Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Инженерлік кибернетика кафедрасы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Инженерлік кибернетика кафедрасы

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТТАУ, СЕРТИФИКАТТАУ ЖӘНЕ САПАНЫ БАСҚАРУ

5В070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне есептеу-сызба жұмыстарын орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: С.Г.Хан, Л.К. Ибраева Метрология, стандарттау, сертификаттау және сапаны басқару. 5В070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне есептеу-сызба жұмыстарын орындауға әдістемелік нұсқаулықтар – Алматы: АЭжБУ, 2016.- 43 б.

Әдістемелік нұсқаулар үш есептеу-сызба жұмыстардың тапсырмаларын және орындау кепілдемелерін құрайды. Бірреттік тура және жанама өлшеулердің, саны көп өлшеулердің нәтижелерін стандартты өңдеу бойынша есептерін оқу және шешу, сонымен бірге, стандарттау объекттерінің параметрлерін оптималдау әдістерін оқу.

Әдістемелік нұсқаулар «Метрология, стандарттау, сертификаттау және сапаны басқару» пәні бойынша есептеу-сызба жұмыстарын орындау үшін қолданылады.

Кесте – 15, әдебиет көрсеткіші – 5 атау.

Пікір беруші: т.ғ.к., доц. Ауэзова А.М.

«Алматы энергетика және байланыс университет» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 ж. жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университет» КЕАҚ, 2016 ж.

Кіріспе

«Метрология, стандарттау, сертификаттау және сапаны басқару» пәні «Автоматтандыру және басқару» мамандығының студенттерімен 2 курста негізгі пәндер (таңдау бойынша компонент) топтамасында оқылады, көлемі 3 кредит. Әртүрлі автоматтандыру жүйелерді, өлшеу техника құралдарын өндегенде, қолданғанда, оларға қызмет жасағанда, осы пәннің материалын білу техникалық саласының болашақ мамандарына міндетті болып табылады.

«Метрология, стандарттау, сертификаттау және сапаны басқару» пәнінің жұмыс бағдарламасы теориялық және практикалық материалдың үлкен көлемінен тұрады. Бірақ аудиториялық сағаттардың аздығынан материалдың үлкен бөлігін студентер өзіндік жұмыс ретінде оқиды, соған есептеу-сызба жұмыстары (ЕСЖ) да кіреді.

Есептеу-сызба жұмыстарын орындау үшін ұсынылатын әдістемелік нұсқаулар пәннің жұмыс бағдарламасына сәйкес құрастырылған және үш жұмысты құрайды.

Бірінші «Саны көп өлшеулердің нәтижелерін стандартты өңдеу» ЕСЖ саны көп өлшеу қателіктерін бағалаудың ықтималдық әдістеріне арналған және төрт есепті шешуін құрайды.

Екінші «Тура және жанама өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалау» ЕСЖ өлшеу құралдардың абсолюттік, салыстырмалы, келтірілген негізгі және қосымша қателіктерін есептеу әдістерін оқуға арналған және төрт есептің шешуін құрайды: тура өлшеу нәтижелерін өңдеудің екі есебі және жанама өлшеу нәтижелерін өңдеудің екі есебі.

Үшінші «Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау» ЕСЖ стандарттау объекттерінің параметрлерін оптималдау әдістерін қарастырады және екі есепті шешуін құрайды.

Әдістемелік нұсқаулардың үш (А, Б, В) қосымшалары бар, олар әрбір 10 есептің жеке тапсырмаларын және оларды шешу үшін қажетті анықтама материалын құрайды. Қажетті болатын әдебиеттер тізімі әдістемелік нұсқаулар соңында келтірілген.

Есептеу-сызба жұмыстарының орындалуы және жасалуы «Алматы энергетика және байланыс университет» КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 «Оқу әдістемелік жұмыстарының құрылуына, жазылуына, рәсімделінуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар» фирмалық стандартының талаптарына сәйкес болуы керек.

1 Есептеу-сызба жұмысы №1. Саны көп өлшеулердің нәтижелерін статистикалық өңдеудің стандартты әдістемесі

Жұмыс мақсаты: өлшеу нәтижесі қателігін ықтималдық бағалауын және саны көп өлшеулердің нәтижелерін статистикалық өңдеудің тәсілдерін оқу.

1.1 Тапсырма №1

1.1.1 Өлшеу нәтижесі қателігін ықтималдық бағалау**.**

Бақылау нәтижелерін өңдеудің мақсаты - өлшенетін шаманың шындық мәнінің орнына қабылдануы мүмкін болатын шаманы және нақты мәнінің шындыққа жақын дәрежесін анықтау.

Нақты мәнінде қайтсе де кездейсоқ қателігі болады. Кездейсоқ қателіктерін бағалау және өлшеу нәтижесінің кездейсоқ қателігінің шекараларын айқындау үшін келесілерді қолдануға болады: *қателіктің шегі, интервалдық бағалау, таралу заңының сандық мінездемелері*. Нақтылы бағалауын таңдауы қателік туралы мәліметтердің толықтығының қажеттілігімен, өлшеулердің тағайындауымен және олардың нәтижелерін қолдануымен анықталады. Дәлдік көрсеткіштерін бағалауының кешендері стандарттармен орнатылады.

Бірдей ұқыптылықпен және бірдей жағдайда бір ғана тұрақты шаманы қайталап байқағанда бір бірінен айырмашылығы бар нәтижелер пайда болады, бұл кездейсоқ қателіктер бар екенін көрсетеді.

Ықтималдық теориясының және математикалық статистиканың әдістері кездейсоқ қателіктердің пайда болуының ықтималдық (статистикалық) заңдылықтарын және сол заңдылықтар негізінде өлшеу нәтижесін және кездейсоқ қателіктерін сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Ықтималдық теориясы бойынша математикалық күтімнің бағасы жекелеген бақылаулар нәтижелерінің арифметикалық ортасы - $\overline{X}$ болып табылатыны белгілі

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ , \qquad (1.1)$$

мұнда x_i - і-ші бақылау нәтижесі;

n - бақылау нәтижелерінің саны.

Бақылау қатарының дисперсия бағасы S^2 келесі формула бойынша есептеледі

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{X})^2 \ .$$

Бақылау қатарының орта квадраттық ауытқуы S бақылау нәтижелерінің кездейсоқ қателіктер мөлшерінің негізгі сипаттамасы болып табылады.

σ орта квадраттық ауытқудың бағасын есептеу формуласы

$$\sigma = \pm\sqrt{S^2} \ , \qquad (1.2)$$

$n \to \infty$ болғанда (нақтысында n > 30), $S^2 \to D, S \to \sigma$.

Өлшеу нәтижесінің σ_X орта квадраттық ауытқуының бағасын есептеу формуласы

$$\sigma_X = \frac{1}{\sqrt{n}}\sigma \ . \qquad (1.3)$$

Өлшеу нәтижесінің орта квадраттық ауытқуның бағасы σ_X өлшеу нәтижесі кездейсоқ қателіктер өлшемінің негізгі мінездемесі болып табылады.

Статистикалық бағалауының негізгі түсініктемелері сенімділік интервал және сенімділік ықтималдық болып табылады.

Сенімділік интервал деп аталатын интервалға берілген сенімділік ықтималдықпен кездейсоқ шаманың мәндері (қателіктері) түседі. Сенімділік интервал келесі түрде көрсетіледі

$$I_P = (\overline{X} - \kappa\sigma; \overline{X} + \kappa\sigma), \qquad (1.4)$$

мұнда σ - бақылау нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуы;

k - квантильдік көбейткіші, мұның мәні кездейсоқ қателіктің таралу заңына байланысты болады.

Мысалы, таралудың бірқалыпты заңы үшін $k = \sqrt{3}$ және ол сенімділік ықтималдығына тәуелді емес. Таралудың қалыпты заңы үшін $\kappa = f(P,n)$ сенімділік ықтималдық P мәніне және бақылау мәндерінің n санына тәуелді . Ең көп қолданылатын сенімділік ықтималдықтары P және әртүрлі n үшін k мәндері П1-4-1 кестеде келтірілген [5].

P сенімділік ықтималдығына сәйкес кездейсоқ қателіктің сенімділік шекаралары Δx келесі өрнекпен анықталады $\Delta x = \pm k\sigma$.

Кездейсоқ қателіктерінің мәнін және таңбасын анықтау мүмкін емес. Кездейсоқ қателіктерін есепке алу үшін саны көп (статистикалық) өлшеулер жасалынады. Кездейсоқ қателіктерін бағалағанда *күтетін қателік* түсініктемесін қолданады. *Өрескел қателік* – берілген шарттарда күтетін қателіктен елеулі асатын кездейсоқ қателік. *Мүлт* – өлшеу нәтижесін ашықтан-ашық бұрмалайтын қателік. Тәжірибе жасайтын адамның кездейсоқ субъективті қателігі мүлт деп есептеледі.

$\pm 3\sigma$ сенімділік интервалына сәйкес сенімділік ықтималдығы *P=0,997*. Бұның мағынасы: практикада қалыпты заңымен таралған қателіктердің мүмкін болатын мәндері бірге жақын ықтималдығымен интервалдың шекараларынан шықпайды. Сондықтан, қалыпты заңымен таралған қателіктер үшін шекаралары $\pm 3\sigma$ болатын кездейсоқ қателікті шекті (максималды мүмкін болатын) деп санайды. Осы шекаралардың сыртына шығатын қателіктер *өрескел* немесе *мүлт* болып саналады. Өрескел қателіктер және мүлттер, әдетте, байқау нәтижелерінің статистикалық өңдеуі басталғанша тәжірибелік нәтижелерінен жойылады.

1.1.2 №1 есеп.

Жүргізілген өлшеулер нәтижесінде газ қоспасындағы оттегі мөлшерінің ең үлкен болуы ықтимал X=11,75% құрайды. Сенімділік ықтималдығы P_1 = 0,683 үшін өлшеу қателігінің сенімділік интервалы $\Delta x_1 = \pm$ 0,5% O_2 болды.

Қателіктердің таралу заңы қалыпты және сенімділік ықтималдығы P_2 = 0,95 болған кезде сенімділік интервалдың шекараларын анықтау керек.

Тапсырмалардың нұсқалары А қосымшасының А.1 кестесінде келтірілген.

1.1.2.1 №1 есебін шығару мысалы.

Қателіктер таралу заңы қалыпты және сенімділік ықтималдығы 0,683 болса кездейсоқ қателігінің сенімділік шекаралары П1-4-1 [1] кестесі бойынша анықталады: $\Delta x_1 = \pm k\sigma = \pm\sigma = \pm 0{,}5\%$. Сенімділік ықтималдығы 0,95 болсған кезде $\Delta x_2 = \pm k\sigma = \pm 2\sigma$. Сонымен, сенімділік ықтималдығы 0,95 болғанда, кездейсоқ қателігінің сенімділік шекаралары $2 \cdot 0{,}5 = \pm 1\% O_2$. (1.4) өрнегі бойынша сенімділік интервалдың шекаралары келесіге тең болады

$I_P = (11{,}75 \pm 1{,}0)\% O_2 = (11{,}75 - 1{,}0; 11{,}75 + 1{,}0)\% O_2 = (10{,}75 \div 12{,}75)\% O_2$.

Жауабы: $I_P = (10{,}75 \div 12{,}75)\% O_2$.

1.1.3 №2 есеп.

Температураны өлшеу қателіктерінің сенімділік интервалының шекараларын анықтау керек. Қателіктер таралу заңы қалыпты, сенімділік ықтималдығы P, өлшеулер саны үлкен болған кезде байқау нәтижелерінің орта арифметикалық мәні $\overline{X}$ және дисперсиясы S^2 анықталған.

Тапсырмалардың нұсқалары А қосымшасының А.2 кестесінде келтірілген.

1.1.4 № 3 есеп.

Термо-ЭҚК саны үлкен өлшеулер нәтижесінде $I_P = (\overline{X} - A; \overline{X} + B)$, мВ сенімділік интервалы анықталған, сенімділік ықтималдығы P. Қателіктер таралу заңы қалыпты болған деп жорамал жасап, термоЭҚК өлшеудің σ орта квадраттық қателігін анықтау керек.

Тапсырмалардың нұсқалары А қосымшасының А.3 кестесінде келтірілген.

1.2 Тапсырма №2

1.2.1 Саны көп, тәуелсіз бақылаулары бар тура өлшеулердің нәтижелерін стандартты өңдеудің әдістемесі.

