Илиязов Ө.И., Акматова Д.М.

ЭКСПЕРИМЕНТТЕГИ ӨЛЧӨӨЛӨР

Илиязов О.И., Акматова Д.М.

ИЗМЕРЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

УДК: 518.

Бул макалада эксперименттеги өлчөөлөр, өлчөөсүз кандайдыр бир объективдүү жыйынтык алуу мүмкүн эместиги, ошондой эле өлчөөчү аспап эксперименттин эң жоопту элементи экендиги баяндалат.

В этой статье говориться об измерениях в эксперименте, о том, что без измерений невозможно получить какой-либо объективный результат. А также о том, что измерительная аппаратура – это наиболее отвественный элемент эксперимента.

In this article told about the measuring in experiment, and without the measuring impossible to take some objective result. The measuring apparatus is large element of the experiment.

Эксперименттик изилдөөлөрдө бири-бирине байланыштарды, мыйзам ченемдүүлүктөрдү табуу, аныктоо изилденген факторлордун сандык көрсөткүчтөрү аркылуу жүргүзүлөт, б.а. өлчөөлөр аркылуу. Өлчөөсүз кандайдыр бир объективдүү жыйынтык алуу мүмкүн эмес. Атап айтканда, «өлчөө илимдин башталашы» - деп эсептеген Д.И.Менделеев. Техникалык илимдерде бардык сапаттык байланыштар өлчөө аркылуу билинет. Жалпы жонунан айтканда өлчөө - бул изилденип жаткан факторду эталон менен анын «бирдик» деп кабыл алынган мааниси менен салыштыруу.

4.1. Эксперименттин техникасы

Азыркы мезгилде ар кандай багыттагы майда объектилердин – атомдук, субатомдук деңгээлинен макросистемдердин глобалдык деңгээлдерине чейин экспериментти жүргүзүүнүн бай опуту топтолду. Бүгүнкү күндө (жогорку) кымбат баалуу, атайын уникалдуу жабдыктарды талап кылган, зор аянттарды ээлеген эксперименттик түзүлүштөр белгилүү. Азыр көпчүлүккө атомдун өзөгүн термоядролук реакторлордо изилдөө идеясы белгилүү. Адамзатты энергиянын жаңы түрлөрү менен – XXI кылымдын энергиясы менен камсыз кылуу жолдорун табуу маселеси чечилип жатат. Бул түзүлүштөрдө окумуштуулар жогорку температурадагы плазманы, водородду колдонуунун негизинде алып жатышат. Мына ушундай уникалдуу (өтө сейрек учуроочу) изилдөөлөр менен катар ар бир өндүрүш ишканаларында, ар бир илим изилдөө институтунда, окуу жайында миңдеген ар кандай эксперименттер коюлуп, жыйынтыгы машиналарды, жабдыктарды, процесстерди, ыкмаларды, системдерди өркүндөтүүгө шарт түзүп жатат.

Кандай гана эксперимент жүргүзүлбөсүн ал, эреже катары техникалык жактан сөзсүз үч элементти камтыйт.

- изилдөөнүн объектиси өзү;
- түрткү берүүчү стенддер (стимулятор)
- жөнгө салуучу стенддер (регулятор)

Булардын биринчиси максат кылып коюлган нерсени чыныгы процесске окшотуп туурашат. Экинчиси-кандай болсо да «аракет кылганга ойготот» иштин жөнөкөй эмес, артыкча жүрүшүнө демилге туудурат, иш жүзүндө орду болушу мүмкүн, үчүнчү тиби объектилердин ишин кеңири диапазондо шарттарын камсыз кылат. Өтө кеңири колдонууда стендер, жөнгө салуучулар, универсиалдуу (түрдүү максатка жарай турган) катары эсептелет.

Өлчөөчү аспап-эксперименттин эң жоопту элементи.

Объективдүүлүк, шексиздик, эксперименттин жыйынтыгын реалдуу пайдалануу мүмкүнчүлүгү толугу менен өлчөөчү аспап менен аныкталат. Азыркы мезгилде, өлчөөнүн негизинде өзгөчө, өлчөнүүчү чоңдукту электр сигналына айландыруу принциби жатат. Электр сигналынын жардамы менен, электирлүү эмес чоңдуктарды өлчөөчү тутум өзүнө бир катар: жылуулук булагы, күчөткүч, каттагыч сыяктуу элемент –түйүндөрдү камтыйт.

Өлчөөчү чоңдукту электр сигналына түздөн-түз айландыруу үчүн өзгөрткүчтөр жана билдиргичтер деп аталган атайын аспаптар, түзүлүштөр колдонулат. Өзгөрткүч алдыга коюлган максатка өлчөнүүчү чоңдуктарды (күчтү, ылдамдыкты, басымды, майышууну) кабылдап аны байланыш сызыктары боюнча берүүгө ыңгайлуу болгон чоңдукка өзгөртөт.

