапсырма. Ортаның дәл ыстықтығын анықтау



2.5 сурет

Сауыттағы ауаның ыстықтығы сынапты өлшегішпен анықталады. Ол май құйылған болат құбыршада орналасқан (2.5 суретті қараңыз). Өлшегіш құбырша шетінің ыстықтығы $t_l = 84 + m + 0,2n$ °C, табанының ыстықтығы $t_0 = 40$ °C, ұзындығы $l = 120 + m + 0,2n$ мм, қабырғасының қалыңдығы $\delta = 1,5$ мм, жылуөткізгіштік еселеуіші $\lambda = 55,8 - m - 0,1 \cdot n$ Вт/(м·К). Ауадан құбыршаға берілетін жылудың еселеуіші $\alpha = 23,3$ Вт/(м²·К).

Құбыршаның жылуөткізгіштігінен пайда болатын ыстықтың өлшеулік қателігі $t_c - t_l$ мен ауаның нақты t_c ыстықтығын анықтаңыз.

2.5 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Есептеуге шекті сырық шешімінің келесі кейіптемесін алайық

$$\frac{\mathcal{Q}_1}{\mathcal{Q}_0} = \frac{t_c - t_l}{t_c - t_0} = \frac{1}{ch(ml)}. \quad (2.18)$$

Мұндағы $m = \sqrt{\alpha u / (\lambda f)}$ - сырық жылуөткізгіштігінің шаққылық теңдеуінің көрсеткіші, м⁻¹;

$u = \pi d$ - құбыршаның жиектігі;

$f = \pi d \delta$ - құбыршаның қимасы, м².

Сондықтан $u / f \approx 1 / \delta$, $m = \sqrt{23,3 / (55,8 \cdot 0,0015)} = 16,71 / м$, $ml = 16,7 \cdot 0,12 = 2$, $ch(2,0) = 3,76$,

$$\frac{t_c - t_l}{t_c - t_0} = \frac{1}{3,76} = 0,266, \quad t_c = \frac{t_l - 0,266t_0}{1 - 0,266} = \frac{84 - 0,266 \cdot 40}{0,734} = 100^\circ \text{C}.$$

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы: ауаның нақты ыстықтығы $t_c = 100^\circ \text{C}$ мен оның өлшеулік қателігі $t_c - t_l = 100 - 84 = 16^\circ \text{C}$.

Бақылау сұрақтары.

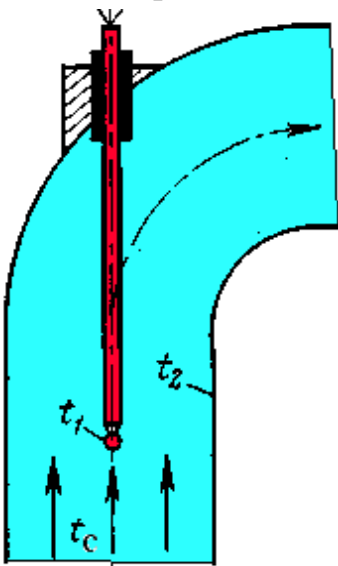
1. Сырықтарды зерттеудің қажеттілігі неде?
2. Құбыршадағы майдың қажеттілігі неде?
3. Теориялық (2.18) кейіптеме неліктен жуықты?

№ 2 ЕСЖ-ның жалпы бақылау сұрақтары.

1. Жылуөткізгіштік пен жылуберудің және жылуөтудің жылу ағын тығыздықтарының кейіптемелерін өзара салыстырыңыздар.
2. α мен k және λ/δ еселеуіштері нені анықтайды?
3. Неліктен $k < \alpha_1, \alpha_2, \lambda/\delta$?
4. Жылу (жылу мөлшері) Q_T мен жылу ағыны (жылылық) Q және жылу ағынының (жылылық) тығыздығы q дейтініміз не?

3 Сәулелену жылуалмасуы

3.1 Тапсырма. Газ ыстықтығын өлшеудің қателігін анықтау



3.1 сурет

Арнамен ағатын ыстық газдың ыстықтығы өлшегішпен анықталған қалыптасқан ыстықтығы $t_1 = 300 + m + 0,5n$ °С, қабырғаның ішкі бетінің ыстықтығы $t_2 = 200 + m + 0,5n$ °С, ыстық жұптың қаралық дәрежесі $\varepsilon_1 = 0,8$ бен оған газдан берілетін жылудың (жылуберу) еселеуіші $\alpha = 58 + m + 0,5n$, Вт/(м²К) (3.1 суретті қараңыз).