Өлшеулердің сапасын жоғарылату үшін өлшеу тәжірибеде саны көп бақылаулар өлшеулерге жиі бұрылады, яғни бір оператормен бірдей жағдайларда бірақ қана өлшеу құралымен қолданылып бір реттік бақылаулар қайталанады. Алынған мәліметтерді өңдеу нәтижесінде кездейсоқ қателіктің

өлшеулердің нәтижесіне ықпалын азайтуға болады. Осы өңдеу барысында бақылаулар нәтижелерін өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдануға болады. Саны көп, тәуелсіз бақылаулардың тура өлшеу нәтижелерін стандартты өңдеу әдістемесі және өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалаудың негізгі түсініктемелері төменде келтірілген. Бұл әдістеме жұмыс істейтін МЕСТ 8.207-76 «Саны көп бақылаулар мен тура өлшеулер. Бақылау нәтижелерін өңдеу әдістері» кепілдемелеріне сәйкес.

Сәйкестік әдістememен бақылаулар қатарын өңдеуін келесі реттілікте орындауға болады [3]:

а) бақылаулардың нәтижелерінен белгілі жүйелік қателіктерін шығару;

б) өлшеу нәтижесі болып қабылданатын, бақылаулардың түзелген нәтижелерінің орта арифметикалық мәнін есептеу;

в) бақылау нәтижелерінің орта квадраттық ауытқу бағалауын есептеу;

г) өлшеу нәтижелерінің орта квадраттық ауытқу бағалауын есептеу;

д) бақылау нәтижелерінен өрескел қателіктерін және мүлттерді жою;

е) өрескел қателіктері және мүлттер табылса, онда олар жойылғаннан кейін б)-г) пунктерін қайталау;

ж) бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жатады деген гипотезаны тексеру;

и) өлшеу нәтижесінің кездейсоқ құрастырушы қателіктерінің сенімділік шекараларын есептеу;

к) өлшеу нәтижесінен жойылмаған жүйелік қателіктерінің шекараларын есептеу;

л) өлшеу нәтижесі қателіктерінің сенімділік шекараларын есептеу;

м) анықталған талаптарына сәйкес өлшеу нәтижесін ұсыну.

Осы реттілікті орындаған кезде келесі ережелері пайдаланылады:

- бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жатады деген гипотезасын тексерген кезде маңыздылық деңгейі α 0.02-ден 0.1-ге дейін диапозонда таңдалады;

- өлшеу нәтижесі қателіктерінің сенімділік шекараларын анықтаған кезде сенімділік ықтималдығын $P=0.95$ деп қабылдайды;

- өлшеуді қайталауға болмайды деген жағдайда, P=0.95 сәйкес ықтималдықтың шекараларынан басқа, сенімділік ықтималдығы $P=0.99$ үшін шекараларды көрсетуге рұқсат етіледі.

1.2.1.1 Жүйелік қателіктерді жою.

Бақылаулардың нәтижелерінен жүйелік қателіктерін жоюды есептеу жолымен немесе *тексерудің* нәтижелері негізінде орындайды. Жүйелік қателіктердің жоюлуынан кейін барлық онан арғы есептеулер бақылаулардың түзелген қатары үшін өткізіледі. Бұл есепте жүйелік қателіктер жойылған деп есептейміз.

1.2.1.2 Бақылау қатарының орташа арифметикалық мәнін есептеу.

Бақылау қатарының орта арифметикалық мәнін бағалауы (1.1) өрнегі бойынша есептелінеді.

1.2.1.3 Бақылау қатарының орта квадраттық ауытқуын есептеу.

Бақылау қатарының орта квадраттық ауытқуын бағалауы (1.2) өрнегі бойынша есептеленеді. Бақылау қатарының σ орта квадраттық ауытқуы кездейсоқ қателігі өлшемінің негізгі мінездемесі болып табылады.

1.2.1.4 Өрескел қателіктері мен мүлттерді анықтау және жою.

Бақылау нәтижелерінен ($\overline{X}$ - 3σ; $\overline{X}$ + 3σ) шекараларының сыртына шығатын мәндерін жою.

1.2.1.5 Өлшеу нәтижелерінің орта квадраттық ауытқуының бағасын есептеу.

Өлшеу нәтижелерінің орташа квадраттық ауытқу бағалауы (1.3) өрнегі бойынша есептелінеді.

1.2.1.6 Бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жатады деген гипотезасын тексеру.

Бақылау нәтижелері сол немесе басқа таралуына жататынын (немесе жатпайтынын) тексеру үшін тәжірибелік таралу функциясын болжанатын теориялық таралу функциясымен салыстыру қажет. Салыстыру келісу критерийлер көмегімен орындалады.

Бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жатады деген гипотезасын тексеруінде нәтижелер саны ≥ 30 болғанда χ^2 Пирсон немесе ω^2 Мизес-Смирнов критерийлердің біреуі қолданылады. Жұмыста Пирсон критерийі қолданылады.

Пирсон келісу критерийі көмегімен бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жататынын тексеру үшін алдымен гистограмманы тұрғызу қажет.

Гистограмманы тұрғызу үшін келесілер кезеңдерді өтеміз:

а) бақылаулардың түзелген нәтижелері өсу ретінде орналасады $x_1, x_2, ..., x_n$, мұнда $x_i \leq x_{i+1}$;

б) бақылау нәтижелері мәндерінің өзгеру диапазоны есептелінеді

$$R_n = x_n - x_1;$$

в) осы барлық диапазон ұзындығы бірдей r интервалдарға бөлінеді (қажетті интервалдардың санын бағалауға келесі формуласын қолданып $r = 1 + 3{,}32 * \lg n$, одан кейін үлкен жаққа дөңгелектенумен жақын арадағы бүтін жұпсыз санға дейін). Әдетте r келесі $7 \div 15$ диапазонында жатады;

г) интервалдың ені анықталады $\Delta = R_n / r = \frac{x_n - x_1}{r}$;

д) $\lfloor x_{j-1}, x_j \rfloor$ интервалдардың шекараларын анықтаған кезде *j*-интервалдың жоғарғы шекарасы - $x_{jж} = j * \Delta$, ал оның төменгі шекарасы (*j-1*)–интервалдың $x_{jт} = x_{(j-1)ж}$ жоғарғы шекарасына дәл келу керек;

е) әрбір *j*–ші интервалы (*j=1,2, ...,r*) үшін n_j саны есептеледі – бұл интервалға түсетін бақылау нәтижелерінің жиілігі;

ж) гистограмма құрылады: *x* осімен нөмірлердің өсу ретімен Δ_j аралықтар қойылады, *y* осімен бақылау нәтижелерінің *j*-ші аралыққа түсу

жиілігі n_j қойылады; осындай жағдайда әрбір Δ_j аралықта тікбұрыш салынады, оның биіктігі n_j - ге пропорционалды болады.

Гистограмманы талдау нәтижесінде тәжірибелік мәліметтердің таралу заңының түрі және сол заңының сандық сипаттамалары жөнінде гипотеза пайда болады (қалыпты заңының сипаттамалары болып математикалық күтім және дисперсия табылады). Одан кейін гипотезаны тексеру үшін Пирсон келісу критерийі қолданылады.

χ^2 Пирсон келісу критерийі түрі келесідей

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_j - nP_j)^2}{nP_j},$$

мұнда χ^2 - бақылау нәтижелері теориялық болжауынан ауытқу өлшемін сипаттайды;

n_j - бақылау нәтижелерінің j-ші интервалына түсу жиілігі;

P_j - бақылау нәтижелерінің $j-$ интервалына түсу ықтималдығының теориялық мәндері, олар келесі өрнек бойынша есептелінеді

$$P_j = \Phi(z_{jж}) - \Phi(z_{(j-1)ж}), \qquad (1.6)$$

мұнда $\Phi(z)$ - Лаплас функциясы, $z_{jж} = \frac{x_{jж} - \bar{x}}{\sigma_x}$; $P_1 = \Phi(z_{1ж})$.

Лаплас функциясы мәндерінің кестесі кейбір z үшін А қосымшасында келтірілген (А.4 кесте).

Берілген сенімділік ықтималдығы P және бостандық дәрежелерінің саны $\nu = r - k - 1$ (мұнда r - бөліну разрядтардың саны; k - теориялық таралу функциясын анықтау үшін қажетті параметрлер саны, қалыпты таралу заңы үшін екіге тең) χ^2 мәндерін есептегеннен кейін, χ^2 таралу кестесі бойынша $\chi^2_{кр}$ келісу критерийдің критикалық мәні табылады. Техникалық тәжірибесінде *P=0,95* беріледі. $\chi^2_{кр}$ мәндері А қосымшасында келтірілген (А.5 кесте).

Егер $\chi^2 < \chi^2_{кр}$,, онда бақылау нәтижелері қалыпты таралуына жатады деген гипотеза қабылданады, математикалық күтім және дисперсия бағалары (1.1) және (1.3) өрнектері бойынша табылады. Қарсы жағдайында ($\chi^2 \geq \chi^2_{кр}$) гипотеза қабылданбайды.

1.2.1.7 Өлшеу нәтижесінің кездейсоқ қателігінің сенімділік шекараларын есептеу.

Өлшеу нәтижесінің кездейсоқ қателігінің ε сенімділік шекаралары келесі өрнек бойынша табылады

$$\varepsilon = k\sigma_X, \qquad (1.7)$$

мұнда k – квантилдік көбейткіш, сенімділік ықтималдығы P-ға және бақылаулар саны n -ге тәуелді.

k шамасының мәндері А қосымшасында келтірілген (А.6 кесте).

1.2.1.8 Өлшеу нәтижесінің жойылмаған жүйелік қателігінің шекараларын есептеу.

Өлшеу нәтиженің жойылмаған жүйелік қателігі әдістің, өлшеу құралдардың, т.с. жойылмаған жүйелік қателіктері бола алатын құрастырушылардан құрылады. Жойылмаған жүйелік қателігінің шекарасы ретінде, мысалы, өлшеу құралдарының негізгі және қосымша қателіктерінің шектері қабылданады. Қосу кезінде жойылмаған жүйелік қателігінің құрастырушылар ретінде бірқалыпты таралу заңдары бар кездейсоқ шамалар деп қарастырылады. Өлшеу нәтижелерінің жойылмаған жүйелік қателіктердің шекаралары θ келесі өрнекпен есептелінеді

$$\theta = k\sqrt{\sum_{i=1}^{m}\theta_i^2}\,, \tag{1.8}$$

мұнда θ_i - *i*-ші жойылмаған жүйелік қателігінің шекарасы;

k - алынған сенімділк ықтималдығымен анықталатын коэффициент, (*P=0,95* үшін *k* =1,1).

1.2.1.9 Өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекараларын есептеу.

Өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекарасы келесі $\frac{\theta}{\sigma_X}$ арақатынасына тәуелді болып орнатылады .

Егер $\frac{\theta}{\sigma_X}$<0,8 , онда жойылмаған жүйелік қателігі есепке алынбайды және өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекарасы келесі түрде анықталады $\Delta = \varepsilon$ (1.7 формуласы).

Егер $\frac{\theta}{\sigma_X}$ >8, онда кездейсоқ қателігі есепке алынбайды және өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекарасы келесі түрде анықталады $\Delta = \theta$ (1.8 формуласы).

Егер $0{,}8 \le \frac{\theta}{\sigma_X} \le 8$, онда өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекарасы келесі өрнек бойынша есептелінеді

$$\Delta = K \cdot \sigma_\Sigma\,, \tag{1.9}$$

мұнда *K* - кездейсоқ қателіктің және жойылмаған жүйелік қателіктің арақатынасына тәуелді коэффициент;

σ_Σ - өлшеу нәтижесінің қосынды орта квадраттық ауытқуының бағасы. *K* коэффициенті келесі өрнек бойынша есептелінеді

$$K = \frac{\varepsilon + \theta}{\sigma_X + \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\frac{\theta_i^3}{3}}}\,. \tag{1.10}$$

σ_Σ бағалары келесі өрнек бойынша анықталады

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{\theta_i^2}{3} + \sigma_X^2} \quad . \qquad (1.11)$$

1.2.2 Тапсырма нұсқалары.

Жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша (1.2.1 т.) бақылау қатарының өңдеуін жасау.

Жеке тапсырмалар нұсқалары А қосымшасында А.7 кестесінде келтірілген.

2 Есептеу – сызба жұмысы №2. Тура және жанама өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалау

Жұмыс мақсаты: өлшеу құралдардың негізгі және қосымша қателіктерін, бірреттік тура және жанама өлшеулер нәтижелерін есептеу әдістерін оқу.

2.1 Тапсырма №1

2.1.1 Бір ретті тура өлшеулер.

Практикада орындалатын өлшеулер көбінесе бір рет орындалатын өлшеулер болып табылады. Бір рет орындалатын өлшеуді өткізу үшін біріншіден өлшеу құралын таңдау керек. Бұл таңдау келесілерді есепке алып жасалады: өлшеуді өткізу шарттары, өлшенетін шаманың қасиеттері мен оның жуықтаған мәні, өлшеудің қажетті дәлдігі. Сонымен бірге қандай өлшеу аспабы қолданатыны, оның типі, дәлдік класы, және шкаланың қандай шегінде өлшеуді орындау керек екендігі анықталады.