Өзгөрткүчтөрдүн эки түрүн принциптүү ажыратышат: Активдүү (генератордук) жана пассивдүү (чен-өлчөмдүү). Активдүү өзгөрткүч өзү түздөн-түз өлчөнүүчү сигналды электирлүү сигналга өзгөртөт (пьезоэффект, индукция, тахогенерация). Мындай өзгөрткүч азыктандырууну талап кылбайт. Пассивдүү өзгөрткүчтөр азыктандыруу булагы менен электр чынжырында болгондуктан чынжырдын кандайдыр бир чен-өлчөмүн өзгөртөт: Омдук каршылык, сыйымдуулук дагы ушу сыяктуу. Билдиргич деп, конструктивдүү аягына чейин иштеп чыккан өзгөрткүчтү түшүнөбүз, толук аныкталган максатка ылайыкташтырылган: Мисалы ылдамдыкты, басымды, басып өтүлгөн жолду, ж.б. билдиргич.

Эреже катары өзгөрткүчтөр же билдиргичтер келип түшкөн сигнал аны ишенимдүү каттоо үчүн күчөтүлүүгө тийиш.

Күчтөр-булар өлчөөчү аспаптардын ажырагыс бөлүгү. Алардын жардамы менен, экспериментатор, реалдуу сигналды олуттуу өзгөртүү менен жыйынтыкты берилген тактыкта каттоону камсыз кылуу мүмкүнчүлүгүнө ээ болот. Алар электр сигналынын чыңалуусунун же токтун күчүнүн өзгөрүүсүн каттап турат. Аспаптар көрүп карап тура турган же жазып тура турган болушу мүмкүн. (каттап туруучулар) (регистрация кылуучулар)

4.2.¤тө кеңири таралган өзгөрткүчтөрдүн түрлөрү

Чынжырдын омдук каршылыгын өзгөртүүгө негизделген билдиргичтерди «резистивдүү»- деп аташат. Реостаттуу же реохордалуу өзгөрткүчтөр кеңири колдонулат. Аларда кыймылдуу элемент, реохорддун кыймылдаткычы, сеттеги каршылыкты ордунан жылдырууга карата сызыктуу өзгөртөт. Алар алга умтулуу кыймылына кандай болсо айлануу (бурчтук айлануу) кыймылына деле ошондой эле пайдаланылышы мүмкүн.

Резистивдүү деп тензокаршылыктуу (tendere-латын тилинен-чыңалтуу), тензобилдиргичтер эсептелинет. Алар телолордун (заттардын) чыйралып майышуусун өлчөөгө колдонулат жана зым же фольга түрүндөгү каршылык болуп жасалат. Алар узаруу менен өзүлөрүнүн каршылыгын өзгөртөт.

Өтө кеңири, сыйымдуу деп аталган өзгөрт-күчтөр колдонууга ээ. Алар өзгөрүлмө сыйымдуу конденсаторлор. Мындай өзгөрткүчтөрдүн аракет принцибинде конденсатордун айландыра түрүлгөн катмарларынын аралыгынын өзгөрүүсү жатат. Фото электрирлүү өзгөрткүчтөр белгилүү фотоэффекти пайдаланышат. Аларда өзгөрткүчкө келип түшкөн жарыктын агымынын чоңдугуна жараша чынжыр-дагы токтун күчү өзгөрөт. Жарым өзгөрткүчтүү фотоэлектирлүү билдиргичтер ички фотоэффектке ээ жана аларга тийген жарык агымы өзгөргөн учурда өзүнүн каршылыгын өзгөртөт. Көбүнчө аларды фоторезисторлор деп аташат. Аларды өлчөгүч катары роторлордун айлануу жыштыгын өлчөгөндө колдонушат, эритиндилердин киргилттигин, коюлу-гун ж.б. Термо электирлүү өзгөрткүчтөр термоэлектр эффектисин пайдаланышат. Алардын аракет прин-циби төмөндөгүдөй: Ар түрдүү материалдан жасал-ган эки өткөргүчтүн туташкан жери ысыганда өткөр-гүчтөрдө термоэлектрлүү кыймылдаткыч күчтөр пайда болот, башкача айтканда электр тогу пайда болот. Термоэлектрлүү өзгөрткүчтүү температураны билдиргичти термотүгөй деп аташат. Термоэлектир-лүү өзгөрткүчтөр активдүү аракеттеги өзгөрткүч-төргө кирет. Активдүүлөргө ошондой эле индук-циялык өзгөрткүчтөр да кирет. Алардын иштөө (аракет) принциби: электр контурунда алар магнит талаасын кесип өткөндө электр кыймылдаткыч күчү топтолот (индуктируется). Бул принцип – электро-магниттик индукция – кандай гана болбосун электргенераторунун аракет принцибине толук окшош.

Дагы бир активдүү өзгөрткүчтүн түрү-пьезо-электрлүү-кристалдардын капталдарында аларга механикалык аракет-кысуу жасалганда – электр заряддары (пьезоэлектр пайда болуусуна негиз-делген.

(piezo-грек тилинен басым, басым жасайм)

Пьезоэлектрик катары кварцтын кристалдары колдонулат. Мындай өзгөчөлүктөр динамикалык кубулуштарды, жогорку жыштыктагы процесстерди окуп-үйрөнүүдө кеңири колдонулат. Пьезоэлементте пайда болгон дүрмөт (заряд) анын боорунан агып түшүүгө, чачырап кетүүгө үлгүрбөөсүн камсыз кылуу шарты өтө маанилүү.