Ыстық жұптан қабырғаға кететін сәулелену жылулығы арқылы пайда болатын ыстықтықты өлшеу қателігі мен газдың дәл ыстықтығын анықтаңыз.

3.1 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m=n=0$).

Ыстық жұптың жылулық теңестігін жасайық.

Ыстық жұптың қабырғаға беретін сәулеленулік жылылығы

$$Q = F_1 \varepsilon_1 C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (3.1)$$

мен газдан ағынды алатын жылылығы

$$Q = F_1 \alpha (t_c - t_1) \quad (3.2)$$

қалыптасқан күйде өзара тең болады

$$\alpha(t_c - t_1) = \varepsilon_1 C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]. \quad (3.3)$$

Мұнан, белгілі мәліметтерді ескере, ыстықтың өлшеу қателігін табамыз

$$t_c - t_1 = \frac{0,8 \cdot 5,67}{58} \left[\left(\frac{300 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{200 + 273}{100} \right)^4 \right] = 45,5^\circ \text{C}.$$

Сонда газдың дәл ыстықтығы $t_c = 300 + 46,5 = 346,5^\circ \text{C}$ болады.
 $m = n = 0$ түрлемінің жауабы: $t_c - t_1 = 45,5^\circ \text{C}$, $t_c = 346,5^\circ \text{C}$.

Бақылау сұрақтары.

1. Сәулелену жылылығы деп нені атаймыз?
2. (3.1)-дегі C_0 қалай аталады, ол нені сипаттайды және неге тең?
3. Сәулелену жылуалмасудың аса қарқыны неге байланысты?
4. Неліктен ыстық жұп газдың ыстықтығын дәл көрсетпейді?
5. Жылылық (3.3) теңестікте газдың жылуөткізгіштігі ескерілген бе?
6. Ыстықтың ыстық жұппен өлшеудің дәлділігін қалай көтеруге болады?

3.2 Тапсырма. Газ ыстықтығын өлшеудің дәлділігін көтеру

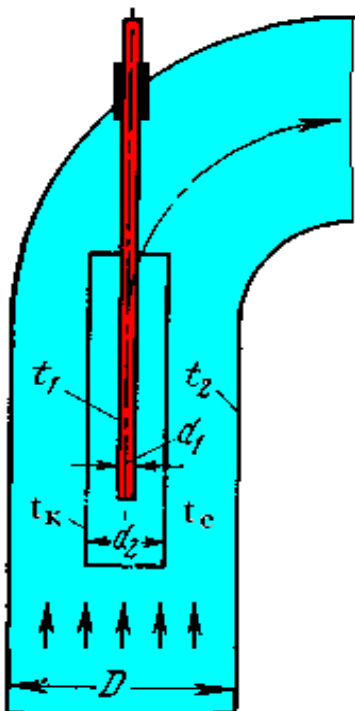
Газ ағынының ыстықтығын өлшеудің қателігі қандай болады, егер газөткізгіштіктің сыртын жылулық оқшаулау арқылы оның ішкі бетінің ыстықтығы $t_2 = 250 + m + 0,5n^\circ \text{C}$ -ге көтерілсе? Басқадай мәліметтер 3.1 тапсырмадай болсын.

Бұл тапсырма 3.1 тапсырмадай және сол түрлем бойынша жасалады.
 $m = n = 0$ түрлемінің жауабы: $t_c - t_1 = 23,5^\circ \text{C}$, $t_c = 323,5^\circ \text{C}$.

Бақылау сұрақтары.

1. Неліктен бұл жолы ыстықтың өлшеудің дәлділігі өсті?
2. Арнаның сыртын жылулық неге оқшаулайды? Мұны газ ағынының ыстықтығын өлшеудің қателігін азайту әдісі деуге бола ма?
3. Ыстықтың ыстық жұппен өлшеудің дәлділігін тағы қалай көтеруге болады?
4. Ыстықтың өлшейтін, ыстық жұптан басқадай, қандай аспаптар бар?

