

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

ҚАРАҒАНДЫ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Аринова С.К.

Лекция

«Эксперимент нәтижелерін жоспарлау және өңдеу»

Қарағанды 2023ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

ҚАРАҒАНДЫ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Нанотехнологии және металлургия кафедрасы

Аринова С.К.

Лекция

РiОRE 5107 «Эксперимент нәтижелерін жоспарлау және өңдеу» пәні

ТЕТ 02 «Технология және эксперимент» модулі

7M07102—«Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы

Қарағанды 2023

№ 5 Дәріс. М.Протодияконовтың әдісін тәжірибенің жоспарлауы. (2 сағат)

Дәріс жоспары

1. Әдістің мәні
2. Өлшеу дәлдігі және оның қамтамасыз етуі. Өлшемдердің керек саны.
3. Өлшемнің қателері және олардың табиғаты.

1. Әдістің мәні

Көп фактор тәуелділіктердің аналитикалық өрнегінің табылулары үшін М.М.Протодияконовтың әдісі, А.А.қауырсын қанат А.А.қауырсын қанат М.А.Ермеков жұмыс айтылған Р.И.Тедера біздікі негізге алған. (байланыстардың многофактическихтың үлгілерінің құрастыруы ЭЕМді қолданып) эмпирикалық теңдеулерді түрдің таңдауы - оқу құралы. Қарағанды: Карпти, 1984, 82.артықшылықтар төмендегідей болатын:

- коэффициенттері ең кіші квадраттардың әдісті теңдеудің теңестіруінен кейін болатын аналитикалық теңдеудің ізделіп отырған функция бос тұруларына әрбір параметрдің ықпалы айқындау мүмкіндігі;
- жеке факторлардың ықпалдары көп фактор байланыстың іздеп табуында ранг беруге және біртіндеп бейтараптандыруды еріксіз көнеді;
- жеңіл-желпі ықпал ететін факторлардың қисынды елеуін мүмкіндік;
- ЭЕМге барлық есептеуіш процесстердің алгоритмдарын іске асырушылық.

Функцияның тәуелділіктерінің бөлінділерінің формаларының (параметрлер) жеке дәлелдерінен табылу ескер әдісі бірінші кезеңде:

$$y = \frac{f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) \cdot \dots \cdot f_n(x_n)}{\tilde{y}^{n-1}}, \quad (1.2)$$

мұндағы \tilde{y} – дәлелдің i -шісі функцияның дербес тәуелділігі.

Көп фактор тәуелділіктің теңдеуі дәлелдердің саны бірлікке дәрежедегі бас орташа функциясына тәуелділіктердің бөлінділерінің шығарманың бөлуінен бөліндімен аз елестетеді:

Мұндай ықшамдалған әдіс әрдайым қолданамыз. Бұл тәуелділік басқа дәлелдердің ықпалменімен барлық бөлінділер емес y_i^* айқындықпен айқындалатын байланған, олардың аналитикалық сипаттамасы үшін жеткілікті.

$$y^{(j)} = \frac{y_j}{y_j^*} \quad (1.3)$$

Ұсын біздері сонымен бірге айқынырақ басқа ізделіп отырған функция суреттейтін айқын айқындалған дербес тәуелділік аналитикалық форманы өте іздеп тауып жатыру. Уінің содан соң бастапқы мән функциялары қатты әсер ететін фактордың әрбір деңгейі үшін теңдеу табылған бөлінді бойынша есептік мәнде жіктеледі. Бастапқы деректердің жаңа массивында ақырғы түрде аламыз

$$y = y^{(1)} \cdot y^{(2)} \cdot \dots \cdot y^{(n)}, \quad (1.4)$$

мұндағы $y^{(i)}$ – аргументінің бөлек функция тәуелділігі.

Бұл үшін аналитикалық формада болатын айқын әсер етуден астам келесі фактор оның бейтараптандыруын операция және барлық талданатын факторлардың толық бітуіне дейін жүргізіледі мүмкіндік туғызады.

Әдістің орталық орыны теңдеудің коэффициенттерінің дербес тәуелділіктің аналитикалық формасының анықтауы және есептеуінде орналасады.