Эксперименттин техникасында магнитстрикциондук өзгөрткүчтөр колдонууга ээ болду. (латын тилинен strictio-тартуу, керүү) дегенди билдирет. Бул өзгөрткүчтөр, кээ бир материалдардын аларды курчап турган магнит талаасынын өзгөрүшүнө жараша өзүлөрүнүн сызыктуу чен-өлчөмдөрүн өзгөртүү эффектисин пайдаланууга негизделген. Магнитстрикторго материал катары никель, пермендор, алфер пластиналары колдонулат. Мындай өзгөрткүчтөр негизинен 3 төн 50 килоГерц жыштыгындагы, чынжырдагы узунунан термелүүнү жаңырык тартибинде ойготуу: Козгоо үчүн колдонушат.

4.3. Өлчөөнүн тактыгы

Тигил же бул билдиргич же өлчөөчү түзүлүш түрүндө жасалган өзгөрткүчтөр эксплуатация, колдонуп урунуу мезгилинде (процессинде) кокус чоңдуктардын бөлүнүү мыйзамына баш ийген жыйынтыктын чар-жайыт чачыроосун берет.

Өлчөөнүн тактыгына баа берүү өлчөөнүн каталыгынын чоңдугуна жараша жүргүзүлөт. Өлчөөнүн абсолюттук «ε» өлчөнүүчү чоңдукка болгон катышы катары аныкталат. Тигил дагы, бул дагы каталар өлчөнүүчү чоңдуктун орточо маанисинен чоңойгон, ошондой эле азайган жактарын көздөй кыйшайышы мүмкүн, башкача айтканда кош маанисинде ±ε жана ±δ колдонулат. «δ» ар дайым пайыз менен өлчөнөт. Кайсы болбосун өлчөө үчүн колдонулган аспап, мурдатан эле коюлган өлчөөнүн салыштырмалуу каталыгына ээ. Бул каталык анын тактык классын аныктайт. 4-таблицада кээ бир кеңири колдонуудагы өлчөөчү түзүлүштөрдүн чектүү каталыктарын пайыз менен келтиребиз. Экпсериментке киришүүдөн мурун экспериментатор алдыдагы өлчөөлөрдүн ишеним деңгээлин жакшы билиш керек. Ошондуктан өлчөөнүн тактыгын пландаштыруу маселесине өзгөчө көңүл буруусу зарыл.

4-таблица

№	Өлчөөчү түзүлүш	Өлчөөнүн эң чоң маанисине пайыз (%) менен чектүү каталык
	Өлчөмдүү металл сызмасы	0,20-0,30
	Тахометр	0,40-2,50
	Тахогенератор	2,50-4,00
	Техникалык таразалар	0,10-0,20
	Пружиналуу динамометрлер	1,00-10,0
	Фотоэлементтүү билдиргич	0,40-2,00
	Стандарттуу секундомерлер	0,40-0,70

4.4 Өлчөөнүн тактыгын пландаштыруу

Макеттин берилген функциясына бардык башкаруучу факторлор аныкталып, эксперимент пландаштырылгандан кийин төмөнкү тапшырма пландарды чечүү зарыл-эксперименттен алынуучу жыйынтыктын тактыгын камсыз кылууну аныктоо, Жыйынтыктын тактыгы-көз каранды өзгөрүлмө чоңдук катары көз каранды эмес факторлордун -

өзгөрүлмө чоӊдуктардын берилүү тактыгы менен аныкталат. Мейли, эксперименттин шарты боюнча

$$У=f(x_1,\ x_2,\ x_3......\ x_n) \qquad (45)$$

үзгүлтүксүз функция болуп жазылган көз карандылыкты окуп-үйрөнүү тапшырмасы коюлду дейли. Эксперимент учурунда x_1, x_2, $x_3......\ x_n$ дер өлчөнөт. Балким бул өлчөөлөр кандайдыр бир каталыктар менен жүргүзүлөт. Балким, ошондой эле мындай каталыктардын ар бири У функциясынын каталыгына таасир этет. ¤лчөөнүн каталыктары колдонулган. ¤лчөөчү аспаптардын тактыгы менен аныкталат. Бул каталар эреже катары, өлчөнүүчү чоӊдуктардан олуттуу түрдө аз, ошондуктан алар чексиз кичи өсүүлөр катары жазылышы мүмкүн , $\pm dx_1$, $\pm dx_2$, $\pm dx_3.....\ \pm dx_n$. Мындай мамиленин өз ара байланышы илим жүзүндө далилденген. Эгерде функциянын каталыгын $\pm dy$, түрүндө көз алдыга келтирсек, анда (45) функцияны

$$(y\pm dy)=f\,(x_1\pm dx_1,\ x_2\pm dx_2,\ x_3\pm dx_3....\ x_n\pm dx_n \quad (46)$$

деп көчүрүп жазсак болот.

(46) ны эске алуу менен төмөнкү үч тапшырманы (маселени) коюга мүмкүн.

- факторлордун белгилүү катарларында жана функциялык көз карандылыктын белгилүү түрүндө функциянын каталарын аныктоо –түз маселе.

- фактордун каталарын функциянын белгилүү катасы жана функциялык көз карандылыктын белгилүү түрүндө негиздөө-тескери маселе:

- ¤лчөө шартын, функциянын эӊ аз каталарын камсыз кылган учурда негиздөө-функциянын каталарын азайтуу меселеси.

Түз маселе, бардык боло турган иштер үчүн толук канаттандыраарлык чечим бере алат. Тескери маселе, эреже катары ошондой эле чечим берет. Үчүнчү маселе, аныкталган гана шартта чечилиши мүмкүн.