3.3 Тапсырма. Жылулық сақтау қалқаларының әрекеті



3.2 сурет

Қосөресі $D = 500$ мм арнадағы ыстық газдың (қосөресі $d_2 = 10$ мм сырықты қалқалы) қосөресі $d_1 = 5$ мм кедергілі ыстықтықты өлшегішпен анықталған ыстықтығы $t_1 = 300 + m + 0,5n$ °С, арнаның ішкі бетінің ыстықтығы $t_2 = 200 + m + 0,5n$ °С, ыстықтықты өлшегіш пен қалқаға берілетін жылудың еселеуіші $\alpha = 58 + m + 0,1 \cdot n$ Вт/(м²·К), беттерінің қаралық дәрежелері $\varepsilon_1 = \varepsilon_k = 0,8$ (3.2 суретті қараңыз).

Ыстық жұптан қабырғаға кететін сәулелену жылулығы арқылы пайда болатын ыстықтықты өлшеу қателігі мен газдың дәл ыстықтығын анықтаңыз.

Табылған және 3.1 мен 3.2 тапсырмалардың қорытындыларын салыстырыңыз.

3.3 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Ыстық жұптың жылулық теңестігін жасайық:

а) кедергілі ыстықтықты өлшегіш

$$\alpha \pi d_1 (t_c - t_1) = \pi d_1 C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right] / \left[\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{d_1}{d_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_k} - 1 \right) \right]; \quad (3.4)$$

б) қосөресі салыстырмалы аз ($d_2 \ll D$) қалқаға

$$\alpha \pi d_1 (t_c - t_1) + 2\alpha \pi d_2 (t_c - t_k) = \pi d_2 \varepsilon_k C_0 \left[\left(\frac{T_k}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]. \quad (3.5)$$

(3.4) пен (3.5)-тең келесілер табылады

$$t_c = \frac{C_0}{\alpha} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right] / \left[\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{d_1}{d_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_k} - 1 \right) \right] + t_1, \quad (3.6)$$

$$t_c = \frac{2\alpha d_2 t_k + \alpha d_1 t_1 + d_2 \varepsilon_k C_0 \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 - d_2 \varepsilon_k C_0 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}{2d_2 \alpha + \alpha d_1}. \quad (3.7)$$

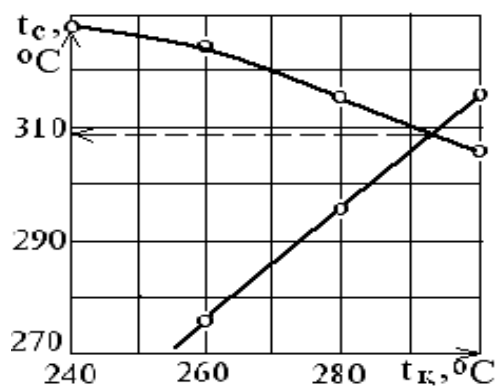
Мәліметтерді ескеріп, соңғылардан келесілерді табамыз

$$t_c = 377 - 0,071 \left(\frac{T_k}{100} \right)^4, \quad (3.8)$$

$$t_c = 44,3 + 0,0314 \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 + 0,8 t_k. \quad (3.9)$$

Қалқаның әртүрлі t_K ыстықтығына есептелген $t_c=f_1(t_K)$ мен $t_c=f_2(t_K)$ мәндері мен тәуелділіктері 3.1 кесте мен 3.3.2 суретте келтірілген.

3.3.2 суреттен газдың дәл ыстықтығы $t_c = 309 \text{ }^\circ\text{C}$ екенін көреміз. Ыстықтықтың өлшеу қателігі $t_c - t_1 = 309 - 300 = 9 \text{ }^\circ\text{C}$.



3.3 сурет

3.1 кесте - $t_c=f_1(t_K)$ мен $t_c=f_2(t_K)$

$t_c, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_K, \text{ }^\circ\text{C}$			
	240	260	280	300
$t_c = f_1(t_K)$	327,6	323,6	315,1	305,8
$t_c = f_2(t_K)$	258,0	275,8	295,6	315,4

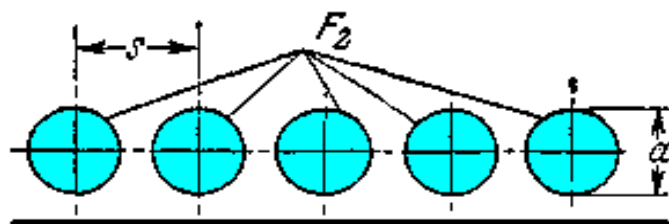
Сонымен 3.1 тапсырма шарттарына қоса, ыстық жүптің қалқалануы ыстықтықтың өлшеу дәлділігін 5 есе өсірді. Мұндай жағдай «жылулық сақтау қалқаларының әрекеті» деп аталады.