Бір рет өлшеу нәтижесі ретінде өлшеу құралының көрсеткіші алынады. Бір рет өлшеудің нәтижелі қателігі жалпы жағдайда бірсыпыра факторларға тәуелді, мысалы, құралдық, әдістемелік қателіктерден, сыртқы әсерлердің шамаларынан, т.с. Тура әрекетті көрсететін өлшеу аспабын қолданғанда бір реттік өлшеу қателігі жуықтаған шектік қателікті бағалаумен келесі формула бойынша анықталады

$$\delta_n = \pm(\delta_{нег} + \delta_{кос} + \delta_м)\,, \qquad (2.1)$$

мұнда, $\delta_{нег}$ - әсер ететін шамалардың қалыпты аймағында қолданылатын өлшеу аспабын пайдаланғанда оның рұқсат етілген негізгі қателігінің шегі;

$\delta_{кос}$ - қалыпты аймағындағы мәндер үшін немесе олардың қалыпты мәндері үшін белгіленген шектен тыс шамаларға әсер ететін ауытқумен анықталатын өлшеу аспабының рұқсат етілген қосымша қателік шегі;

$\delta_м$ - әдістемелік қателік.

Бір ретті өлшеулерді өткізгенде пайдаланудың қалыпты шарттарын орнатуға тырысады, және әдістемелік пен субъективті қателіктер нәтижеге минималды әсер ететіндей өлшеу әдісін таңдайды.

Егер де бір ретті өлшеу дұрыс ұйымдастырылған болса, өлшеу нәтижелерін көрсету үшін өлшеу құралының көрсетімі мен оның рұқсат етілген негізгі қателігінің шегі туралы (оны анықтау үшін өлшеу құралдың дәлдік класы деген метрологиялық сипаттамасы қолданылады) мәліметтер жеткілікті.

Өлшеу нәтижесінің қателігін бағалаған кезде өлшеу құралының (ӨҚ) барлық нормалайтын метрологиялық мінездемелерін есептеу тек дәлдігі жоғары өлшеулерде ақталатын өте күрделі және көп еңбекті рәсім. Өндірістегі өлшеулер кезінде мұндай дәлдік әр уақытта керек емес. Бірақ, өлшеу қателігінің инструменталдық құрастырушысы жөнінде анықталған ақпарат қажет болуы мүмкін. Мұндай ақпарат өлшеу құралының дәлдік класы деп беріледі.

Дәлдік класы – негізгі және қосымша рұқсат етілетін қателіктердің шектерімен, тағы да басқа дәлдікке әсер ететін өлшеу құралдарының қасиеттерімен анықталатын қорытындылған метрологиялық мінездеме (ММ). Дәлдік класы - өлшемсіз шама.

Берілген типті өлшеу құралдарының көрнекі партиясын зерттеуден және сынаудан өту негізінде өлшеу құралдарын жасаған кезінде оларға дәлдік кластарын меншіктейді. Сонымен бірге рұқсат етілетін қателіктердің шектері нормаланады және өлшеу диапазонының ішіндегі қателіктердің өзгеру мінезіне тәуелді, олар абсолюттік, келтірілген немесе салыстырмалы түрде көрсетіледі.

ӨҚ қолдану шарттарына қарай келесі қателіктер ажыратыланады:

1) *ӨҚ негізгі қателігі* – қалыпты жағдайда қолданатын ӨҚ қателігі. ӨҚ қалыпты жағдайында қолдану үшін келесі шарттар орындалу керек: әсер етуші шамалардың (қоршаған орта температурасы, барометрлік қысым, ылғалдылық, қоректену кернеуі, ток жиілігі және т.б.) мәндері қалыптасқан немесе мәндердің қалыптасқан аймағының ішінде; ӨҚ кеңістіктік жағдайы анықталған; вибрациясы жоқ; сыртқы электрмагниттік өрісі жоқ, жердің магниттік өрісінен басқа. Қалыпты жағдайлар ӨҚ қолдануының жұмыстық жағдайлары болып табылмайды;

2) рұқсат етілетін *қосымша қателіктің* шегі деп, әсер етуші шаманың өзгеруі мәндердің кеңейтілген аймағының шектерінің ішінде болғанында, ең үлкен қосымша қателігін түсінеміз. Бұл қателігіне сәйкес ӨҚ жарамды және қолдануға жіберілді деп саналады. Стандарттарда немесе техникалық шарттарында ӨҚ әрбір түріне әсер етуші шама мәндердің кеңейтілген аймағы тағайындалады, оның шектерінің ішінде қосымша қателіктің мәні орнатылған шектерден аспау керек. Негізгі және қосымша қателіктер түсініктемелеріне осы шарттарында пайда болған ОҚ нақты қателіктері сәйкес болады.

Қателіктің көрініс түріне қарай *абсолюттік, салыстырмалы және келтірілген* ӨҚ қателіктерін ажыратады.

Өлшеу аспабының абсолюттік қателігі – аспап көрсетімі және өлшенетін шаманың нақты мәні арасындағы айырым

$$\Delta = X_a - X_н. \tag{2.2}$$

$\tilde{O}_i$ үлгілі аспап көмегімен анықталады.

Өлшеу аспабының салыстырмалы қателігі – өлшеу аспабының абсолюттік қателігінің өлшенетін шаманың нақты мәніне қатынасы

$$\delta = \frac{\Delta}{X_н} 100\%.. \tag{2.3}$$

Өлшеу аспабының келтірілген қателігі - өлшеу аспабының абсолюттік қателігінің өлшенетін шаманың нормалайтын мәніне қатынасы

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\%. \tag{2.4}$$

Нормалайтын мәні X_N ретінде өлшеудің жоғарғы шегі немесе өлшеу аспабының өлшеу диапазоны қолданылады.

Қарастырылатын ӨҚ қателіктерін нормалау тәсіліне сәйкес рұқсат етілетін негізгі қателігінің шегі γ , X_N нормалайтын мәнінің пайызы болып көрсетілсе, онда ол ӨҚ дәлдік класы санына *Кл* тура келеді. Сонымен дәлдік класы, пайызбен көрсетілген, келтірілген қателігіне тең болса, онда рұқсат етілетін негізгі абсолюттік қателігінің шегі келесі өрнекпен анықталады

$$\Delta = \pm \frac{Кл \cdot X_N}{100} = \frac{\gamma \cdot X_N}{100}. \tag{2.5}$$

Нормаланған ауытқуына *i*-ші әсер етуші шаманың өзгеруінен пайда болатын ӨҚ қосымша қателігі нормалайтын X_N мәнінің пайызымен келтірілген қателік түрінде көрсетіледі және келесі өрнекпен анықталады

$$\delta_{кості} = \frac{100(X_a - X_{а.к.})}{X_N} \ , \tag{2.6}$$

мұнда $\delta_{кості}$ – рұқсат етілетін қосымша қателігінің шегі, %;

X_a - шкаланың берілген нүктесіндегі аспаптың көрсетімі немесе түрлендіргіштің шығу сигналының мәні;

$X_{а.к.}$ - әсер етуші шаманың қалыптасқан мәнідерінде немесе мәндерінің қалыпты аймағындағы шкаланың берілген нүктесіндегі аспаптың көрсетімі немесе түрлендіргіштің шығу сигналының мәні (нақты мәні деп қабылданады).

Өлшеу аспабы жұмыстық жағдайларында әсер етуші шамалардың мәндері кеңейтілген аймағында пайдалануға тағайындалған деп стандартта немесе монтажды-эксплуатациялық ережелерінде көрсетілген болса, онда рұқсат етілетін қосымша қателігінің шегі осы аймақ ішінде нормаланған.

2.1.2 №1 есеп.

Әсер ететін шамалардың кеңейтілген аймағы $0°C$ тан $50°C$ дейін. Қалыпты жағдайлар: $20 \pm 5\ °C$. Өлшеу аспабының дәлдік класы $Кл = 1{,}5$. Аспап $t_{эксп л}$ = $40°C$ жұмыс істейді. Қоршаған ортаның температурасының нормалды аймақтан ауытқуының әр $t_{àóò} = 10°C$ үшін рұқсат етілген қосымша қателік шегінің нормаланған мәні $\delta_{ðóê} = = \pm 0{,}2\%$ тең болады. Аспаптың көрсетімінің қателігін анықтаңыз.

Жеке тапсырмалар нұсқалары Б қосымшасында, Б.1 кестеде келтірілген.

2.1.2.1 №1 есебін шығару мысалы.

Аспап көрсетімінің қателігі келесі

$$\delta_a = \pm(\delta_{нег} + \delta_{кос}).$$

Өлшеу аспабының негізгі қателігі оның дәлдік класымен анықталады және 0,5% тең.

Қосымша қателікті анықтау үшін қоршаған ортаның температурасының мәндердің қалыпты аймағынан ауытқуын табамыз $20 \pm 5°C = (15 \div 25)°C$: $\Delta t_{ëîð.îðòà} = 40 - 25 = 15°Ñ$.

Өлшеу аспаптың қосымша қателігі

$$\delta_{кос} = \frac{0{,}2\% \Delta t_{кор.орта}}{10°C} = \frac{0{,}2\% \cdot 15°C}{10°C} = \pm 0{,}3\%.$$

Аспап көрсетімінің қателігі

$$\delta_a = \pm(\delta_{нег} + \delta_{кос}) = \pm(0{,}5 + 0{,}3)\% = \pm 0{,}8\%$$

Жауабы: $\delta_a = \pm 0{,}8\%$.

2.1.3 №2 есеп.

Берілген өлшеу құралы үшін дәлдік класын және өлшеу диапазонын таңдаңыз. Өлшеу нормалды жағдайда өткізіледі және әдістемелік қателік өте аз деп есептеледі. Өлшеу нәтижесін анықтаңыз және өлшеу нәтижесін дөңгелектену ережелеріне сәйкес жазыңыз.

Жеке тапсырмалар нұсқалары Б қосымшасында, Б.2 кестеде келтірілген.

2.1.3.1 №2 есебін шығару мысалы.

220 В номиналды кернеуін салыстырмалы қателігі 1%-тен аспайтындай өлшеу үшін вольтметрдің дәлдік класын және өлшеу диапазонын таңдаңыз. Вольтметрдің көрсетімі 230 В болса, өлшеу қалыпты жағдайда өткізілсе және әдістемелік қателік өте аз болса өлшеу нәтижесін жазыңыз.

Шешімі. Өлшенетін параметрдің номиналды мәні вольтметрдің өлшеу диапазонының екінші жартысына түсу керектігінен, өлшеу диапазоны 0 В ден 300 В дейін вольтметрді таңдаймыз. Салыстырмалы қателігі 1% аспау үшін абсолюттік қателігінің модулі келесі мәнінен аспау керек

$$|\Delta x| \le \frac{\delta_{сал} X_{ном}}{100\%} = \frac{1\% 220B}{100\%} = 2.2 \text{ В}.$$

Вольтметрдің келтірілген қателігінің модулі келесі мәнінен аспау керек

$$|\gamma_{кел}| = \frac{\Delta x}{X_N} 100\% = 2{,}2 \text{ В}/300 \text{ В} \cdot 100\% = 0{,}7\%,$$

бұл 0,7 дәлдік класына сәйкес. Бірақ мұндай дәлдік класы бар аспаптар шығарылмайды. Дәлдік класының шамалары $(1;1{,}5;2;2{,}5;3;4;5;6)10^n$ қатарынан таңдалатын сандар, мұндағы n =1;0;-1;-2 т.с. Сондықтан дәлдік класы 0,6 вольтметрін таңдаймыз. Онда абсолюттік қателігінің модулі келесі мәнінен аспау керек

$$|\Delta x| \le \frac{\gamma_{кел} X_N}{100\%} = \frac{0.6\% 300B}{100\%} = 1{,}8 \text{ В}.$$

Жауабы: $U = (230{,}0 \pm 1{,}8)$ В.

2.2 Тапсырма №2

2.2.1 Бір реттік жанама өлшеулерін өндеудің әдістемесі.

Жанама өлшеулер – бұл өлшеулер кезінде шаманың ізделген мәнін табу үшін сол шаманың және тура өлшеулерге жататын шамалар арасындағы белгілі тәуелділікке негізделген $Y = f(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_m)$, x_i – тура өлшеулер барысында анықталады. Басқа сөзбен айтқанда, физикалық шаманың ізделген мәні өрнекпен есептелінеді, ал өрнекке кіретін шамалардың мәндері тура өлшеулер барысында анықталады.

Мысалы, актив қуатын өлшеу $P = I^2 R$ өрнегі бойынша есептеп табуға болады, ал ток *1* және кедергі *R* амперметрмен және омметрмен өлшенеді; тығыздылықты дененің көлемі мен массасы арқылы; кедергіні – кернеу мен ток арқылы, т.с.

x_i шамалары тәуелсіз болса, онда өлшеу нәтижесінің қателіктері бастапқы шамалардың қателіктері арқылы келесі өрнектермен анықталады:

а) абсолюттік қателігі

$$\Delta y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x\right)^2} ;$$

б) салыстырмалы қателігі

$$\delta_Y = \pm \frac{\Delta y}{y} 100 = \pm 100 \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \Delta x_i\right)^2} .$$

2.2.2 №3 есеп.