Түз маселени чечүүгө жакындоонун принциптүү негиздерин алгач бир факторлуу эксперимент үчүн карап көрөлү. Мейли,

$$y= f(x),\ \text{ал эми}\ y\pm dy= f(x\pm dy) \qquad (47)$$

Алдын ала dx өлчөнүүчү чоӊдуктарга карата биринчи катардагы кичи чоӊдуктар экенин белгилеп коебуз. Өлчөнүүчү чоӊдуктар менен болгон бардык эсептөөлөрдү анда кичи чоӊдуктарга dx чейинки тактыкта жүргүзөбүз, башкача айтканда биринчи катарда 1-тартипте. Экинчи жана өтө жогорку катардагы, тартиптеги бардык кичи чоӊдуктарды алардын олуттуу аз экендигинен, жыйынтыкка таасир этпегендигинен, ошондуктан көӊүл бөлүнүү талап кылбагандыктан алынып салынышы мүмкүн. Бул жөнөкөй эреже, эӊ кичи чоӊдуктар менен эсептөөлөрдү жүргүзгөндө өтө пайдалуу. Анын аркасында төмөнкү, кичи чоӊдуктарды α камтыган жакындаштырылган формулалар (толук) абдан так болушат.

$$(1\pm\alpha)^2=1\pm 2\alpha$$
$$(1\pm\alpha)^3=1\pm 3\alpha$$
$$(1\pm\alpha)^n=1\pm n\alpha$$

$$(1\pm\alpha)(1\pm\alpha_2)(1\pm\alpha_3)...=1\pm\alpha_1\pm\alpha_2\pm\alpha_3... \qquad (48)$$

$$\sqrt{1\pm 2}=1\pm\frac{\alpha}{2},$$

$$\ell^{\alpha}=1+\alpha,\ \alpha^{\beta}=1\pm\alpha\ell n\alpha,$$

$$\frac{1}{1\pm\alpha}=1\pm\alpha \quad \text{жана башка.}$$

Кошумча тейлордун формуласынын касиетин $f(x\pm\alpha)$ түрүндөгү функция үчүн түшүрөлү. Мындай функция *катарга ажыратылышы мүмкүн.

$$*\ f(x\pm\alpha)=f(x)+$$

$$\pm\alpha^1(x)+\frac{\alpha^2}{2}f^{11}(x)\pm\frac{\alpha^3}{2\cdot 3}f^{111}(x)... \qquad (49)$$

Эгерде α - биринчи катардагы кичи чоӊдук болсо, анда (49) көз карандылыктан биринчи эки мүчөнү эсепке алуу жетиштүү, анда (47) көз карандылыкты $y\pm dy= f(x)\ \pm dx\ f^1(x)$ деп көчүрүп жазсак болот. Андан ары, $y= f(x)$ экендигин билүү менен

$$dy=\pm\ dx\ f''(x)\ \text{ди алабыз} \qquad (50)$$

Функциянын салыштырмалуу каталыгы

$$\frac{dy}{y}=\mp\frac{dx\frac{dy}{dx}}{f(x)}=\frac{df^1(x)}{f(x)} \qquad (51)$$

сыяктуу аныкталат.

(51) дин оӊ бөлүгү f(x) натуралдуу логарифманын дифференциалы экендигин көрсөтөт, б.а.

$$\frac{dy}{y}=\pm d\ell nf(x) \qquad (52)$$

Эгерде көз каранды эмес өзгөрүлмө чоӊдук (фактор) экөө болсо б.а.

$$y= f(x_1,\ x_2),\ y\pm dy= f(x_1\pm dx,\ x_2\pm dx_2) \qquad (53)$$

анда тейлордун формуласын эсепке алуу менен

$$y\pm dy= f(x_1,\ x_2)\pm\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_1}dx_1\pm\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_2}dx_2$$

же

$$dy=\pm\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_1}dx_1\frac{\partial f(x_1x_2)}{\partial x_2}dx_2 \qquad (54)$$

Оӊ бөлүгүндөгү жекече функциялардын туундулары x_1 жана x_2 боюнча dx_1 жана dx_2 аркылуу киргизилген каталары менен dy тин каталарынын кандайдыр бир бөлүгүн аныктайт.

Эки фактордун функцияларынын салыштырмалуу каталары $\frac{dy}{y}=d\ell nf(x_1,x_2)$ түрүндө аныкталат (55)

Каталарды эсептегенде, жекече каталар чар жайыт экендигин, жана формулаларга эки белги менен «оӊ» жана «терс», кире тургандыгын эске алуу зарыл. Функциянын катасы, мүмкүн болушунча «эӊ чоӊ» катары табылышы керек. Ошондуктан (54) жана (55) формулалардагы бардык жеке каталар – факторлордун каталары кошулат.

Каралып чыккан окуяларды көп факторлуу экспериментке $y=f(x_1,x_2,x_3...x_n)$ функциясына

факторлордун каталарын $dx_1, dx_2.dx_3...dx_n$ эсепке алуу менен жалпылап, у функциясынын абсолюттук катасын

$$dy = \pm\left[\frac{\partial f(x_1,x_2,x_3..x_n)}{\partial x_1}dx_1 + \frac{\partial f(x_1,x_2..x_n)}{\partial x_2}dx_2 + \frac{\partial f(x_1,x_2..x_n)}{\partial x_n}dx_n\right], \quad (56)$$

ал эми салыштырмалуу катасын

$$\frac{dy}{e} = \pm d\left[\ell nf(x_1x_2...x_n)\right] \quad (57)$$

туюнтмалары менен аныкталарын көрсөтсө болот.