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы: газдың дәл ыстықтығы $t_c = 309 \text{ }^\circ\text{C}$, ыстықтықтың өлшеу қателігі $t_c - t_1 = 9 \text{ }^\circ\text{C}$ ғана болып, 5 есе кеміді.

Бақылау сұрақтары.

1. Жылулық сақтау қалқалары қалай істейді және ?
2. Жылулық сақтау қалқаларының әрекеті неге тәуелді?
3. Жылулық сақтау қалқалары әрекетінің мысалдарын келтіріңіздер.
4. Жылу беру еселеуішінің жылулық сақтау қалқалары әрекетіне тиетін әсері қандай?

3.4 Тапсырма. Сәулелену ағындарының геометриялық сипаттамаларын анықтау



3.4 сурет

Бу қазаны жану құтысы қабырғаларының қосөресі $d = 100 + m + 0,2n$ мм мен аралығы $s = 120$ мм (3.4 суретті қараңыз) құбырлармен қалқаланған.

Қабырғаның бет ауданы мөлшері мен құбырлардың ұзындығының жеткілікті үлкендігінен құбырлар мен қабырғаның аралығы сәулеленулі жылуалмасуға әсер етпейді.

Бұл сәулелену жылуалмасу жүйенің орташа бұрыштық еселеуіштері мен өзаралық беттерін анықтаңыз.

3.4 Тапсырма шешімінің негізгі мысалы ($m = n = 0$).

Бұл сәулелену жылуалмасу жүйенің орташа бұрыштық еселеуіштері мен өзаралық беттері, мәліметтері ескеріле, келесідей анықталады

$$\bar{\varphi}_{1,2} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{s}\right)^2} + \frac{d}{s} \operatorname{arctg} \sqrt{\left(\frac{s}{d}\right)^2 - 1}, \quad (3.10)$$

$$\bar{\varphi}_{1,2} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{100}{120}\right)^2} + \frac{100}{120} \operatorname{arctg} \sqrt{\left(\frac{120}{100}\right)^2 - 1} = 0,934. \quad (3.11)$$

Сәулелену ағындардың $\bar{\varphi}_{2,1}$ -ін өзаралық найымдау қасиеті бойынша келесідей анықтаймыз

$$\bar{\varphi}_{1,2} F_2 = \bar{\varphi}_{1,2} F_1, \quad \bar{\varphi}_{2,1} = \bar{\varphi}_{1,2} \frac{F_1}{F_2} = 0,934 \frac{s}{\pi d} = 0,357. \quad (3.12)$$

Сәулелену жылуалмасу өзаралық беті

$$\bar{H}_{1,2} = \bar{H}_{2,1} = \bar{\varphi}_{1,2} F_1 = 0,934 \cdot 0,12 = 0,112 \text{ м}^2 / \text{м}. \quad (3.13)$$

$m = n = 0$ түрлемінің жауабы:
 $\bar{\varphi}_{1,2} = 0,934, \bar{\varphi}_{1,2} = 0,357, \bar{H}_{1,2} = \bar{H}_{2,1} = 0,112 \text{ м}^2 / \text{м}.$

Бақылау сұрақтары.

1. Сәулелену жылуалмасудың бұрыштық еселеуіші мен өзаралық бетін анықтаңыз және олардың байланыс кейіптемесін шығарыңыз.
2. Сәулелену ағындарының қасиеттерін сипаттаңыз.
3. Кейіптеме (3.10) қалай шығарылады?
4. Газдардың сәулелену мен сіңіру ерекшеліктері қандай?
5. Жалынның сәулелену жылуалмасуының ерекшеліктері қандай?
6. Сәулеленудің қандай заңдарын білесіз?
7. Виннің жылжу заңы бойынша Күн бетінің ыстықтығы қандай?
8. Қызылдау сәулелердің толқын ұзындығының аралығы қандай?