Шығынды калориметрлік шығын өлшеуішпен өлшегенде, қыздырғыш қуатын өлшеуі амперметр және вольтметрдің көрсетімдері арқылы жасалынады. Дәлдік кластары *Кл*=0,5 осы екі аспап қалыпты жағдайда жұмыс істейді және олардың шкалалары 0-5 А және 0-30 В. Ток күшінің және кернеудің номиналды мәндері 3.5 А және 24 В.

Қуатты өлшеу қателігін бағалау керек. Өлшеу нәтижесін дөңгелектену ережелеріне сәйкес жазу керек.

Жеке тапсырмалардың нұсқалары Б қосымшасында, Б.3 кестеде келтірілген.

2.2.2.1 №3 есебін шығару мысалы.

Қыздырғыш қуатын W өлшеу қателігін келесі формуламен жанама өлшеу қателігі ретінде бағалаймыз

$$\Delta W = \sqrt{(\frac{\partial W}{\partial U}\Delta U)^2 + (\frac{\partial W}{\partial I}\Delta I)^2}\ .$$

Өлшеу құралдарының дәлдік класынан басқа метрологиялық мінездемелері жоқ болғандықтан, дәлдік класына (Кл) және аспаптың өлшеу диапазонына ($U_ж$- $U_т$) сәйкес қателіктің рұқсат етілетін мәндердің шектерін анықтауға болады

$$\Delta U = \frac{U_{ж} - U_{т}}{100} Кл = \frac{30-0}{100} 0{,}5 = \pm 0{,}15\ В;$$

$$\Delta I = \frac{I_{ж} - I_{т}}{100} Кл = \frac{5-0}{100} 0{,}5 = \pm 0{,}025\ А.$$

Қуат $W = IU = 3{,}5 \cdot 24 = 84\ Вт$ келесідей есептелетіні белгілі, және $\frac{\partial W}{\partial U} = I$, $\frac{\partial W}{\partial I} = U$.

Қуатты өлшеудің абсолюттік қателігінің рұқсат етілетін шегі

$$\Delta W = \sqrt{(3{,}5 \cdot 0{,}15)^2 + (24 \cdot 0{,}025)^2} = \pm 0{,}795\ Вт.$$

Қуатты өлшеудің салыстырмалы қателігінің рұқсат етілетін шегі

$$\delta W = \frac{\Delta W}{W} 100 = \frac{0{,}795}{24 \cdot 3{,}5} 100 = \pm 0{,}95\%.$$

Жауабы: $\Delta W = \pm 0{,}795 Вт$, $\delta W = \pm 0{,}95\%$.

Өлшеу нәтижесі $W = (84{,}0 \pm 0{,}8)\ Вт$.

2.2.3 №4 есеп.

Құбырдың ауаға жылуберуін зерттеген кезде жылуберу коэффициенті келесі өрнекпен есептелінеді

$$\alpha_К = \frac{Q}{F(t_к - t_а)},$$

мұндағы $t_ê$ және $t_à$ - қабырғалар мен ауаның температуралары,

Q – жылу мөлшері.

Зертханалық қондырғысында жылуберу коэффициентін өлшеу қателігін

$$\alpha_К = \alpha_{олш} \pm \Delta\alpha_к$$

бағалау керек.

Әдістемелік қателіктеріне мән бермейміз. Өлшеу нәтижесін дөңгелектену ережелеріне сәйкес жазу керек.

Жылуберу коэффициенті Q, F, $t_к$ және t_a параметрлердің жанама өлшеулер нәтижесі ретінде анықталады. Сондықтан жылуберу коэффициентін анықтаудың абсолюттік қателігінің рұқсат етілетін шегі келесі өрнекпен есептелінеді

$$\Delta\alpha_K = \sqrt{(\frac{\partial\alpha_K}{\partial Q}\Delta Q)^2 + (\frac{\partial\alpha_K}{\partial F}\Delta F)^2 + (\frac{\partial\alpha_K}{\partial t_C}\Delta t_C)^2 + (\frac{\partial\alpha_K}{\partial t_B}\Delta t_B)^2}\ . \qquad (2.7)$$

Барлық өлшенетін параметрлер рұқсат етілетін ауытқуымен анықталады, сондықтан жылуберу коэффициенті де кейбір рұқсат етілетін қателіктің шегімен бағаланады.

Жылу мөлшері Q электрқыздырғыштың қуаты бойынша анықталады. Сондықтан, Q өз кезегі бойынша I мен R жанама өлшеулерінің нәтижесі болып табылады: $Q = R\ I^2$, ал қателігі

$$\Delta Q = \sqrt{(\frac{\partial Q}{\partial R}\Delta R)^2 + (\frac{\partial Q}{\partial I}\Delta I)^2}. \qquad (2.8)$$

Ток күшін өлшейтін амперметрдің шкаласы 0-50 А, дәлдік класы 0,1, токтың номиналдық мәні 42 А. Осы мәліметтерді қолданып, ток күшін өлшеудің ΔA негізгі қателігін есептеуге болады.

Құбыр кедергісі мен температура арасындағы тәуелділік арнайы тәжірибеден табылған және келесі өрнекпен анықталады

$$R_t = R_0(1+\alpha t). \qquad (2.9)$$

Мұндағы t – қабырғаның темературасы. Температура $t=0$ болса, кедергінің мәні R_0=0,5 Ом, $\alpha = 4\cdot10^{-3}\ °C^{-1}$. Кедергіні өлшеудің қатынасты қателігі $\pm 0{,}2\%$ аспайды.

Ауа температурасы t_a құбырдан алыс, дәлдігі жоғары сынап термометрмен өлшенеді, оның шкаласы 100 – 150 $°C$ және рұқсат етілген негізгі қателіктің шегі $0{,}5\,°C$. Ауа температурасының номиналды мәні $120\,°C$.

Жеке тапсырмалардың нұсқалары Б қосымшасында, Б.4, Б.5, Б.6 кестелерінде келтірілген.

2.2.3.1 №4 есебін шығару мысалы.

Өлшенген температура бойынша құбыр кедергісін анықтаудың қосынды қателігін бағалайық. Құбырдың бөліктендіру қателігі мен температураны өлшеу қателігі тәуелсіз шамалар деп есептеп, келесіні жазамыз

$$\Delta R_\Sigma = \sqrt{\Delta R_a^2 + \Delta R_t^2}.$$

Есептейміз

$$\delta R_a = \frac{\Delta R_t}{R_t}\cdot 100\%,$$

$$\Delta R_a = \frac{\delta R \cdot R_t}{100\%} = \frac{\delta R}{100\%} R_0(1 + \alpha t).$$

Аспаптың қателігінен пайда болатын қателіктің құрастырушысы

$$\Delta Ra = \pm 0{,}002 R_0(1+\alpha t) = \pm\, 0{,}002 \cdot 0{,}5(1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 200) = 0{,}0018 \text{ Ом.}$$

Температураны өлшеу қателігінен пайда болатын қателіктің құрастырушысы

$$\Delta R_t = \pm R_0 \alpha \Delta t_{\hat{e}}.$$

Бұл өрнекте Δt белгісіз.

Құбыр температурасы ПП-63 потенциометрмен бірге болатын, градустауы ХК стандартты термоэлектрлік термометрмен өлшенеді. Термометр бос шеттерінің ыдысы бойынша ПП-63 зертханалық потенциометрге жалғанады. Қабырғаның температурасының номиналды мәні $200°C$. ПП-63 потенциометрдің рұқсат етілген қателігінің шегі келесі формуламен анықталады

$$\Delta e_{\Pi} = \pm(5 \cdot 10^{-4} U + 0{,}5 U_P),$$

мұндағы U –потенциометра көрсетімі, мВ;

$_p$ - шкаланы бөлу бағасы, мВ. U_p=0,05 мВ.

Егер $t \le 300°C$, ТХК термоэлектрлік термометрдің рұқсат етілетін термо-ЭҚК ауытқуы келесіге тең болады

$$\Delta e_T = \pm 0{,}2 \text{ мВ.}$$

(4-7-3 кесте, [5]).

ПП-63 потенциометрдің рұқсат етілетін қателігінің шегі

$$\Delta e_{\Pi} = \pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot 14{,}59 + 0{,}5 \cdot 0{,}05) = 0{,}032 \text{ мВ.}$$

Термометрмен потенциометрдің қателіктері тәуелсіз шамалар деп жорамал жасағанда температура өлшеудің қосынды қателігінің Δe_Σ шегін бағалаймыз. Онда

$$\Delta e_\Sigma = \sqrt{\Delta e_T^2 + \Delta e_{\Pi}^2} = \sqrt{0{,}2^2 + 0{,}032^2} = \pm\, 0{,}203 \text{ мВ,}$$

бұл $\Delta t = \pm 3°C$ немесе $\frac{\Delta t}{t_C} = \pm 0{,}0145$ сәйкес.

Құбыр кедергісі R өлшенген температура бойынша (2.8) өрнегімен анықталады

$$R = 0{,}5 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 200) = 0{,}9 \text{ Ом.}$$

Температураны өлшеу қателігінен пайда болатын қателік мынадан аспайды

$$\Delta R_t = \pm R_0 \alpha \Delta t = \pm 0{,}5 \cdot 0{,}004 \cdot 3 = \pm 0{,}006 \text{ Ом.}$$

Температурасы бойынша құбырдың кедергісін анықтаудың қосынды қателігінің шегін бағалаймыз

$$\Delta R_{\Sigma} = \sqrt{\Delta R_{П}^2 + \Delta R_{Т}^2} = \sqrt{0{,}0018^2 + 0{,}006^2} = \pm 0{,}00606 \text{ Ом}.$$

Құбырдың бетін F анықтау қателігінің шегін бағалайық

$$F = \pi d l.$$

Ұзындығы $l = 100 \pm 0{,}5$ мм, диаметры $d = 10 \pm 0{,}01$ мм.

$$F = \pi dl = 3{,}14 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}1 = 0{,}00314 \text{м}^2;$$

$$\Delta F = \pm\sqrt{(3{,}14 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}0001)^2 + (3{,}14 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}0005)^2} = \pm 16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Енді құбырдан ауаға берілетін жылу мөлшерін анықтау қателігін бағалауға болады

$$Q = R\ I^2 = 0{,}9 \cdot 42^2 = 1588 \text{ Вт},$$

онда

$$\Delta Q = \sqrt{(\frac{\partial Q}{\partial R}\Delta R)^2 + (\frac{\partial Q}{\partial I}\Delta I)^2} = \pm\sqrt{42^4 \cdot 0{,}00606^2 + (2 \cdot 0{,}9 \cdot 42 \cdot 0{,}05)^2} = \pm 11{,}34 \text{ Вт}.$$

Ауа температурасын өлшеу қателігін шыны термометрдің мінездемелері бойынша бағалайық. Термометрдің шкаласы $100 - 150\,°C$, рұқсат етілетін қателіктің шегі $\pm 0{,}5°C$. Онда $\Delta t_{а} = \pm 0{,}5°C$ немесе $\Delta t_{а} / t_{а} = \pm 0{,}00416$.

Жылу беру коэффициентін анықтау қателігінің шегін бағалау үшін абсолюттік қателігін анықтау (2.6) өрнегін пайдаланамыз. Алдымен туындыларын анықтаймыз

$$\frac{\partial \alpha_K}{\partial Q} = \frac{1}{F(t_C - t_B)} = 3{,}98\frac{1}{м^2 К};$$

$$\frac{\partial \alpha_K}{\partial F} = \frac{Q}{F^2(t_C - t_B)} = 2{,}013 \cdot 10^6 \frac{Вт}{м^4 К};$$

$$\frac{\partial \alpha_K}{\partial t_C} = \frac{Q}{F(t_C - t_B)^2} = 79{,}02\frac{Вт}{м^2 К^2};$$

$$\frac{\partial \alpha_K}{\partial t_B} = \frac{Q}{F(t_C - t_B)^2} = 79{,}02\frac{Вт}{м^2 К^2}.$$

Абсолютты қателік

$$\Delta\alpha_K = \pm\sqrt{(3{,}98 \cdot 11{,}34)^2 + (2{,}013 \cdot 16)^2 + (79{,}02 \cdot 3)^2 + (79{,}02 \cdot 0{,}5)^2} = \pm 239{,}06\frac{Вт}{м^2 К}.$$

Жылу берудің есептелген коэффициенті

$$\alpha_K = \frac{Q}{F(t_к - t_а)} = \frac{1588}{0{,}00314(473 - 393)} = 6321{,}7\frac{Вт}{м^2 К}.$$

Рұқсат етілетін салыстырмалы қателіктің шегі

$$\delta_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha_K}{\alpha_K} = \pm\frac{239{,}06}{6321{,}7}100 = \pm 3{,}78\%.$$

Жауабы: $\alpha_K = (6322 \pm 240)\frac{Вт}{м^2 К}$, $\delta_\alpha = \pm 3{,}78\%$.