(x_i , y_i) мәндердің буы барлық жиынтық ол үшін максималға дәлелдің құлашы, ең төменгі оның мәнінен мәні бойыншадағы тең интервалдарына бөлінеді. Интервалдардың санын ктың бүтін санымен 3-ші шектеу сақтай сайланады $3 \leq k \leq 9$. Әрбір интервалда функцияның орташа мәні және санының мәндердің буы интервал қақпанды дәлелдері есеп айырысады. (басқа шеткі) кейбір интервалдарда бір де бір нүкте көрсетпеуі мүмкін. (y_i) функцияның орташа мәнінің интервалдары ол үшін көрші интервалдардың мәндері бойынша сызықты интерполяцияның әдісімен есеп айырысады, x_i нің мәнінде интервалдардың орталары алады. Сызықты интерполяциямен әрбір интервалдағы функциялары содан соң мән тиісті интервалдардың орталарына тура келеді. Соңғы операция 12 және 13 кестенің теңдеуінің коэффициенттерінің іздеп табуы үшін 1 қажетті. Базасында өңге есептеулер орындалатын тірек нүктелердің массивы құрастыр интервалындағы функцияның келтірілген мәндері және дәлелі.

Шеткі тірек нүктелердің тиісті координаталары бойынша табамыз:

$$x_a = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \text{и} \quad y_a = \frac{y_1 + y_2}{2}, \quad (1.5)$$

мұндағы x_a – дәлелдің мәнінің орташа арифметикалығы;
 y_a – функцияның мәнінің орташа арифметикалығы;

$$x_G = \sqrt{x_1 \cdot x_2} \quad \text{и} \quad y_G = \sqrt{y_1 \cdot y_2}, \quad (1.6)$$

мұндағы x_G – дәлелдің орташа геометриялық мәні;

$$y_G - \text{функцияның орташа геометриялық мәні};$$

$$x_{za} = \frac{2x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2} \quad \text{и} \quad y_{za} = \frac{2y_1 \cdot y_2}{y_1 + y_2} \quad (1.7)$$

мұндағы x_{za} – дәлелдің орташа гармониялық мәні;

y_{za} – функцияның орташа гармониялық мәні.

Теңдеулер таңдаудан кейін, ол түзуді жаңа айнымалы теңдеулерге енгізуін жолымен құбылады.

$$y = a + bx \quad (1.8)$$

Коэффициенттер ең кіші әдістерімен анықталады:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)} \quad a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n}$$

мұндағы a және b – тік коэффициенттерінің теңдеуі;
 x және y – тірек нүктелердің координаталары.

Тірек және тап қалған нүктелердегі функциялардың мәнін теңдеудің коэффициенттері есептеп дәлелдің мәнінің теңдеуінде қоя есептеледі. Және тірек нүкте тап қалған функцияларының мәнінің теңдеуі бойынша өлшеулі эмпирикалық қолдана үшін орташа квадраттық ауытқуы анықталып есте қалады және тірек нүкте тап қалған:

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{\sum (y_{эз} - y_{pz})^2}{N-1}}, \quad \sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum (y_{зо} - y_{po})^2}{n-1}}, \quad (1.10)$$

мұндағы σ_3 және σ_0 – сан және сәйкесінше сәйкесінше тірек нүкте тап қалған;

N және n – сәйкесінше тап қалған нүктелер үшін сәйкесінше эмпирикалық және функцияның есептік мәні;

$y_{эз}$ және y_{pz} – соответственно эмпирические и расчетные значения функции для заданных точек;

$y_{зо}$ және y_{po} – сәйкесінше тірек нүктелер үшін сәйкесінше эмпирикалық және функцияның есептік мәні.

Теңдеу үшін вариацияның коэффициенті есеп айырысады

$$v = \frac{\sigma_o}{\Delta y_o} \cdot 100\% \quad (1.11)$$

мұндағы Δy_o – тірек нүктелердегі мәндер бойынша функцияның құлашы.

2. Өлшеу дәлдігі және оның қамтамасыз етуі

Аспап дәлдігі - өлшеу нәтижені қателіктің мән бағаланатын ақиқаттық. Дәлдік (төлқұжат шамасы) түзетуді шамамен бағаланады.

Құралдың дұрыстығы - өлшелетін шаманың нақты мәніне құралдың көрсетулерін жақындау дәрежесі.