Қорытынды

ЖТН-ның негізгі мәтіні ТЖҚ мен ЖМА ілімдерінен құралған. Бұлар студенттердің алдымен (Физика, СГМ) және бұдан кейін (Жылу өндіруінің тәсілдемелік негіздері) өтетін пәндерімен ұштастырылған. Осы көлемі 2,9 баспа-табақ әдістемелікте пәнді игеруге қажетті, маңызды тақырыпты (ең тиімді бугазды жылуқозғалымдық айналымы, жылуөткізгіш пен жылуөту және сәулелену жылуалмасу аспаптары мен қондырғылардың физикалық негіздері және есептері мен мысалдары және бақылау мен арнайы сұрақтары қаралған) үш есепті-сызба жұмыстары келтірілген. Олардың істеу мақсаты мен талаптары және түрлемді тапсырмалары мысалда көрсетілген

Қосымшалар

А қосымшасы

Құрғақ ауаның физикалық қасиеттері

(B = 760 мм снап бағанасы = $1,01 \cdot 10^5$ Па, [б]-ның 9 кестесі)

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723]
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,33	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,16	24,3	19,1	16,98	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,006	2,93	26,2	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,007	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,01	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677
300	0,615	1,047'	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,03	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,713
900	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,1	0,719
1100	0,257	1,197	8,50	276,2	51,2	199,3	0,722
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,7	0,724

Б қосымшасы
Судың қанығу күйіндегі физикалық қасиеттері ([6], 11к.)

t, °C	$p \cdot 10^{-5}$, Па	ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	i , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	c_p , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\lambda \cdot 10^2$, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$a \cdot 10^6$, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\beta \cdot 10^4$, К^{-1}	$\sigma \cdot 10^4$, $\frac{\text{Н}}{\text{М}}$	Pr
0	0,0061	993,9	0	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	-0,63	756,4	13,
10	0,0123	999,7	42,04	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	+0,70	741,6	9,5
20	0,0234	998,2	83,91	4,183	59,9	14,3	1004	1,006	1,82	726,9	7,0
30	0,0424	995,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	3,21	712,2	5,4
40	0,0738	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	3,87	693,5	4,3
50	0,1234	988,1	209,3	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	4,49	676,9	3,5
60	0,1992	983,2	251,1	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	5,11	632,2	2,9
70	0,3116	977,8	293,0	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	5,70	643,5	2,5
80	0,4736	971,8	335,0	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	6,32	625,9	2,2
90	0,7011	965,3	377,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	6,95	607,2	1,9
100	1,013	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,7
110	1,43	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,6
120	1,98	943,1	503,7	4,250	68,6	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,4
130	2,70	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,3
140	3,61	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,2
150	4,76	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,1
160	6,18	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	436,0	1,1
170	7,92	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,0
180	10,03	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,0
190	12,55	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,9
200	15,55	863,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,9
210	19,08	852,8	837,7	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,9
220	23,20	840,3	943,7	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,8
230	27,98	827,3	990,2	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,8
240	33,48	813,6	1037,5	4,756	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,8
250	39,78	799,0	1085,7	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,8
260	46,94	784,0	1135,1	4,949	60,5	15,6	105,9	0,135	19,7	237,4	0,87
270	55,05	767,9	1185,3	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	214,8	0,88
280	64,19	750,7	1236,8	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	191,3	0,90
290	74,45	732,3	1290,0	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26-2	168,7	0,9
300	85,92	712,5	1344,9	5,736	54,0	13,2	91,2	0,128	29,2	144,2	0,9
310	98,70	691,1	1402,2	6,071	52,3	12,5	88,3	0,128	32,9	120,7	1,0
320	112,90	667,1	1462,1	6,574	50,6	11,5	85,3	0,128	38,2	98,10	1,1
330	128165	640,2	1526,2	7,244	48,4	10,4	81,4	0,127	43,3	76,71	1,2
340	146,08	610,1	1594,8	8,165	45,7	9,17	77,5	0,127	53,4	56,70	1,3
350	165,37	574,4	1671,4	9,504	43,0	7,88	72,6	0,125	66,8	38,16	1,6
360	186,74	528,0	1761,5	13,984	39,5	5,36	66,7	0,126	109	20,21	2,3
370	210,53	450,5	1892,5	40,321	33,7	1,86	56,9	0,126	264	4,709	6,7

В қосымшасы

Су буының қанығу күйіндегі физикалық қасиеттері ([6]-ның 12 кестесі)