Төмөнкү мисалды карап көрөбүз.

Белгиленген орунда эркин түшүүнүн ылдамдануусун «q»аныктоо зарыл. Бул үчүн кыска маятник ыкмасы колдонулат. «q» менен маятниктин келтирилген узундугунун «ℓ» ортосундагы байланыш жана анын термелүү мезгили t мындай түргө ээ.

$$q = \pi^2\frac{\ell}{t^2} \quad (58)$$

Мейли эксперимент учурунда факторлордун төмөнкү маанилери алынды дейли:

$\ell = 50{,}02 \pm 0{,}01 см$

t=0,7098±0,0001 сек.

ε_q, ε_e, ε_t аркылуу функциялар менен факторлордун абсолюттук каталарын белгилейбиз, ал эми δ_q, δ_e, δ_t аркылуу алардын салыштырмалуу каталарын белгилейбиз.

Балким ε_e=±0,01см,

$$\delta_e = \pm\frac{0{,}01}{50{,}02} = \pm 0{,}0002 = \pm 0{,}02\%;$$

ε_t=±0,0001с,

$$\delta_t = \pm\frac{0{,}0001}{0{,}7098} = \pm 0{,}00014 = \pm 0{,}014\%;$$

ε_q ны табыш үчүн, (58) функцияны жеке туундуларын ℓ жана t боюнча алабыз:

$$\partial_{де} = \frac{\partial(\pi^2\frac{\ell}{t^2})}{\partial e}\partial e = \frac{\pi^2}{t^2}de \quad (59)$$

$$\partial qt = \frac{\partial(\pi^2\frac{\ell}{t^2})}{\partial t}\partial t = -2\frac{\pi^2\ell}{t^3}dt,$$

анда

$$\varepsilon_q = \pm(\frac{\pi^2}{t^2}\varepsilon_e + 2\frac{\pi^2\ell}{t^3}\varepsilon_t) \quad (60)$$

(60) ка кирген бардык чоңдуктар белгилүү, орундарына коебуз

$$\varepsilon_y = \pm(0{,}197\,{}^{см}\!/_{c^2} + 0{,}277\,{}^{см}\!/_{c^2}) = \pm 0{,}47\,{}^{см}\!/_{c^2} = 0{,}5\,{}^{см}\!/_{c^2}$$

q нын өзүнүн чоңдугун аныкташ үчүн (58) ке ℓ менен t нын чоңдуктарын коебуз:

$$q = \pi^2\frac{50{,}02см}{(0{,}7098)^2c^2} = 979{,}87\,{}^{см}\!/_{c^2},$$

анда эксперименттин каталарын эсепке алуу менен

$$q = (979{,}9 \pm 0{,}5)\,{}^{см}\!/_{c^2}$$

Эркин түшүүнүн ылдамдануусунун δ_q чектүү салыштырмалуу каталыгын табыш үчүн

$$\delta_q = \pm d\ell nf = \pm(d\ell n\ell + 2d\ell nt) = \pm(\frac{d\ell}{\ell} + 2\frac{dt}{t}) = \pm(\delta_e + 2\delta_t) \quad (61)$$

көз карандылыгын пайдаланабыз. δ_e менен δ_t нын маанилерин ордуна коебуз:

δ_q =±(0,02+2·0,014)%=0,048%≈0,05%

Төмөнкүлөргө өзгөчө көңүл бөлүнүүгө тийиш. Кээ бир учурларда салыштармалуу каталар олуттуу айырмаланышат, жана алардын кээ бири жыйынтыктын каталарнына чын таасир этпейт. Мындай кырдаал, бир жагынан функциянын каталарын эсептөөнү жөнөкөйлөтөт, экинчи жагынан экспериментаторго кээ бир өлчөөлөргө ашыкча тактыктын кереги жок экендигин көрсөтөт. Мына ошондуктан, эгерде

$$\delta_y = \pm(\delta x_1 + \delta x_2...\delta x_n)$$

жана $\delta x_1 \succ\succ \delta x_2, \delta x_3...\delta x_n, анда\ \delta_y = \pm\delta x_1$

Качан, кандайдыр бир факторлор функцияга даражасы менен кирсе, (квадрат,куб ж.б.) анда, алардын салыштырмалуу каталары ошого жараша эки эселенет, үч эселенет ж.б.

Тескери маселени чыгарганда маселенин шарты мындай деп туюнтулат: Функциянын түрү жана катасы берилет; Факторлорду кандай тактыкта (ката) менен өлчөнүүгө тийиш. Бул маселе өтө аныксыз, (56) га ылайык ал чексиз сандагы чыгарылыштарды бериши мүмкүн экендиги толук түшүнүктүү. (61) ди эсепке алуу менен маселенин шартын төмөнкү түрдө жазабыз:

$$\delta_y = \pm(\alpha_1\frac{dx_1}{x_1} + \alpha_2\frac{dx_2}{x_2} + ... + \alpha_n\frac{dx_n}{x_n} \quad (62)$$

Бул жерде $\alpha_1, \alpha_2...\alpha_n$ – тийешелүү x_1, x_2, x_n факторлордун даражаларынын көрсөткүчтөрү, ал эми $\frac{dx_1}{x_1}, \frac{dx_2}{x}, \frac{dx_n}{x_n}$ факторлордун салыштырмалуу каталары. (62) көз карандылыктан сол бөлүгү белгилүү.