3 Есептеу-сызба жұмысы №3. Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау

Жұмыс мақсаты: стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау әдістемесін оқу.

2.1 Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау әдістері

Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау өнімнің сапасын жоғарылату мақсатымен орындалады; сонда максималды мүмкін болатын тиімділікке жеткізетін параметрлерінің оптималды мәні табылады. Өнімді жасау, өндіру және қолдану жағдайларында белгілі техникалық, экономикалық және әлеуметтік мақсаттарына жетуді тиімділік деп есептейді. Сонымен бірге аталған мақсаттарға жету үшін материалды, еңбек және табиғаттық шығындарымен байланысты шығындар қажет. Сонымен, стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау есебі өнімді жасау, өндіру және қолдану кездеріндегі шығындарының минимумын анықтауға келтіріледі.

Стандарттау объекттен алынатын тиімділікті *сандық бағалауды* қолданатын оптималдау объекттің параметрлерін оптималдаудың сандық әдісі деп аталады.

Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау үшін келесілердің сандық анықтау керек: объект параметрлерін, объектті пайдаланудың және өндірістің тиімділігін, объектті жасауға, өндіруге және қолдануға жұмсалған шығындарын.

Осы тиімділіктер мен шығындарды сандық анықтаудың үш әдісі бар: техникалық, ақшалық және пайдалылық.

Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау әдістері мақсатты бағалаудың түрі мен жасауға, өндіруге және қолдануға жұмсалған шығындарына қарай келесідей бөлінеді:

- техникалық шамаларды қолданатын әдістер;
- ақшалық және техникалық шамаларды қолданатын әдістер;
- шартталған, ақшалық және техникалық техникалық шамаларды қолданатын әдістер.

Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдаудың келесі кезеңі математикалық моделін құру болып табылады; математикалық модель құрамында мақсатты функция мен шектеулерден болады. Мақсатты функцияны құрудағы бастапқы ақпарат келесі болады:

а) тиімділіктің (*Э* эффекттің) P_i оптималдау параметрлерінен тәуелдігі, яғни

$$Э = \sum_{i=1}^{I} f(P_1, P_2, ..., P_i), \qquad (3.1)$$

мұндағы j=1,2,...,J и i=1,2,...,I;

б) шығындардың (*З*) P_i оптималдау параметрлерінен тәуелдігі, яғни

$$З_k = \sum_{i=1}^{I} f(P_1, P_2, ..., P_i), \qquad (3.2)$$

мұндағы *k=1,2,...,K* және *i=1,2,...,I.*

Сонда мақсатты функция келесі формуламен анықталады

$$Ц = f(Э_j, З_k) \quad \text{немесе} \quad Ц = Э_j / З_k. \qquad (3.3)$$

Шектеулер стандарттау объекттердің параметрлері мен өндірістік мүмкіндіктері, шикі затпен қамту, материалдар, энергия, т.с. арасындағы тәуелділіктерді орнатады. Шектеулер келесі түрде жазылады

$$E = f(P_i) \le 0 \quad \text{немесе} \quad E = f(P_i) \ge 0. \qquad (3.4)$$

Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау үшін келесі шарттарды қанағаттандыратын P_i мәнін табу керек:

$$Ц = Э_j / З_k \to \max, \quad \text{немесе}$$

$$Э_j = \sum_{i=1}^{I} f(P_1, P_2, ..., P_i) \to \max, \quad \text{немесе}$$

$$З_к = \sum_{i=1}^{I} f(P_1, P_2, ...P_i) \to \min.$$

Сонда алынған *P* мәндері (3.4) формулаларда келтірілген шектеулерді қанағаттандырулары керек.

Ұсынылып отырған есептеу-сызба жұмысында стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдауға техникалық шамаларды пайдаланатын оптималдау әдісі қолданылады. Сондықтан мақсатты функция мен шектеулерді құрғанда элементтердің болжау сипаттамалары мен олардың геометриялық өлшемдері арасындағы тәуелділіктер және бастапқы дайындау затпен жасалған детальдің арасындағы, т.б. тәуелділіктер қолданылады.

3.1 Тапсырма №1.

Кәсіпорынның стандартын жасау үшін қысылуға жұмыс істейтін дөңгелек қуыс тұғырдың негізгі параметрлерін (*d* сыртқы диаметрі мен қабырғасының *t* қалыңдығын) анықтау керек. Тұғырдың материалы – ағымдылық шегі σ_T болатын көміртекті болат, болаттың беріктілігінің рұқсат етілген қоры [S_P], осьтік жүктеме P_i 10 қатары бойынша өзгереді (МСТ 8032-84 сәйкес).

Келесі есептерді шешу қажет:

а) оптималдаудың математикалық моделін құру (мақсатты функция мен шектеулерді);

б) алгоритм мен компьютерде есепті шешу программасын құру;

в) тұғыр кесіндісінің минималды мәніне сәйкес d_{opt} диаметр мен t_{opt}, қалыңдықтың оптималды мәндерін таңдау.

Жеке тапсырмалар нұсқалары В қосымшасында, В.1 кестеде келтірілген.

3.2.1 №1 тапсырманы орындау.

3.2.1.1 Оптималдау есебі үшін математикалық моделін құру.

Оптималдаудың математикалық моделін құру үшін бастапқы ақпарат мақсаттық функция мен шектеулер болып табылады, олар берілген геометриялық параметрлерінде тұғырға қолданған P күшімен объекттің қауіпті кесіндісінде пайда болатын кернеу шамасы арасындағы тәуелділіктерді орнатады. «Машиналар бөлшектері» пәнінен белгілі формуланы қолданып, мақсаттық функцияны келесі түрде жазамыз

$$\sigma_P = \frac{P}{F} \qquad \text{немесе} \quad Ц = \sigma_P = \frac{4P}{\pi d^2},$$

мұндағы P - осьтік жүктеме, Н;

σ_P - тұғырдың кесіндісінде пайда болатын кернеу, МПа;

d - тұғырдың сыртқы диаметры, мм.

Тұғырда пайда болған кернеу осы материал үшін рұқсат етілген ағымдылық σ_T шегінен *[Sp]* есе кіші болады. Сонда шектеу келесі түрде жазылады

$$E = \sigma_{opt} \le \frac{\sigma_T}{[S_P]},$$

мұндағы *[Sp]* - тұғырдың қысылуға рұқсат етілген қоры;

σ_T - материалдың ағымдылық шегі, МПа.

Сонымен, оптималдаудың математикалық моделі келесідей жазылады

$$Ц = \sigma_P = \frac{4P}{\pi d^2}; \tag{3.5}$$

$$E = \sigma_{opt} \le \frac{\sigma_T}{[S_P]}. \tag{3.6}$$

Тұғырдың диаметрі МСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры» сәйкес болуы керек, сондықтан есептеуді 10, 50 және 100 мм болатын тұғыр диаметрлеріне орындаймыз. Сонымен бірге, тұғыр қалыңдығы келесі аралықтарда өзгереді деп есептейміз: *t=d/2, t=d/10, t=d/20*.

Диаметрі d және тұғыр қабырғаларының қалыңдығы t арқылы σ_P мәнін анықтаймыз. *Тұтас* кесінді үшін (3.5) формуласынан келесіні аламыз

$$\sigma_P = \frac{4P}{\pi d^2}, \tag{3.7}$$

қуыс кесінді үшін

$$\sigma_P = \frac{4P}{\pi\left[d^2 - (d-2t)^2\right]}. \qquad (3.8)$$

(3.8) формуласына кезекпен *t=d/2, t=d/10, t=d/20* мәндерін қоямыз.

3.2.1.2 Есептің алгоритмі мен компьютерлік программасын құру

σ_P мәнін анықтауға (3.9) формуласында келтірілген алгоритмді қолданамыз. Алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсету керек.

Құрылған алгоритм бойынша кез келген программалық тілде программа құрастырылады.

Программа бойынша σ_P мәндерін есептегеннен кейін берілген шектеуді есепке ала отырып (3.6 формуласы) оптималды диаметр мен тұғыр қабырғасының қалыңдығын таңдаймыз.

Есептің алынған шешімі бойынша қорытынды жасаңыз.

3.2 Тапсырма №2.

Цилиндрлік резервуардың сиымдылығы V_k. Оны жасауға материалдың минималды шығыны кететіндей оның r радиусы мен h биіктігін анықтау керек. Резервуар қалыңдығы бірдей болатын табақты материалдан жасалады.

Есепті шешу үшін:

а) оптималдаудың математикалық моделін құрыңыз (мақсаттық функция мен шектеулерді);

б) алгоритм мен компьютерде есепті шешу программасын құру;

в) жеке тапсырмалар нұсқасында көрсетілген резервуар V_k сиымдылығы үшін r_{opt} және h_{opt} анықтаңыз (нұсқалар В қосымшада, В.2 кесте).

3.2.1 №2 тапсырманы орындау.

3.3.1.1 Оптималдау есебі үшін математикалық моделін құру.

Оптималдаудың математикалық моделін құру үшін бастапқы ақпарат мақсаттық функция мен шектеулер болып табылады, олар берілген геометриялық параметрлерінде резервуардың бетінің ауданы мен оның көлемі арасындағы байланыстарды орнатады. Сонда мақсаттық функцияны келесі түрде жазамыз

$$S = 2\pi r^2 + 2\pi rh,$$

мұндағы S – резервуар бетінің ауданы, $м^2$;

r- резервуардың радиусы, м;

h- резервуардың биіктігі, м.

Шектеу ретінде келесі өрнекті аламыз

$$V_i = \pi r^2 h,$$

мұндағы V_i- резервуардың көлемі, $м^3$.

Сонымен, оптималдаудың математикалық моделі келесі түрде жазылады

$$S = 2\pi r^2 + 2\pi rh \ , \tag{3.9}$$

$$V_i = \pi r^2 h \, . \tag{3.10}$$

Көлемнің V_i мәніне тәуелді r мен h мәндерін анықтаймыз. Ол үшін (3.10) теңдеуден h мәнін анықтап, (3.9) теңдеуіне қоямыз

$$S = 2(\pi r^3 + V_i)/r \, . \tag{3.11}$$

$S_{\min}$ мәнін табу үшін (3.11) теңдеуін r бойынша дифференциалдап, алынған нәтижені нөлге теңестіру керек, яғни $S_{\min}$=0.

Алынған теңдеуді r бойынша шешіп, r мәнін есептеуге өрнекті аламыз. Осы өрнекті (3.11) формуласына қойып, h мәнін анықтауға өрнекті аламыз.

3.2.1.2 Есептің алгоритмі мен компьютерлік программасын құру.

Есепті шешу алгоритмі (r және h шамалардың оптималды мәндерін табу) осы r мен h мәндерін анықтайтын өрнектер болып табылады. Алгоритмді блок-сұлба түрінде көрсету керек.

Құрылған алгоритм бойынша кез келген программалық тілде программа құрастырылады

Есептің алынған шешімі бойынша қорытынды жасаңыз.