$t, ^\circ\text{C}$	$p \cdot 10^{-5}, \text{Па}$	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$i, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$r, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$c_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\lambda \cdot 10^2, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$a \cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	Pr
100	1,013	0,598	2675,9	2256,8	2,135	2,372	18,58	11,97	20,02	1,08
110	1,43	0,826	2691,4	2230,0	2,177	2,489	13,83	12,46	15,07	1,09
120	1,98	1,121	2706,5	2202,8	2,206	2,593	10,50	12,85	11,46	1,09
130	2,70	1,496	2720,7	2174,3	2,257	2,686	7,972	13,24	8,85	1,11
140	3,61	4,966	2734,1	2145,0	2,315	2,791	6,130	13,54	6,89	1,12
150	4,76	2,547	2746,7	2114,4	2,395	2,884	4,728	13,93	5,47	1,16
160	6,18	3,258	2758,0	2082,6	2,479	3,012	3,722	14,32	4,39	1,18
170	7,92	4,122	2768,9	2049,5	2,583	3,128	2,939	14,72	3,57	1,22
180	10,03	5,157	2778,5	2015,2	2,709	3,268	2,339	15,11	2,93	1,25
190	12,55	6,394	2786,4	1978,8	2,856	3,419	1,872	15,60	2,44	1,30
200	15,55	7,862	2793,1	1940,7	3,023	3,547	1,492	15,99	2,03	1,36
210	19,08	9,588	2798,2	1900,5	3,199	3,722	1,214	16,38	1,71	1,41
220	23,20	11,62	2801,5	1857,8	3,408	3,896	0,983	16,87	1,45	1,47
230	27,98	13,99	2803,2	1813,0	3,634	4,094	0,806	17,36	1,24	1,54
240	33,48	16,76	2803,2	1765,6	3,881	4,291	0,658	17,76	1,06	1,61
250	39,78	19,98	2801,1	1715,8	4,158	4,512	0,544	18,25	0,913	1,68
260	46,94	23,72	2796,5	1661,4	4,468	4,803	0,453	18,84	0,794	1,75
270	55,05	28,09	2789,8	1604,4	4,815	5,106	0,378	19,32	0,688	1,82
280	64,19	33,19	2779,7	1542,9	5,234	5,489	0,317	19,91	0,600	1,90
290	74,45	39,15	2766,4	1476,3	5,694	5,827	0,261	20,60	0,526	2,01
300	85,92	46,21	2749,2	1404,3	6,280	6,268	0,216	21,29	0,461	2,13
310	98,70	54,58	2727,4	1325,2	7,118	6,808	0,176	21,97	0,403	2,29
320	112,90	64,72	2700,2	1238,1	8,206	7,513	0,141	22,86	0,353	2,50
330	128,65	77,10	2685,9	1139,7	9,881	8,257	0,108	23,94	0,310	2,86
340	146,08	92,76	2621,9	1027,0	12,35	9,304	0,0811	25,21	0,272	3,35
350	165,37	113,6	2564,5	893,1	16,24	10,70	0,0580	26,58	0,234	4,03
360	186,74	144,0	2481,2	719,7	23,03	12,79	0,0386	29,14	0,202	5,23
370	210,53	203,0	2330,9	438,4	56,52	17,10	0,0150	33,75	0,166	11,1

Г қосымшасы

- Түтіннің физикалық қасиеттері

$p_0 = 760 \text{ мм сн. б.} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $p_{\text{CO}_2} = 0,13$,

$p_{\text{H}_2\text{O}} = 0,11$, $p_{\text{N}_2} = 0,76$, [6]-ның 16 кестесі

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
0	1,295	1,042	2,28	16,9	15,8	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,13	30,8	20,4	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,01	48,9	24,5	32,80	0,67
300	0,617	1,122	4,84	69,9	28,2	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	94,3	31,7	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	121,1	34,8	76,30	0,63
600	0,405	1,214	7,42	150,9	37,9	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,27	183,8	40,7	112,1	0,61
800	0,330	1,264	9,15	219,7	43,4	131,8	0,60
900	0,301	1,290	10,0	258,0	45,9	152,5	0,59
1000	0,275	1,306	10,90	303,4	48,4	174,3	0,58
1100	0,257	1,323	11,75	345,5	50,7	197,1	0,57
1200	0,240	1,340	12,62	392,4	53,0	221,0	0,56

Д қосымшасы

МКГ СС пен ҚА өлшем бірліктерінің арақатынастары

Қайрат (энергия) $1 \text{ ккал} = 4,187 \text{ кДж} = 4187 \text{ Вт}\cdot\text{с} = 4187 \text{ Вт}\cdot\text{с}/3600 \text{ с/сағ} = 1,163 \text{ Вт}\cdot\text{сағ}$, $1 \text{ кВт}\cdot\text{сағ} = 859,8 \text{ ккал}$

Қуат (мощность, жылу ағыны, жылулық)