Аспаптың сезгіштігі - (сызықты немесе бұрыштық) құралдың нұсқағышының ауытқуы өлшелетін шаманың өзгерісінде. Сезгіштік кері шкала бөлігінің құнына пропорционал.

Құралдың тұрақтылығы - қайтадан өлшемдердің жинақтылығы - құралдың орнықтылығының дәрежесі.

Өлшеу дәлдігі $m\Delta$:

$$\Delta = \frac{\sigma_m}{\bar{x}} \quad (1.12)$$

мұндағы σ_m – орташа квадраттық қате орташа;

\bar{x} – өлшелетін шамалар орташа арифметикалық.

3. Өлшемдердің керек саны. Өлшемнің қателері және олардың табиғаты

Ғылыми – зерттеу жұмыстарында (ҒЗЖ) тәжірибенің алатын орны өте ерекше. Тәжірибе арқылы алынған нәтижелер белгілі бір ретпен айқын түрде жазылады. Қандай да жағдай болса да тәжірибе өлшеу арқылы іске асады. Өлшеулер әртүрлі аспап, құралдармен орындалады.

Мысалы, табақты металл, бөлшек және т.б. бұйымдардың өлшемдерін анықтау арнайы аспаптар арқылы орындалады. Бұл жағдайда тәжірибенің өзіне тән қателік орын алады, себебі қандай да жағдай болсын өлшемді қателіксіз абсолюттік дәлдікпен жүргізу мүмкін емес. Сондықтан өлшеудегі мақсат тек өлшем шамасын анықтау мен шектелмейді. Сонымен қатар өлшем қателігін де білу негізгі міндет болып табылады. Мысалы, соғылған бұйымның ұзындығы 5-10 мм дәлдікпен алынса да жеткілікті, ал подшипниктер бөлшегін өлшеуде дәлдік 0,001 мм болуы талап етіледі. Өлшеу дәлдігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым өлшеуді орындау да күрделі. Сондықтан өлшеу дәлдігін тағайындалған мақсат шегінен асырмаған жөн. Өлшеу дәлдігі – өлшеуші аспап дәлдігіне тәуелді.

Мысалы, бөлшек мөлшерін штангенциркульмен өлшегенде орын алатын ауытқу 0,1 мм болады. Егер осы мөлшерді микрометрмен өлшесек, онда өлшеу дәлдігі 0,05 мм болады, ал микроскоп БМИ-1 арқылы денедегі екі рисканың арақашықтығының өлшеу дәлдігі 0,005 мм болады.

Келтірілген мысалдар өлшем тәсілдеріне байланысты белгілі шамалы қателік орын алатыны және қателіксіз өлшеу болмайтының көреміз. Сондықтан өлшеу қателігін анықтай білу тәжірибелік зерттеу дін табиғи шарты. Өлшеу қателігін анықтау заңдылықтары қателік теориясында берілген.

Өлшеу қателіктері және оларды анықтау. Қателік түрлері

Физикалық шамаларды өлшеуде орын алатын қателіктер дін жиі орын ал атың себептері бар.

1. Аспаптың негізгі сезімтал элементі өлшен етің шаманы дұрыс көрсетпейді. Бұл аспап сыртқы әсерлер салдарынан (мысалы коррозияға шалдыққаннан) өз қасиетің толық сақталмауынан орын алуы ықтимал.

2. Аспаптың сезімтал элементінің реакциясын аспап нұсқаушысының дұрыс көрсетпеуі.

3. Бақылаушының аспап көрсетуін дұрыс көрмеуі.

Тәжірибеде орын алатың жоғарыда айтылған қателіктер екі негізгі қателік тобына әкеледі: кездейсоқ (ықтималдық) және жүйелі қателіктеріне. Бақылаушының аспап көрсетуін дұрыс көрмеуіне байланысты орын алып тұрған кездейсоқ қатені өрескел немесе ақаттық деп атайды.

Өлшеу қателігі. Өлшемнің нақтылы мәні.

Өлшеу. Өлшеу дегеніміз өлшемді екінші бір өлшем бірлігі етіп алынған шамамен салыстыру арқылы өлшемнің нақты мәнің анықтау. Өлшеу тікелей және жанама өлшеу болып екіге бөлінеді. Тікелей өлшеуде анықталған шама өлшем бірлігімен тікелей салыстырылады. Бұлай өлшеуге сызғыш, штангенциркуль, микрометр және т.б. аспаптармен өлшеу жатады.