δ_y тин оң бөлүгүнүн барабардыгы факторлордун каталарынын ар кандай маанилеринде мүмкүн.

Бул маселенин сыпайылыгы кошумча шарт – факторлордун бирдей таасир этүү шартында жетишилет.

Мындай шартта (62) нин оң бөлүгүндөгү бардык мүчөлөр өз ара тең деп эсептешет, б.а.

$$\alpha_1\frac{dx_1}{x_1} = \alpha_2\frac{dx_2}{x_2} = ...\alpha_n\frac{dx_n}{x} \quad (63)$$

Анткени $\frac{dx}{x} = \delta x$, анда (63) төн

$$\delta x_1 = \pm\frac{\delta y}{n\alpha_1}, \delta x_2 = \pm\frac{\delta y}{n\alpha_2}, ...\delta x_n = \frac{\delta y}{n\alpha_n} \qquad (64)$$

(64) төгү шарт эксперименторду, изилдөөнү жүргүзүүнүн алдында ар бир фактордун берилген тактыгын камсыз кылуу жолун табуу же талап кылынган функциянын тактыгын өзгөртүүгө мажбур кылат.

Экинчи (тескери) маселени чыгарууга (чечүүгө) жакындоону көрсөткөн мисалды – эксперимент учурунда өлчөөнүн тактыгын издеп табууну карап көрөбүз.

Бийиктиги h, радиусу r болгон цилиндирдин көлөмүн ченеп-өлчөп чыгуу зарыл. Мейли h=5см; r=1см, талап кылынган жыйынтыктын тактыгы $\delta_v = 0.01$ б.а. 1%. Цилиндирдин көлөмү

$$V=\pi r^2 h \qquad (65)$$

көз карандалыгы менен аныкталары белгилүү. h менен r ден башка «π» дагы өзгөрүлмө чоңдук болуп эсептелет, анткени, ал ар кандай тактыкта алынышы мүмкүн , б.а. үтүрдөн кийин ар кандай сандагы белгилер менен (65) ке ылайык

$$\delta_v = \pm d\ell n\pi r^2 \cdot h = \pm(\frac{d\pi}{\pi} + 2\frac{dr}{r} + \frac{dh}{h} = \pm(\delta_\pi + 2\delta_r + \delta_h) \qquad (66)$$

Факторлордун бирдей таасири шарты боюнча

$$\delta_\pi = 2\delta_r = \delta_h = \frac{\delta_v}{3} = \pm\frac{0.01}{3} = \pm 0{,}003 \qquad (67)$$

же $\delta_\pi = \pm 0{,}003$, $\delta_r = \pm 0{,}0015$, $\delta_h = \pm 0{,}003$

Абсолюттук каталарды табабыз

$\varepsilon_r = \pm 0{,}015 \cdot 1$см$= \pm 0{,}015$ мм

$\varepsilon_h = \pm 0{,}003 \cdot 5$см$= \pm 0{,}15$ мм

В, 14159265 ке барабар болгон «π»санына токтоло турган болсок, анын каталарын үтүрдөн кийинки белгилердин санына жараша көрсөтөбүз.

π	ε	δ
3,1	+0,04159265	+0,013 (1,3%)
3,14	+0,00159265	+0,0005 (0,05%)
3,142	-0,00040735	- 0,0001 (0,01%)
3,1416	-0,00000735	-0,0002 %
3,14159	+0,00000265	+0,00008 %
3,141593	-0,00000035	- 0,00001 %

Мындан биз $\delta_\pi = \pm 0{,}003$ шартын камсыз кылыш үчүн үтүрдөн кийин эки белги менен алсак жетиштүү болот, б.а. π =3,14 деп алууга тийишпиз.

Каралган мисал бизди төмөнкү жыйынтыктарды чыгарууга алып келет:

- Цилиндирдин бийиктигин жана анын радиусун өлчөө тактыгы олуттуу түрдө (бир катар) өйдө болушу керек; Эгерде бийиктигин өлчөө үчүн жөнөкөй эле штангенциркульдун тактыгы жетиштүү болсо, ал эми радиусту өлчөө үчүн микрометр талап кылынат.

- Анткени биз π = 3,14 деген, ±0,0005 барабар болгон салыштырмалуу каталыкты камсыз кылган маанисин алгандыктан берилген ±0,003 төн аз, анда факторлордун таасиринин бирдейлиги шарты боюнча r менен h ты өлчөөгө талапты күчөтүүгө тийишпиз, ал толук чечилүүгө мүмкүн. Бул учурда ката берилгендиктен аз болот.

‡чүнчү маселени чечүүдө өлчөөнүн тактыгын камсыз кылуу, б.а. функциянын каталарын азайтуу маселеси (56) функцияны min га изилдөө зарыл. Бул үчүн (54) түн биринчи катардагы жеке туундулары, бардык көз-каранды эмес өзгөрүлмө чоңдуктары табылат дагы нөлгө барабарланат, жана функциянын min нун камсыз кылуучу өзгөрүлмө чоңдуктар (каталар) аныкталат.