$1 \text{ ккал/сағ} = 1,163 \text{ Вт}$

Күш (сила)

$1 \text{ кгк(с)} = 9,81 \text{ н}$

Қысым (давление)

$1 \text{ кгк/см}^2 \text{ (ат)} = 0,981 \cdot 10^5 \text{ Па(н/м}^2\text{)}$

Тұтқырлық қозғалым еселеуіші

$1 \text{ кгс}\cdot\text{сек/м}^2 = 9,81 \text{ Па}\cdot\text{с}$

Тұтқырлық қозғалыс еселеуіші

$\text{м}^2/\text{с}$

Әдебиеттер тізімі

1. Темірбаев Д.Ж. Жылутехника негіздері: Дәрістер жинағы. – Алматы: АЭЖБИ, 2010. – 72 б.
2. Темірбаев Д.Ж. Жылуманьзалмасу: Жоғары оқу құралы. - Алматы: АЭЖБИ, 2009. – 240 б.
3. Александров А.А., Григорьев Б.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. – М.: Издательство МЭИ, 1998. – 160 с.
4. Зубарев В. Н., Александров А. А., Охотин В. С. Практикум по технической термодинамике. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с.
5. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.
6. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 280 с.

Мазмұны

Кіріспе. Пәндік жұмыстың мақсаты мен талаптары және әдістемелігі	3
1 Жылу электр станцияларының тиімділігі	4
1.1 Тапсырма. Жоғары тегеурінді бұғандырушы БГҚ-ның есебі	6
1.2 Тапсырма. Шықты электр станцияның тиімділігі	7
1.3 Тапсырма. ЖЭО-ның сағаттық отын шығысын анықтау	11
1.4 Тапсырма. ЖЭО айналымының отын өнімділігін анықтау	11
1.5 Тапсырма. Қайрылған жылылықтың әсерін анықта	12
2 Жылуөткізгіштік пен жылуөту	14
2.1 Тапсырма. Денелердің жылуөткізгіштік еселеуішін тікмегзем әдісімен анықтау	14
2.2 Тапсырма. Жылуөту	14
2.3 Тапсырма. Сұйықтың жылуөткізгіштік еселеуішін қыздырылған сым әдісімен анықтау	16
2.4 Тапсырма. Аумалы қосөре	17
2.5 Тапсырма. Ортаның дәл ыстықтығын анықтау	19
3 Сәулелену жылуалмасуы	20
3.1 Тапсырма. Газ ыстықтығын өлшеудің қателігін анықтау	20
3.2 Тапсырма. Газ ыстықтығын өлшеудің дәлділігін көтеру	21
3.3 Тапсырма. Жылулық сақтау қалқаларының әрекеті	22
3.4 Тапсырма. Сәулелену ағындарының геометриялық сипаттамаларын анықтау	23
Қорытынды	24
Қосымшалар	25
А қосымшасы. Құрғақ ауаның физикалық қасиеттері	25
Б қосымшасы. Судың қанығу күйіндегі физикалық қасиеттері	26
В қосымшасы. Су буының қанығу күйіндегі физикалық қасиеттері	27
Г қосымшасы. Түтіннің физикалық қасиеттері	28
Д қосымшасы. МКГ СС пен ҚА өлшем бірліктерінің арақатынастары	28
Әдебиеттер тізімі	28

Темірбаев Дүйсемби Жүсіпұлы

ЖЫЛУТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

5B070200- мамандығының студенттері үшін курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редакторы Б.С. Қасымжанова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ.Молдабекова

_____.2014 басуға қол қойылды
Таралымы 50 дана
Көлемі 1,9 оқу-баспа ә.

Пішімі 60x84 1/16
№1 типография қағазы
Тапсырыс __Бағасы 950 тенге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі – көбейткіш бөлімі
050013, Алматы қаласы, Байтұрсынұлы көшесі, 126

ЖЫЛУТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Курстық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар
5B070200 мамандығына арналған