А қосымшасы

А.1 кесте - №1 ЕСЖ, Тапсырма №1, №1 есеп нұсқалары

Нұсқа №	X %	P_1	Δx_1 %	P_2
1	9,5	0,9	0,5	0,95
2	8,6	0,95	0,5	0,96
3	8,5	0,96	0,5	0.97
4	7,3	0.97	0,5	0,98
5	9,3	0,98	0,5	0,99
6	10,4	0,99	0,5	0,91
7	10,2	0,91	0,5	0,92
8	11,1	0,92	0,5	0,85
9	9,7	0,85	0,5	0,8
10	11,53	0,8	0,5	0,9
11	12,2	0,9	0,4	0,96
12	13,0	0,95	0,4	0.97
13	6,5	0,96	0,4	0,98
14	6,78	0.97	0,4	0,99
15	9,45	0,98	0,4	0,91
16	10,3	0,99	0,4	0,92
17	12,7	0,91	0,4	0,85
18	9,23	0,92	0,4	0,8
19	8,97	0,85	0,4	0,9
20	7,56	0,8	0,4	0,95
21	6,98	0,9	0,7	0.97
22	9,45	0,95	0,7	0,98
23	7,23	0,96	0,7	0,99
24	10,6	0.97	0,7	0,91
25	11,2	0,98	0,7	0,92

А.2 кесте - №1 ЕСЖ, Тапсырма №1, №2 есеп нұсқалары

Нұсқа №	P	$\overline{X}$, кПа	S^2, $(кПа)^2$
1	0,9	760	49
2	0,95	800	64
3	0,96	850	66
4	0.97	900	72
5	0,98	950	75
6	0,99	700	36
7	0,91	750	46
8	0,92	740	48
9	0,85	820	68

А.2 кестенің соңы

10	0,8	830	69
11	0,9	840	70
12	0,95	910	71
13	0,96	920	73
14	0.97	930	74
15	0,98	710	38
16	0,99	680	33
17	0,91	690	35
18	0,92	990	81
19	0,85	1100	85
20	0,8	1050	83
21	0,9	1200	88
22	0,95	1250	89
23	0,96	1300	90
24	0.97	1220	87
25	0,98	1210	86

Таблица А.3- №1 ЕСЖ, Тапсырма №1, №3 есеп нұсқалары

Нұсқа №	$\overline{X} - A$	$\overline{X} + B$	P
1	23,5	30,5	0,95
2	24,5	31,5	0,96
3	25,5	32,5	0.97
4	26,5	33,5	0,98
5	27,5	34,5	0,99
6	28,5	35,5	0,91
7	29,5	36,5	0,92
8	30,5	37,5	0,85
9	31,5	38,5	0,8
10	32,5	39,5	0,9
11	33,5	40,5	0,95
12	34,5	41,5	0,96
13	35,5	42,5	0.97
14	36,5	43,5	0,98
15	37,5	44,5	0,99
16	38,5	45,5	0,91
17	39,5	46,5	0,92
18	40,5	47,5	0,85
19	41,5	50,5	0,8
20	42,5	51,5	0,9
21	43,5	52,5	0,95

А.3 кестенің соңы

22	44,5	53,5	0,96
23	45,5	54,5	0.97
24	46,5	55,5	0,98
25	47,5	56,5	0,95

А.4 кесте - Кейбір аргументтері үшін Лаплас функциясының мәндері

z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
-0.00	0.5000	-0.34	0.3669	-0.68	0.2483	-1.02	0.1539
-0.01	4960	-0.35	3632	-0.69	2451	-1.03	1515
-0.02	4920	-0.36	3594	-0.70	0.2420	-1.04	1492
-0.03	4880	-0.37	3557	-0.71	2389	-1.05	1469
-0.04	4840	-0.38	0.3520	-0.72	2358	-1.06	1446
-0.05	4801	-0.39	3483	-0.73	2327	-1.07	1423
-0.06	4761	-0.40	0.3446	-0.74	2297	-1.08	1401
-0.07	4721	-0.41	3409	-0.75	2266	-1.09	1379
-0.08	4681	-0.42	3372	-0.76	0.2236	-1.10	0.1357
-0.09	4641	-0.43	3336	-0.77	2206	-1.11	1335
-0.10	0.4602	-0.44	3300	-0.78	2177	-1.12	1314
-0.11	4562	-0.45	3264	-0.79	2148	-1.13	1292
-0.12	4522	-0.46	3228	-0.80	0.2119	-1.14	0.1271
-0.13	4483	-0.47	3192	-0.81	2090	-1.15	1251
-0.14	4443	-0.48	3156	-0.82	2061	-1.16	1230
-0.15	4404	-0.49	3121	-0.83	2033	-1.17	1210
-0.16	4364	-0.50	0.3085	-0.84	2005	-1.18	1190
-0.17	4325	-0.51	3050	-0.85	1977	-1.19	1170
-0.18	4286	-0.52	3015	-0.86	1949	-1.20	0.1151
-0.19	4247	-0.53	2981	-0.87	1922	-1.21	1131
-0.20	0.4207	-0.54	2946	-0.88	1894	-1.22	1112
-0.21	4168	-0.55	2912	-0.89	1867	-1.23	1093
-0.22	4129	-0.56	2877	-0.90	0.1841	-1.24	1075
-0.23	4090	-0.57	2843	-0.91	1814	-1.25	1056
-0.24	4052	-0.58	2810	-0.92	1788	-1.26	1038
-0.25	4013	-0.59	2776	-0.93	1762	-1.27	1020
-0.26	3974	-0.60	0.2743	-0.94	1736	-1.28	1003
-0.27	3936	-0.61	2709	-0.95	1711	-1.29	0985
-0.28	3897	-0.62	2676	-0.96	1685	-1.30	0.0968
-0.29	3859	-0.63	2643	-0.97	1660	-1.31	0951
-0.30	0.3821	-0.64	2611	-0.98	1635	-1.32	0934
-0.31	3783	-0.65	2578	-0.99	1611	-1.33	0918
-0.32	3745	-0.66	2546	-1.00	0.1587	-1.34	0901
-0.33	3707	-0.67	2514	-1.01	1563	-1.35	0885

А.4 кестенің жалғасы

-1.36	0.0869	-1.78	0.0375	0.00	0.5000	0.42	0.6628
-1.37	0853	-1.79	0367	0.01	5040	0.43	6664
-1.38	0838	-1.80	0.0359	0.02	5080	0.44	6700
-1.39	0823	-1.81	0351	0.03	5120	0.45	6736
-1.40	0.0808	-1.82	0344	0.04	5160	0.46	6772
-1.41	0793	-1.83	0336	0.05	5199	0.47	6808
-1.42	0778	-1.84	0329	0.06	5239	0.48	6844
-1.43	0764	-1.85	0322	0.07	5279	0.49	6879
-1.44	0749	-1.86	0314	0.08	5319	0.50	0.6915
-1.45	0735	-1.87	0307	0.09	5359	0.51	6950
-1.46	0721	-1.88	0301	0.10	0.5398	0.52	6985
-1.47	0708	-1.89	0294	0.11	5438	0.53	7019
-1.48	0694	-1.90	0.0288	0.12	5478	0.54	7054
-1.49	0681	-1.91	0281	0.13	5517	0.55	7088
-1.50	0.0668	-1.92	0274	0.14	5557	0.56	7123
-1.51	0655	-1.93	0268	0.15	5596	0.57	7157
-1.52	0.0643	-1.94	0.0262	0.16	0.5636	0.58	0.7190
-1.53	0630	-1.95	0256	0.17	5675	0.59	7224
-1.54	0618	-1.96	0250	0.18	5714	0.60	0.7257
-1.55	0606	-1.97	0244	0.19	5753	0.61	7291
-1.56	0594	-1.98	0239	0.20	0.5793	0.62	7324
-1.57	0582	-1.99	0233	0.21	5832	0.63	7354
-1.58	0571	-2.00	0.0228	0.22	5871	0.64	7389
-1.59	0559	-2.10	0179	0.23	5910	0.65	7422
-1.60	0.0548	-2.20	0139	0.24	5948	0.66	7454
-1.61	0537	-2.30	0107	0.25	5987	0.67	7486
-1.62	0526	-2.40	0082	0.26	6026	0.68	7517
-1.63	0516	-2.50	0062	0.27	6064	0.69	7549
-1.64	0505	-2.60	0047	0.28	6103	0.70	0.7580
-1.65	0495	-2.70	0035	0.29	6141	0.71	7611
-1.66	0485	-2.80	0026	0.30	0.6179	0.72	7642
-1.67	0475	-2.90	0019	0.31	6217	0.73	7673
-1.68	0465	-3.00	0.0014	0.32	6255	0.74	7703
-1.69	0455	-3.10	0010	0.33	6293	0.75	7734
-1.70	0.0446	-3.20	0007	0.34	6331	0.76	7764
-1.71	0436	-3.30	0005	0.35	6368	0.77	7794
-1.72	0427	-3.40	0003	0.36	6406	0.78	7823
-1.73	0418	-3.50	0002	0.37	6443	0.79	7852
-1.74	0409	-3.60	0002	0.38	6480	0.80	0.7881
-1.75	0401	-3.70	0001	0.39	6517	0.81	7910
-1.76	0392	-3.80	0001	0.40	0.6554	0.82	7939
-1.77	0384	-3.90	0000	0.41	6591	0.83	7967

А.4 кестенің соңы

0.84	0.7995	1.26	0.8962	1.68	0.9535	3.00	0.9986
0.85	8023	1.27	8980	1.69	9545	3.10	9990
0.86	8051	1.28	8997	1.70	0.9554	3.20	9993
0.87	8078	1.29	9015	1.71	9564	3.30	9995
0.88	8106	1.30	0.9032	1.72	9573	3.40	9997
0.89	8133	1.31	9049	1.73	9582	3.50	9998
0.90	0.8159	1.32	9066	1.74	9591	3.60	9998
0.91	8186	1.33	9082	1.75	9599	3.70	9999
0.92	8212	1.34	9099	1.76	9608	3.80	9999
0.93	8238	1.35	9115	1.77	9616	3.90	1.0000
0.94	8264	1.36	9131	1.78	9625		
0.95	8289	1.37	9147	1.79	9633		
0.96	8315	1.38	9162	1.80	0.9641		
0.97	8340	1.39	9177	1.81	9649		
0.98	8365	1.40	0.9192	1.82	9656		
0.99	8389	1.41	9207	1.83	9664		
1.00	0.8413	1.42	9222	1.84	9671		
1.01	8437	1.43	9236	1.85	9678		
1.02	8461	1.44	9251	1.86	9686		
1.03	8485	1.45	9265	1.87	9693		
1.04	8508	1.46	9279	1.88	9699		
1.05	8531	1.47	9292	1.89	9706		
1.06	8554	1.48	9306	1.90	0.9713		
1.07	8577	1.49	9319	1.91	9719		
1.08	8599	1.50	0.9332	1.92	9726		
1.09	8621	1.51	9345	1.93	9732		
1.10	0.8643	1.52	9357	1.94	9738		
1.11	8665	1.53	9370	1.95	9744		
1.12	8686	1.54	9382	1.96	9750		
1.13	8708	1.55	9394	1.97	9756		
1.14	8729	1.56	9406	1.98	9761		
1.15	8749	1.57	9418	1.99	9767		
1.16	8770	1.58	9429	2.00	0.9772		
1.17	8790	1.59	9441	2.10	9821		
1.18	8810	1.60	0.9452	2.20	9861		
1.19	8830	1.61	9463	2.30	9893		
1.20	0.8849	1.62	9474	2.40	9918		
1.21	8869	1.63	9484	2.50	9938		
1.22	8888	1.64	9495	2.60	9953		
1.23	8907	1.65	9505	2.70	9965		
1.24	8925	1.66	9515	2.80	9974		
1.25	8944	1.67	9525	2.90	9981		

А.5 кесте - Пирсонның $\chi^2_{кр}$ талу заңының мәндері

P, ν	0,50	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
4	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
5	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09	20,5
6	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	15,03	16,81	22,5
7	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	16,62	18,48	24,3
8	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	18,17	20,1	26,1
9	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	19,68	21,7	27,9
10	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	21,2	23,2	29,6
11	10,34	12,9	14,63	17,28	19,68	22,6	24,7	31,3
12	11,34	14,01	15,81	18,55	21,0	24,1	26,2	32,9
13	12,34	15,12	16,98	19,81	22,4	25,5	27,7	34,5
14	13,34	16,22	18,15	21,1	23,7	26,9	29,1	36,1
15	14,34	17,32	19,31	22,3	25,0	28,3	30,6	37,7
16	15,34	18,42	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0	39,3
17	16,34	19,51	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4	40,8
18	17,34	20,6	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8	42,3
19	18,34	21,7	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2	43,8
20	19,34	22,8	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6	45,3
21	20,3	23,9	26,2	29,6	32,7	36,3	38,9	46,8
22	21,3	24,9	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3	48,3
23	22,3	26,0	28,4	32,0	35,2	39,0	41,6	49,7
24	23,3	27,1	29,6	33,2	36,4	40,3	43,0	51,2
25	24,3	28,2	30,7	34,4	37,7	41,6	44,3	52,6
26	25,3	29,2	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6	54,1
27	26,3	30,3	32,9	36,7	40,1	44,1	47,0	55,5
28	27,3	31,4	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3	56,9
29	28,3	32,5	35,1	39,1	42,6	46,7	49,6	58,3
30	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9	59,7

А.6 кесте - Қалыпты таралу заңының квантильдері

P n		0,90	0,95	0,98	0,99	0,997
15	1,04	1,75	2,13	2,60	2,95	3,6
16	1,04	1,75	2,12	2,58	2,92	3,6
17	1,03	1,74	2,11	2,57	2,90	3,5
18	1,03	1,73	2,10	2,55	2,88	3,5
19	1,03	1,73	2,09	2,54	2,86	3,4
20	1,03	1,72	2,09	2,53	2,84	3,4
30	1,02	1,70	2,04	2,46	2,75	3,3
50	1,01	1,68	2,01	2,41	2,68	3,2