Жанама өлшеуде анықталына тың шама тікелей өлшеу нәтижелерін пайдаланып есептеу арқылы анықталынады. Тікелей өлшенген шама мен жанама өлшенетін шамалар арасында функциональдік тәуелділік болады ($I=U/R$).

Мысалы, өлшенген массамен көлем арқылы дененің тығыздығын анықтау және т.б.

Өлшеуде әдетте келесі жұмыстар орындалады:

1. Өлшеу аспаптарын орнату және тексеру.
2. Өлшеуші аспап көрсеткішін бақылау және жазып алу.
3. Өлшеу нәтижесінде өлшемді анықтау және өлшем қатынасын анықтау.

Өлшеу нәтижесінде өлшем шамасын абсолют дәлдікпен анықтау мүмкін емес. Өлшеу қателіксіз болмайды. Қателіктің орын алу себебі аспаптың өлшеу дәлдік шегінең байланысты, сондай ақ өлшенетің объектінің табиғи ерекшеліктеріне байланысты.

Аспаптың дәлдік шегі – аспап көрсеткішінің өлшенетің шаманың нақты ақиқат мәніне жақындығын сипаттайды. Аспаптың дәлдігі осы

аспаптың дәлдік класымен анықталынады немесе аспаптың паспортында көрсетілген. Аспаптың дәлдік шегіне сәйкес әр өлшемде қателік орын алады, мұнда аспаптың қателік деп атайды.

Бір шаманы жалпы алғанда, қайталап бірнеше рет өлшеп өлшеу нәтижесі бірдей болып шыға бермейді. Себебі қандайда жағдайда өлшеу қателіксіз болмайды. Жоғары да айтып кеткендей қателік екі түрге бөлінеді: жүйелі немесе ретті қате, және кездейсоқ қате. Бірінші жүйелі қате аспаптың дәлдік шегіне сыртқы себептер әсеріне, есептеуде қолданылатын жинақтауға байланысты.

Жүйелі қателіктің нақтылы себептері бар. Қателік мөлшері өлшеулер негізінде тұрақтылық сақтайды немесе белгілі заңдылықпен өзгереді (шкаланың бірінғайлы еместігі). Жүйелі қателіктің себебі белгілі болғандықтан аспап көрсеткішіне түзету ендіру, эталон аспаптармен пайдалану және т.б. негізінде бұл қателіктерді жоюға болады.

Кездейсоқ (ықтималдық) қателіктер өлшеуге әртүрлі кездейсоқ себептердің әсер етуінің нәтижесінде орын алады. Бұл себептерді толық ескеру мүмкін емес. Мысалы, фундаменттің тербеленуі, ауанын ауыспағы, қысым мен температураның құбылмалы болуы және т.б. кездейсоқ қателік – құбылмалы шамалар мәнің жазып алатын (тіркейтін) аспаптың жұмыс атқаруға мұқият реттелмеуінен де орын алады. Кездейсоқ қателік орны алған жағдайда тұрақты шаманы қайталап өлшеу нәтижесінде әртүрлі шамалар алынады.

Мысалы, тахометр қолданып өлшеу нәтижесінде қозғалтқыш білігінің айналу жиілігі төмендегі жиілігін көрсетеді: 1050, 960, 1000, 900, 980 об/мин. Білік тұрақты жылдамдықпен айналатыны айқын болғандықтан, тахометр көрсеткіші абсолюттік дәлдікте емес, мұнда кездейсоқ қателік орын алуда деп тұжырымдаймыз.

Параллакс қателігінің нобайы келесі 1- суретте келтіріліп отыр. Өлшенетін дене шамасын аспап межесі (шкаласы) дәл келтіру үшін оған тіке, перпендикуляр бойымен қарау шарт. Егер көзқарас перпендикуляр бойынан ауытқып көлбеу сызық бойымен келсе, онда аспап көрсеткішінің мәні де ауытқиды.

Кездейсоқ қателіктерді толық жою мүмкін емес. Әйтседе кездейсоқ оқиғалар, құбылыстар теориясына сүйеніп қателіктердің теріс әсерін кеміту және қателіктің мәнің орынды, тәжірибе нәтижесін белгілі сенімділікпен ақылға қонымды деңгейге келтіруге болады.