П І К І Р

Оқу жоспары бойынша 5B0702 – «Автоматтандыру және басқару (АБ-АУ)» мамандық бакалавриат студенттеріне дайындалған «Отын қайраттық салалы (ОҚС- ТЭК)» мамандылығының үш таңдалулы арнайы пәндерінің бірі - АУ 3313 - «Жылутехника негіздері» (3 несиесі, 2\2\0, пж) 6-шы семестрде оқылады. Оның негізгі мәтіні Тәсілдік жылуқозғалым мен Жылу маңыздалмасу ілімдерінен құралған. Бұлар студенттердің алдымен (әсіресе Физика, Сұйық және газ механикасы) және бұдан кейін (әсіресе Жылу өндіруінің тәсілдемелік негіздері) өтетін оған байланысты пәндерімен, сондай-ақ, студенттердің дәрістер жинағымен әдістемелік ұштастырылған осы көлемі 2,0 баспа-табақ әдістемелікте пәнді игеруге қажетті, маңызды тақырыпты (ең тиімді бугазды жылуқозғалымдық айналымы, жылуөткізгіш пен жылу өту және сәулелену жылуалмасу аспаптары мен қондырғылардың физикалық негіздері және есептері қаралған) үш есептік-сызба жұмыстары келтірілген. Олардың істеу мақсаты мен талаптары және түрлемді тапсырмалары мысалды көрсетілген (ішінде сурет 13, кесте 5, әдебиет көрсеткіші 6).

Қаралған «Жылутехника негіздері» пәнінің пәндік жұмысының әдістемелік нұсқауларын баспаға ұсынамын.

Пікір беруші:

Техника ғылымдарының кандидаты,
АЭЖБУ ЖЭҚ кафедрасының доценті

М.Е.Туманов
10.01.2014

Авторы Темірбаев Д.Ж.

ЖЫЛУТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Курстық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар
5В070200 мамандығына арналған

С А Р А П Т А М А

Оқу жоспары бойынша 5В0702 – «Автоматтандыру және басқару (АБ-АУ)» мамандық бакалавриат студенттеріне дайындалған «Отын қайраттық салалы (ОҚС- ТЭК)» мамандылығының үш таңдалулы арнайы пәндерінің бірі - АУ 3313 - «**Жылутехника негіздері**» (3 несие, 2\2\0, пж) 6-шы семестрде оқылады. Оның негізгі мәтіні Тәсілдік жылуқозғалым мен Жылумаңызалмасу ілімдерінен құралған. Бұлар студенттердің алдымен (әсіресе Физика, Сұйық және газ механикасы) және бұдан кейін (әсіресе Жылу өндіруінің тәсілдемелік негіздері) өтетін оған байланысты пәндерімен, сондай-ақ, студенттердің дәрістер жинағымен әдістемелік ұштастырылған осы көлемі 2,9 баспа-табақ әдістемелікте пәнді игеруге қажетті, маңызды тақырыпты (ең тиімді бугазды жылуқозғалымдық айналымы, жылуөткізгіш пен жылу өту және сәулелену жылуалмасу аспаптары мен қондырғылардың физикалық негіздері және есептері қаралған) үш есепті-сызба жұмыстары келтірілген. Олардың істеу мақсаты мен талаптары және түрлемді тапсырмалары мысалды көрсетілген (ішінде сурет 13, кесте 5, әдебиет көрсеткіші 6).

Қаралған «Жылутехника негіздері» пәнінің пәндік жұмысының әдістемелік нұсқауын баспаға ұсынамын.

Сараптамашы

АЭЖБУ Оқу-әдістемелік кеңесінің мүшесі, доцент

С.К.Абильдинова

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
Жылуэнергетика қондырғылар кафедрасы

БЕКІТЕМІН
Оқу-әдістемелік
жұмысының
Проректоры
_____ Коньшин С.В.
« ____ » _____ 2014 ж.

ЖЫЛУТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Курстық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар
5В070200 мамандығына арналған

КЕЛІСІЛДІ:

ОӘБ-нің Бастығы

Мустафин М.А.

_____ 2014 ж.
« ____ » _____

ОӘК-нің Төрағасы

_____ Башкиров М.В.

« ____ » _____ 2014 ж.

ЖЭҚ кафедра жиналысында
қаралып қошталған

23.01.2014 ж., хаттама № 5

ЖЭҚ кафедра меңгерушісі

_____ Кибарин А.А.

« _23_ » _____ 01_ 2014 ж.

ИК кафедра меңгерушісі

_____ Муханов Б.К.

« ____ » _____ 2014 ж.

Редактор

_____ А.А.Кегенбаева

« ____ » _____ 2014 ж.

Өзірлеуші

_____ Темірбаев Д.Ж.

« _23_ » _01_ 2014 ж.

Қалыптандыру маманы

_____ Н.Қ.Молдабекова

« ____ » _____ 2014 ж.

Алматы 2014