А.7 кесте - №1 ЕСЖ, №2 тапсырманың нұсқалары

№1 нұсқа. Шығын Q, т/сағ									
550.0	550.12	550.13	550.00	549.98	549.96	549.90	550.20	550.63	548.20
546.3	552.00	560.8	552.00	553.21	554.21	544.00	561.20	553.20	547.10
542.0	561.00	530.10	502.00	552.10	556.12	580.00	590.00	570.00	552.12
554.2	556.23	550.80	550.97	550.45	550.10	501.00	550.00	550.20	531.23
542.0	561.00	530.10	502.00	552.10	556.12	580.00	590.00	570.00	552.12
θ_i	0.12	0.8	0.97	0.1	0.21	0.63	0.90	0.2	0.23
№2 нұсқа. Деңгей L, мм									
4001	4002	4000	4120	4501	4010	4020	4050	4000	4002
4009	4201	4032	4056	4400	4501	4001	3910	3998	3897
3897	3789	3981	4012	4002	4020	4060	4101	4020	4030
4023	4065	4500	4800	4100	4900	3890	3870	3900	3900
4009	4201	4032	4056	4400	4501	4001	3910	3998	3897
θ_i	2	9	10	7	6	5	3	11	4
№3 нұсқа. Қысым P, МПа									
22.03	31.02	21.06	22.03	22.99	23.51	23.64	23.98	22.02	28.10
29.01	30.25	23.15	19.25	19.99	19.98	20.22	21.36	22.36	23.56
23.56	22.36	22.99	22.98	23.56	21.23	20.36	19.23	24.26	15.89
16.89	10.23	25.26	26.32	22.35	22.36	13.25	21.03	21.23	22.36
23.56	22.36	22.99	22.98	23.56	21.23	20.36	19.23	24.26	15.89
θ_i	0.36	0.23	0.89	0.56	0.99	0.36	0.25	0.98	0.64
№4 нұсқа. Температура T, $^{\circ}C$									
230.0	236.12	230.12	230.56	230.48	230.15	230.15	230.55	256.02	280.56
200.1	210.23	230.56	230.78	230.12	230.00	230.00	231.23	232.02	231.02
231.5	235.56	235.45	234.25	270.23	280.23	240.23	229.15	228.00	280.12
290.0	214.23	234.26	230.12	230.12	230.59	230.00	250.26	280.26	240.15
231.5	235.56	235.45	234.25	270.23	280.23	240.23	229.15	228.00	280.12
θ_i	0.5	0.45	0.25	0.23	0.59	0.02	0.15	0.48	0.12
№5 нұсқа. Қысым P, $кгс/см^2$									
12.50	12.13	12.34	12.56	12.89	13.54	18.23	12.00	12.33	12.54
12.56	12.21	12.22	12.10	11.99	11.89	12.02	11.89	12.00	12.02
12.02	11.56	11.89	12.02	10.78	8.78	10.45	11.56	12.22	12.22
12.32	12.45	12.56	12.22	12.10	12.00	12.00	12.11	12.22	12.45
12.02	11.56	11.89	12.02	10.78	8.78	10.45	11.56	12.22	12.22
θ_i	0.5	0.4	0.2	0.3	0.9	0.02	0.1	0.8	0.12

А.7 кестенің жалғасы

№6 нұсқа. Деңгей L, м									
0.62	0.56	0.62	0.63	0.61	0.54	0.89	0.62	0.62	0.63
0.63	0.63	0.65	0.56	0.78	0.99	0.12	0.25	0.63	0.63
0.62	0.62	0.60	0.60	0.65	0.63	0.63	0.63	0.61	0.60
0.62	0.62	0.60	0.60	0.63	0.89	0.89	0.99	0.77	0.63
0.62	0.62	0.60	0.60	0.65	0.63	0.63	0.63	0.61	0.60
θ_i	0.05	0.045	0.025	0.023	0.059	0.02	0.015	0.048	0.012
№7 нұсқа. Қысым P, МПа									
0.7	0.7	0.72	0.75	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79	0.71
0.74	0.87	0.89	0.89	0.71	0.52	0.62	0.61	0.71	0.7
0.71	0.71	0.75	0.74	0.78	0.85	0.89	0.85	0.84	0.86
0.87	0.74	0.71	0.7	0.72	0.71	0.7	0.7	0.72	0.89
0.7	0.7	0.72	0.75	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79	0.71
θ_i	0.015	0.045	0.035	0.023	0.059	0.002	0.015	0.048	0.012
№8 нұсқа. Шығын Q, т/сағ									
3374	3374	3378	3389	3375	3372	3376	3372	3371	3371
3375	3362	3365	3374	3370	3375	3778	3100	3375	3345
3375	3374	3374	3370	3372	3376	3371	3370	3370	3375
3375	3388	3397	3345	3371	3375	3376	3374	3374	3378
3374	3374	3378	3389	3375	3372	3376	3372	3371	3371
θ_i	5	45	25	23	59	2	15	48	12
№9 нұсқа. Қысым P, МПа									
1.8	1.81	1.85	1.81	1.82	1.8	1.81	1.82	1.82	2.0
2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.81	1.85	1.91	1.91
1.5	1.8	1.84	1.87	1.84	1.82	1.82	1.83	1.81	1.80
1.84	1.87	1.94	1.41	1.54	1.84	1.51	1.85	1.82	1.8
1.5	1.8	1.84	1.87	1.84	1.82	1.82	1.83	1.81	1.80
θ_i	0.5	0.45	0.25	0.23	0.59	0.02	0.15	0.48	0.12
№10 нұсқа. Қысым P, кПа									
550.1	550.2	550.54	550.3	550.6	551.2	554.5	550.2	557.5	590.54
490.5	550.4	550.6	550.4	551.2	554.2	557	551.5	550.2	550.9
550.2	551.2	550.5	550.2	550.3	550.9	585.9	550.6	554.3	554.6
558.6	550.6	600.5	600.5	60.1	490.5	450.5	550.2	550.5	554.5
550.1	550.2	550.54	550.3	550.6	551.2	554.5	550.2	557.5	590.54
θ_i	5	4	2	3	9	2	15	8	12

А.7 кестенің жалғасы

№11 нұсқа. Температура Т, $^{\circ}C$									
70.12	70.45	70.5	70.6	70.4	70.8	71.2	71.5	70.5	72.12
69.56	68.56	69.45	68.45	68.45	69.46	70.56	50.26	71.56	71.26
71.89	64.68	69.56	90.58	50.58	59.45	64.56	70.45	70.56	70.48
78.12	80.45	80.15	71.45	71.46	71.49	70.26	64.89	61.56	70.56
71.89	64.68	69.56	90.58	50.58	59.45	64.56	70.45	70.56	70.48
θ_i	0.58	0.45	0.26	0.23	0.9	0.2	0.15	0.48	0.12
№12 нұсқа. Шығын Q, т/сағ									
1214	1120	1245	1245	1200	1240	1240	1200	1212	1201
1200	1200	1179	1194	1195	1197	1194	1120	1200	1230
1201	1240	1200	1250	1250	1240	1301	1200	1190	1198
1190	1199	1200	1201	1120	1200	1200	1230	1220	1120
1214	1120	1245	1245	1200	1240	1240	1200	1212	1201
θ_i	51	45	25	23	59	20	15	48	12
№13 нұсқа. Қысым Р, кПа									
80.12	80.45	80.56	80.12	85.45	80.48	81.05	89.56	79.56	79.56
74.56	78.45	81.56	80.12	80.45	81.45	81.56	91.56	84.56	81.56
80.45	80.44	80.12	80.12	81.23	81.56	81.45	81.45	82.45	82.56
98.78	95.89	84.56	80.45	80.15	80.45	80.45	80.15	84.56	84.26
80.45	80.44	80.12	80.12	81.23	81.56	81.45	81.45	82.45	82.56
θ_i	0.44	0.12	0.25	0.23	0.45	0.25	0.15	0.48	0.12

№14 нұсқа. Температура Т, $^{\circ}C$

45.02	45.89	45.68	45.15	49.56	45.1	45.1	40.23	40.56	47.15
48.45	15.26	59.13	45.12	45.16	45.19	45.85	45.87	41.56	40.26
94.89	94.59	45.62	45.62	12.05	45.12	45.25	41.56	41.56	48.56
47.56	46.21	46.87	45.98	45.99	45.74	45.84	41.56	45.26	48.59
45.02	45.89	45.68	45.15	49.56	45.1	45.1	40.23	40.56	47.15
θ_i	0.5	0.45	0.25	0.23	0.59	0.02	0.15	0.48	0.12

№15 нұсқа. Температура Т, $^{\circ}C$

120	120	125	120	121	124	125	160	120	150
125	125	126	124	120	121	123	123	125	122
121	120	198	121	119	118	116	112	120	120
120	121	123	120	123	150	160	121	127	128
121	120	198	121	119	118	116	112	120	120
θ_i	5	4,5	2,5	2,3	5,9	2	1,5	4,8	1,2

А.7 кестенің соңы

№16 нұсқа. Температура T, $^{\circ}C$									
50.21	50.45	50.26	50.29	58.12	50.45	51.23	52.23	52.23	56.23
45.23	49.53	48.56	50.23	50.12	50.55	50.78	50.99	50.89	50.76
51.23	51.23	51.26	41.56	45.16	49.56	48.45	45.47	47.45	50.56
58.46	57.45	90.56	90.56	50.56	50.54	50.45	30.26	23.13	50.26
51.23	51.23	51.26	41.56	45.16	49.56	48.45	45.47	47.45	50.56
θ_i	0.5	0.5	0.25	0.23	0.9	0.02	0.15	0.8	0.25

№17 нұсқа. Шығын Q, т/сағ									
24.12	21.12	24.12	24.26	24.59	24.28	24.26	25.26	29.46	20.26
21.25	20.23	24.56	23.26	22.26	10.23	10.25	16.25	24.26	24.23
28.26	25.26	24.0	24.0	21.56	21.23	20.15	24.15	24.65	24.99
21.25	20.23	24.56	23.26	22.26	10.23	10.25	16.25	24.26	24.23
25.99	26.44	26.28	34.26	35.26	38.29	41.26	34.25	25.0	24.16
θ_i	5	4	2	3	9	2	1	8	1

№18 нұсқа. Температура T, $^{\circ}C$									
50.45	20.23	50.56	50.45	50.45	78.05	79.05	50.45	50.88	50.99
54.26	54.26	51.22	53.26	53.54	53.25	51.15	51.26	50.26	49.58
50.21	50.45	50.26	50.29	58.12	50.45	51.23	52.23	52.23	56.23
45.23	49.53	48.56	50.23	50.12	50.55	50.78	50.99	50.89	50.76
50.21	50.45	50.26	50.29	58.12	50.45	51.23	52.23	52.23	56.23
θ_i	0.5	0.45	0.25	0.23	0.59	0.02	0.15	0.48	0.12

№19 нұсқа. Шығын Q, т/сағ									
1201	1240	1200	1250	1250	1240	1301	1200	1190	1198
1190	1199	1200	1201	1120	1200	1200	1230	1220	1120
1250	1250	1205	1208	1204	1205	1206	1190	1190	1189
1190	1190	1199	1201	1200	1200	1230	1220	1200	1201
1190	1199	1200	1201	1120	1200	1200	1230	1220	1120
θ_i	50	45	25	23	59	20	15	48	12
№20 нұсқа. Деңгей L, мм									
4500	4100	4002	4003	4009	3900	3890	3700	4500	4100
4160	4302	4900	4602	4010	4020	4050	3890	3909	3999
4001	4002	4000	4120	4501	4010	4020	4050	4000	4002
4009	4201	4032	4056	4400	4501	4001	3910	3998	3897
4001	4002	4000	4120	4501	4010	4020	4050	4000	4002
θ_i	60	45	50	30	90	25	56	80	28

А7 кестенің соңы

№21 нұсқа. Қысым P, кПа									
80.46	80.78	80.45	80.56	78.56	51.45	50.45	50.68	89.56	80.45
81.46	80.12	80.45	80.46	80.12	84.56	87.56	94.56	61.45	64.56
80.12	80.45	80.56	80.12	85.45	80.48	81.05	89.56	79.56	79.56
74.56	78.45	81.56	80.12	80.45	81.45	81.56	91.56	84.56	81.56
80.46	80.78	80.45	80.56	78.56	51.45	50.45	50.68	89.56	80.45
θ_i	0.60	0.45	0.50	0.30	0.90	0.25	0.56	0.80	0.28
№22 нұсқа. Қысым P, кПа									
1.2	1.21	1.98	1.98	2.6	3.54	1.82	1.81	1.89	1.84
1.82	1.8	1.82	1.82	1.84	1.51	1.87	1.81	1.81	1.82
1.8	1.81	1.85	1.81	1.82	1.8	1.81	1.82	1.82	2.0
2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.81	1.85	1.91	1.91
1.82	1.8	1.82	1.82	1.84	1.51	1.87	1.81	1.81	1.82
θ_i	0.05	0.045	0.025	0.023	0.059	0.002	0.015	0.048	0.012