Жалпы қателік жүйелі және кездейсоқ қателіктер қосындысынан тұрады. Бұл екі қателіктің ара-қатынасынан пайымдай білудің мәні зор, себебі, орындалатын өлшеу саны, немесе өлшеу саны орын алатын қателік тегіне байланысты. Егер өлшеуде орын алған қателік негізінен жүйелі қателіктен тұрса, онда өлшеу саны аз болса да жеткілікті. Егер кездейсоқ қателік басым болса, онда өлшеу саны көп болуы қажет. Өлшеуді кездейсоқ қателік шамасы жүйелі шамасынан төмен нәтиже

алынғанша жүргізу шарт. Жалпы қателік мөлшері жүйелі қателік мөлшерімен анықталуы керек.

Өлшеу нәтижелері іс жүзінде ешқашан дәл келмейді. Себебі бұл үш негізгі түрлерге бөлшектенетін қате болып табылады:

Өрескел қателер - мән өңге күшті айырмашылығы болады.

Систақырыптические қателер - шамалар және таңбалардың біртіндеп алмасуындағы заңдылық немесе өз таңбаларын үнемі сақтауға көрнекті болып көрсетеді. Систақырыптические қателер нәтижелер бұрмалайды және ешқандай да өңдеумен айқындалуға, кез келген тәжірибе және өлшемде қатысатын бола алмайды. Басты міндеті - эталонды бар салыстыру мәлімет оларды минимумына жолымен.

Кездейсоқ қателер - өлшемдердің процессінде бір-бірімен тәуелді болмайтын әр түрлі нәтижелер көрініп қала алады. Өте ықтимал мән - орташа арифметикалық мән:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.13)$$

Кездейсоқ қателер эксперименталды зерттеулердің математикалық нәтижелерді өңдеуінің жанында анықталады.

Демек, тап қалған дәлдігі бар тәжірибелердің өткізуі және ақиқаттық үшін білуге керек онда оң нәтиженің жанында ең төменгі өңдейтын өлшемдердің саны, бірақ өлшемдердің жеткілікті саны N_{min} :

$$N_{min} = \frac{k_s^2 \cdot t^2}{\Delta^2}, \quad (1.14)$$

мұндағы t – коэффициент көрсеткіші.

Пайдаланган әдебиеттер тізімі

1. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учебн. Пособие / Бородюк В.П., Воцинин А.П., Иванова А.З., и др.: Под ред. Г.К. Круга –М.: высшая школа, 1983.- 216с.
2. Талмазан В.А. Методические указания по программированному изучению курса Организация эксперимента.-Алма-Ата: РУМК, 1989-49с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий .-М.: Наука, 1975.-279с.
4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.-М.: Высшая школа, 1978.-320с.
5. Зедгенидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.-М.: Наука, 1976.-390с.
6. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения , примеры и задачи).-Киев : Высшая школа, 1976.-184 с.
7. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов.-М.: металлургия , 1974.-264 с.
8. Прудковский Б.А. Зачем металлургу математическая модель.-М.: Наука, 1989.-264с.
9. Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов –М.: Металлургия , 1986,-240с.
10. Дэдиел К. Применение статистики в промышленном эксперименте.-М.: 1979.- 260с
11. Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям .-М.: Статистика , 1978.-192с.
12. Спиридонов А.А., Васильев Н.Г. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов.- Свердловск: УПИ им С.М. Кирова , 1975.-140с.
13. Винарский М.С., Жадан В.Т., Кулак Ю.Е. Математическая статистика в черной металлургии .-Киев : Техника, 1973.-220с.
14. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука , 1971-207с.
15. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах.-

М.:Мир ,1969.-345с.

16. Смирнов Н.В., Дунин –Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений.- М.:Наука,1969.-511 с.

17.Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента.- М.:Металлургия,1969.-157с.

18. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений.-М.:Наука,1968.-288с.

19. Налимов В.В.,Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов .-М.:Наука,1965.-340с.

20. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов.-М.: Машиностроение,1981.-184 с.

21. Новик Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Разделы П-У. Изд. МИС иС, 1969-71 г.