Экинчи туундулардын белгилери (оң) min дун шартын далилдейт. Айтып коюшубуз керек: бул маселе татаал, ошондуктан иш жүзүндө салыштырмалуу сейрек пайдаланылат.

Төмөнкү мисалды келтирели.

Гальванометрлердин бир тибинде токтун күчү У менен магнит жебесинин кыйшайуу бурчунун φ ортосунда.

$$У = к\,t\,q\,\varphi \qquad (68)$$

түрүндөгү байланыш бар. Бул жерде К-фактордун туруктуу саны., ал абдан так белгилүү б.а. К- const

Аспаптын эң жогорку сезгичтигинин φ ге көз карандылыгын аныктоо маселесин коебуз.

Салыштырмалуу ката:

$$\delta_y = \pm d\ell nktq\varphi = \pm d\ell ntq\kappa = \pm\frac{dtq\varphi}{tq\kappa} = \pm\frac{2d\varphi}{\sin 24} \qquad (69)$$

Балким $\delta_y \cdot \sin\ 24\varphi$ нин эң чоң маанисинде min болот, б.а. sin 24 =1 (70) болгон шартта. (70) тен 24=90° жана φ=45° болууга тийиш.

Ошондуктан, φ=45° ка жакындаганда аспап эң чоң сезгичтикке ээ.

4.5. Машинелердин механикалык чен-өлчөмдөрүн ченөө

Машинелердин негизги, эң маанилүү чен-өлчөмү болуп: орун которуу, ылдамдык, ылдамдануу, күчтөр мүртөмдөр, майышуулар эсептелет. Иш жүзүндө кайсы болбосун механизмдерди, машинелерди, алардын түйүндөрүн жана тетиктерин эксперименттик изилдөө, аталган чен-өлчөмдөрдүн бир же бир катарын аныктоого келип такалат. Алардын кээ бири функция катары кабыл алынат (аныкталат), кээ бири фактор катары (берилет). Машиналардын механикалык чен-өлчөмдөрүнүн маанисин аныктоонун өтө өнүккөн ыкмаларын карап көрөлү.

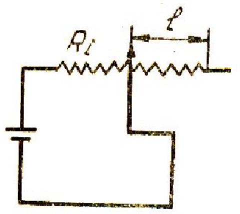
Убакыт. Кандайдар бир окуянын убактысын өлчөө үчүн: (козголуу, майыштыруу, таасир этүү) окуянын башталышын жана аягын каттоого жөндөмдүү, ар кандай тактыктагы хронометрлер колдонулат.

Убакытты саат, минут, секунддан баштап, наносекундка (10^{-9}) чейин өлчөй ала турган хронометрлер кеңири белгилүү.

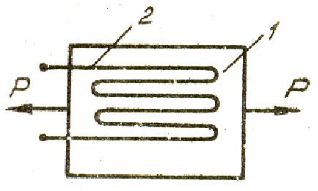
(Ордунан козголуу) Орун которуу

Орун которуунун чоңдугуна жараша же реохорддуу, же тензорезисторлуу билдиргичтерди

колдонушат. Эгерде орун-которуу салыштырмалуу чоң болсо - бир канча миллиметр жана андан жогору, анда реохорду сызыктууга кандай болсо бурчтук орун которууга да ошондой эле пайдаланышат. Кыймылдаткычты (I) (19-сүрөт) электр жынжырынын туюк контуру менен байланыштырышат. R_i өзгөргөндө чынжырдагы токтун күчү да өзгөрөт. Токтун күчү У менен орун которуу (жылуу) ℓ дин ортосунда байланыш $\ell = f(У)$ график түрүндө орнотулат.



19-сүрөт



20-сүрөт

Чынжырдагы токту билүү менен орун которуу жылуу ℓ дин чоңдугун аныктоого болот.

Аз жана өтө аз орун которууларды өлчөөдө тензорезисторду – зымдуу же фольгалуу тензобилдиргичтерди пайдаланышат.

Билдиргич 2 майыша (чоюла) турган тетик 1 менен бекем туташтырылат - тетикке чапталып коюлат. Тетиктин майышуусу (чоюлуусу) билдиргичтин жалпы, анын каршылыгынын өзгөрүшүнө алып келет.

Каршылык жана (демек чынжырдагы ток менен) майышуунун ортосунда тарирлүү байланыш орнотулат. Эксперименттин шарты жана максатына жараша тензобилдиргичтер ийилүү, узатасынан, жылыштыруучу майышууларды каттай алат, ал эми сигнал катоддуу, же шлейфтүү осциллограф, магнитографтардын өзү жазуучулары менен катталат (сызылат).

Ылдамдык

Машинелердин жана механизмдердин элементтеринин салыштырмалуу ылдамдыктарын өлчөөдө мүмкүн болгон төрт жакындоонун бирин пайдаланышат.