№23 нұсқа. Деңгей L, м

0.56	0.64	0.52	0.64	0.63	0.62	0.63	0.63	0.61	0.63
0.62	0.65	0.45	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.89
0.62	0.56	0.62	0.63	0.61	0.54	0.89	0.62	0.62	0.63
0.63	0.63	0.65	0.56	0.78	0.99	0.12	0.25	0.63	0.63
0.62	0.65	0.45	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.89
θ_i	0.05	0.045	0.025	0.023	0.059	0.002	0.015	0.048	0.012

№24 нұсқа. Қысым P, кПа

550.5	550.5	557.5	557.35	551.5	550.5	550.5	550.05	554.5	560.5
540.5	560.5	530.8	560.8	590.5	560.5	539.4	540.5	548.6	549.2
550.1	550.2	550.54	550.3	550.6	551.2	554.5	550.2	557.5	590.54
490.5	550.4	550.6	550.4	551.2	554.2	557	551.5	550.2	550.9
540.5	560.5	530.8	560.8	590.5	560.5	539.4	540.5	548.6	549.2
θ_i	5	4	2	3	9	2	1	8	1

№25 нұсқа. Температура T, $^{\circ}C$

110	110	100	120	121	199	194	198	124	125
129	127	121	126	120	123	122	121	123	120
120	120	125	120	121	124	125	160	120	150
125	125	126	124	120	121	123	123	125	122
120	120	125	120	121	124	125	160	120	150
θ_i	0.5	0.4	0.2	0.3	0.9	0.2	0.1	0.8	0.1

Б қосымша

Б.1 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №1, №1 есеп нұсқалары

Нұсқа №	МКА, °C	Қ.Ж., °C	*Кл*	$t_{\text{'éîëäàíó}}$, °C	$\delta_{\text{ëîñ}}$, %	$t_{\text{àóò}}$, °C
1	−5÷+50	20±5	0,25	30	0,2	10
2	−5÷+50	20±5	0,5	35	0,2	10
3	−5÷+50	20±5	0,3	40	0,2	10
4	−5÷+50	20±5	0,4	45	0,2	10
5	−5÷+50	20±5	1,0	10	0,2	10
6	−5÷+50	20±5	0,25	30	0,15	5
7	−5÷+50	20±5	0,5	35	0,15	5
8	−5÷+50	20±5	0,3	40	0,15	5
9	−5÷+50	20±5	0,4	45	0,15	5
10	0÷+50	20±5	1,0	10	0,15	5
11	0÷+50	20±5	0,25	30	0,25	10
12	0÷+50	20±5	0,5	35	0,25	10
13	0÷+50	20±5	0,3	40	0,25	10
14	0÷+50	20±5	0,4	45	0,25	10
15	0÷+50	20±5	1,0	10	0,25	10
16	0÷+50	20±5	0,25	30	0,3	15
17	0÷+50	20±5	0,5	35	0,3	15
18	0÷+50	20±5	0,3	40	0,3	15
19	0÷+50	20±5	0,4	45	0,3	15
20	−50÷+50	20±5	1,0	10	0,3	15
21	−50÷+50	20±5	0,25	30	0,1	5
22	−50÷+50	20±5	0,5	35	0,1	5
23	−50÷+50	20±5	0,3	40	0,1	5
24	−50÷+50	20±5	0,4	45	0,1	5
25	−50÷+50	20±5	1,0	10	0,1	5

Б.2 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №1, №2 есеп нұсқалары

Нұсқа №	Өлшеу құралы	Салыстырмалы қателік, %	Өлшенетін шаманың номиналды мәні	Өлшеу құралдың көрсетімі
1	вольтметр	1,0	127 В	130 В
2	вольтметр	1,5	12 В	10 В
3	вольтметр	1,0	25 В	26 В
4	вольтметр	1,5	60 В	62 В
5	вольтметр	0,5	25 В	27 В
6	потенциометр	0,5	450 °C	455 °C

Б.2 кестенің соңы

Нұсқа №	Өлшеу құралы	Салыстырмалы қателік, %	Өлшенетін шаманың номиналды мәні	Өлшеу құралдың көрсетімі
7	потенциометр	0,4	600°C	605°C
8	потенциометр	1,0	750°C	745°C
9	потенциометр	1,5	1100°C	1110°C
10	потенциометр	0,2	500°C	506°C
11	омметр	4,0	50 Ом	55 Ом
12	омметр	5,0	250 Ом	255 Ом
13	омметр	2,5	850 Ом	855 Ом
14	омметр	2,0	1000 Ом	1100 Ом
15	омметр	2,5	1750 Ом	1800 Ом
16	амперметр	0,5	25 мА	22 мА
17	амперметр	0,2	50 мА	48 мА
18	амперметр	0,4	30 мА	31 мА
19	амперметр	0,5	90 мА	91 мА
20	амперметр	1,0	10 мА	9 мА
21	манометр	2,0	40 кПа	38 кПа
22	манометр	2,5	50 кПа	55 кПа
23	манометр	1,5	60 кПа	65 кПа
24	манометр	1,0	30 кПа	32 кПа
25	манометр	2,5	65 кПа	70 кПа

Б.3 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №2, №3 есеп нұсқалары

Нұсқа №	Амперметр			Вольтметр	
	$I_{ном}$, А	Өлшеу диапазоны,А	*Кл*	$U_{ном}$, В	Өлшеу диапазоны, В
1	3,5	0÷5	0,25	30	0÷50
2	3,5	0÷5	0,5	35	0÷50
3	3,5	0÷5	0,3	40	0÷50
4	3,5	0÷5	0,4	45	0÷50
5	3,5	0÷5	1,0	10	0÷50
6	4,0	0÷5	0,25	30	0÷50
7	4,0	0÷5	0,5	35	0÷50
8	4,0	0÷5	0,3	40	0÷50
9	4,0	0÷5	0,4	45	0÷50
10	4,0	0÷5	1,0	10	0÷50
11	3,0	0÷5	0,25	30	0÷50
12	3,0	0÷5	0,5	35	0÷50
13	3,0	0÷5	0,3	40	0÷50

Б.3 кестенің соңы

14	3,0	0÷5	0,4	45	0÷50
15	3,0	0÷5	1,0	10	0÷50
16	2,5	0÷5	0,25	30	0÷50
17	2,5	0÷5	0,5	35	0÷50
18	2,5	0÷5	0,3	40	0÷50
19	2,5	0÷5	0,4	45	0÷50
20	2,5	0÷5	1,0	10	0÷50
21	2,0	0÷5	0,25	30	0÷50
22	2,0	0÷5	0,5	35	0÷50
23	2,0	0÷5	0,3	40	0÷50
24	2,0	0÷5	0,4	45	0÷50
25	2,0	0÷5	1,0	10	0÷50

Б.4 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №2, №4 есеп нұсқалары

Нұсқа №	Амперметр		Потенциометр		Сынап термометры	
	Кл	Шәкілі, А	Типі	Бөліктен-діру бағасы, мВ	Шәкілі, °*С*	Рұқсат етілген қателік шегі, °*С*
1	0,25	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
2	0,5	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
3	0,3	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
4	0,4	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
5	1,0	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
6	0,25	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
7	0,5	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
8	0,3	0÷50	ПП-63	0,05	0÷100	0,2
9	0,4	0÷50	КСП-1	0,5	0÷100	0,2
10	1,0	0÷50	КСП=1	0,5	0÷100	0,2
11	0,25	0÷50	КСП-1	0,5	0÷100	0,2
12	0,5	0÷50	КСП-1	0,5	0÷100	0,2
13	0,3	0÷60	КСП-1	0,5	100÷150	0,1
14	0,4	0÷60	КСП-1	0,5	100÷150	0,1
15	1,0	0÷60	КСП-2	0,2	100÷150	0,1
16	0,25	0÷60	КСП-2	0,2	100÷150	0,1
17	0,5	0÷60	КСП-2	0,2	100÷150	0,1
18	0,3	0÷60	КСП-2	0,2	100÷150	0,1
19	0,4	0÷60	КСП-2	0,2	100÷150	0,1
20	1,0	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1
21	0,25	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1
22	0,5	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1

Б.4 кестенің соңы

23	0,3	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1
24	0,4	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1
25	1,0	0÷60	КСП-4	0,1	100÷150	0,1

Б.5 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №2, №4 есеп нұсқалары

Нұсқа №	Термоэлектрлік термометры	Құбыр сипаттамалары				
		R_0, Ом	δ_R, %	$\alpha \cdot 10^3$, 1/К	l, мм	d, мм
1	ТХА	0,5	0,1	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
2	ТХА	0,5	0,1	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
3	ТХА	0,5	0,1	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
4	ТХА	0,5	0,1	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
5	ТХА	0,5	0,1	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
6	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
7	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
8	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
9	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
10	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
11	ТХА	0,5	0,15	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
12	ТХА	0,5	0,25	4,0	$150 \pm 0,5$	$15 \pm 0,01$
13	ТПП	1,0	0,25	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
14	ТПП	1,0	0,25	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
15	ТПП	1,0	0,25	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
16	ТПП	1,0	0,25	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
17	ТПП	1,0	0,25	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
18	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
19	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
20	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
21	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
22	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
23	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
24	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$
25	ТПП	1,0	0,3	4,3	$100 \pm 0,2$	$20 \pm 0,05$

Б.6 кесте - ЕСЖ №2, Тапсырма №2, №4 есеп нұсқалары

Нұсқа №	I, А	t_C, °C	t_B, °C
1	30	220	50
2	32	230	55
3	34	240	60
4	36	250	65
5	38	210	70

Б.6 кестенің соңы

6	40	260	75
7	42	270	80
8	44	280	85
9	45	290	70
10	35	300	60
11	25	310	50
12	30	320	55
13	32	340	120
14	34	330	110
15	36	210	105
16	38	350	115
17	40	340	125
18	42	330	130
19	44	320	135
20	46	310	140
21	48	300	145
22	50	290	105
23	52	280	110
24	54	270	115
25	55	250	120

В қосымшасы

В.1 кесте - ЕСЖ №3, Тапсырма №1 нұсқалары

Бастапқы параметр	Нұсқалары									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Н	100	500	1000	100	500	1000	100	500	1000	100
σ_T, МПа	2,4	2,4	2	2	3	1,9	3	1,9	3	2
$[S_P]$	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2
Бастапқы параметр	Нұсқалары									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P, Н	500	1000	100	500	1000	100	500	1000	100	500
σ_T, МПа	2	2,4	1,5	1,9	1,5	2	1,5	2	2	2
$[S_P]$	1	2	3	1	2	3	1	2	1	3
Бастапқы параметр	Нұсқалары									
	21	22	23	24	25					
P, Н	500	1000	100	500	1000					
σ_T, МПа	1,9	2,4	2,4	2,4	2					
$[S_P]$	3	1	2	1	1					

В.2 кесте - ЕСЖ №3, Тапсырма №2 нұсқалары

Бастапқы параметр	Нұсқалары												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$V_k, м^3$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Бастапқы параметр	Нұсқалары												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$V_k, м^3$	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125

Әдебиет тізімі

1 Герасимова Е.Б. Метрология, стандартизация и сертификация. – М., 2008.

2 Дубовой Н.Д. Основы метрологии, стандартизации, сертификации.- М., 2008

3 Айтжанов Н.М., Джумагалиев Б.С., Хан С.Г. Метрология, өлшеу және техникалық реттеу: Оқу құралы. –Алматы: АИЭС, 2009.

4 Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». – М.: Энергия, 2008.

5 Комаров Д.М. Математические модели оптимизации требований стандартов. – М.: Изд-во стандартов, 2006.

Мазмұны

Кіріспе..... 3
1 Есептеу-сызба жұмысы №1 Саны көп өлшеулердің нәтижелерін статистикалық өңдеудің стандартты әдістемесі..... 4
1.1 Тапсырма №1..... 4
1.2 Тапсырма №2..... 6
2 Есептеу – сызба жұмысы. Тура және жанама өлшеу нәтижелерінің қателіктерін бағалау..... 11
2.1 Тапсырма №1..... 11
2.2 Тапсырма №2..... 15
3 Есептеу-сызба жұмысы №3. Стандарттау объекттердің параметрлерін оптималдау..... 20
3.1 Тапсырма №1..... 21
3.1 Тапсырма №2..... 23
А қосымшасы..... 25
Б қосымшасы..... 36
В қосымшасы..... 41
Әдебиеттер тізімі..... 42

2016 ж. жалпы жоспары, реті 79

Светлана Гурьевна Хан
Лида Куандыковна Ибраева

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТТАУ, СЕРТИФИКАТТАУ ЖӘНЕ САПАНЫ БАСҚАРУ

5В070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне есептеу-сызба жұмыстарын орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Редакторы Ж.Н.Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ.Молдабекова

Басуға қол қойылды __. __. __.
Таралымы 50 дана.
Көлемі 2,6 есептік-баспа табақ.
тг.

Пішімі 60х84 1/ 16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ___ Бағасы 1300

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126