- чоңдугу белгилүү болгон орун которуунун ылдамдыгын өлчөө жана алардын катышын табуу.
- Орун которууну убакыттын бирдигинде өлчөп, алынган көз карандылыкты графикалык жиктөө (дифференция)
- Жылышуунун ылдамдануусун өлчөп, көз карандылыкты графикалык чогултуу (интегрир-е)
- Жылышуунун ылдамдыгын өзүн өлчөө

Булардын биринчи экөөндө изилдөө жөнү мындай: орун которуу жана убакытты өлчөө. Үчүнчүсүндө ылдамдануу өлчөнөт, бул жөнүндө кийин айтылат. Ылдамдыкты түздөн-түз өлчөө үчүн индукциялык билдиргичтерди пайдаланышат. Алардын иштөө принциби мейкиндиктеги магниттик агымдын түрмөккө салыштырмалуу өзгөрүшү болуп эсептелет. Жыйынтыгында чыгырыктарда кыймылдуу бөлүктөрүн орун которуу ылдамдыгына пропорциялуу электр кыймылдаткыч күчү индуктирленет (пайда болот). Билдиргичтердин чыгырыктарында индуктирленгич (пайда болгон) электр кыймылдаткыч күчү Е, жылышуунун ылдамдыгы менен $E = \omega\pi$ Двv көз карандылык аркылуу байланышат.

Бул жерде ω - чыгырыктагы түрмөктөрдүн саны;

Д- түрмөктөрдүн орточо диаметри.

В- жылчыктагы магниттик индукция

Ылдамдануу

Ылдамданууну өлчөөнүн негизинде күүлөнүү (инерция) эффектиси жатат. Ылдамдануу менен жылып бара жаткан масса күүлөнүү күчү менен өзгөрткүчкө таасир этип, электр сигналын берет, ал индуктор менен катталат. Масса белгилүү болгон учурда анын аралыкка жылуусу серпилгичтиги аркылуу ылдамануунун чоңдугун аныктайт. Бул принциптин маңызы, мааниси айкын болгондугуна карабай эксперименттин ачык, даана шарты үчүн билдиргичтерди түзүү экспериментатордон ар дайым чыгармачылык каруу күч, кээде ойлоп табуу дэңгээлинде , талап кылат. Инерция (күүлөнүү) билдиргичтеринин ылдамданууну анча чоң эмес каталыктар менен өлчөө жөндөмдүүлүгү, негизинен өлчөнүүчү процесстин жыштыгынын билдиргичтин серпилгичтүү системинин өзүнүн жеке жыштыгына болгон катышы катары аныкталарын билүү маанилүү. Билдиргичти конструкциялоо (түзүү) мына ушинтип, процесстин белгилүү жыштыгында анын өзүнүн жеке жыштыгын тандого келип такалат.

Күчтөр жана мүртөмдөр, майышуулар

Күчтөрдү жана мүртөмдөрдү өлчөөдө ар дайым атайын күчтөрдү өлчөөчү аспаптарды пайдаланышат өнөр жайында сериялык чыгарылуучу динамометрлер, мүртөм ченегичтер. Экспериментатор, күч өлчөөчү аспапты тандап жатып, өлчөөчү таасирлер термелүүчү мүнөзгө ээ болушу мүмкүн экендигин эсепке алууга милдеттүү. Бул учурда күч өлчөөчү элементтин өзүнүн жеке термелүүсүнүн жыштыгы изилденип жаткан процесстин жыштыгынан олуттуу артыкча болуусуна жетишүү зарыл. Кийинки мезгилдерде күчтөрдү жана мүртөмдөрдү аныктоо үчүн жүктөлгөн конструкциянын элементтеринин майышуусун өлчөө ыкмасы абдан кеңири пайдаланылат. Майышуунун түрүнө жараша (чоюу-кысуу, ийилтүү, толгоо) тигил же бул билдиргичтерди, кошуунун тигил же бул схемдерин колдонушат.

Эгерде таза чоюу же кысуу процесстери окупүйрөнүлүп жатса бир эле (мисалы, тензометрлүү) билдиргичти пайдаланса жетиштүү. Чынын айтыш керек, берилген өлчөө тактыгы ар дайым, мүмкүн болгон температуралык каталарды эсепке алууну, ошондуктан негизги билдиргичтен башка дагы компенсациялык деп аталган билдиргичти коюну

талап кылат. Бирдиктүү өлчөө системинде болгондуктан, эки билдиргич тең температуралык өзгөрүүлөргө бирдей жооп кайтарат жана ошону менен бирге боло турган каталарды кетирбейт. Таза ийилтүүдө да ошондой эле бир билдиргичти колдонуу менен чектелсе болот. Таза толгоодо да бир эле билдиргичти пайдалануу жетиштүү, (экинчиси компенсациялык), бирок анын тетикке орнотулушу, ал тетиктин элементтеринин салыштырмалуу жылышуусун эсепке ала тургандай болушу керек. Тетиктин огуна перпедикулярдуу тегиздиктеги ордунан жылдыруучу, майышуучу, тетиктин огуна 45° бурч менен чоюунун жана кысуунун башка майышуусун түзөт. Бир эле учурда чоюу-кысуу, толгоо жана ийилтүү болсо бир билдиргич менен алымсынууга мүмкүн эмес. Дайыма, билдиргичтерди кошумча жабыштыруу менен ийилтүү же толгоoo майышуусун эсепке албайт.

Негизги механикалык чоңдуктарды өлчөө маселеси өз алдынча мааниге ээ, атайын адабияттарда кеңири талкууланып жатат, атап айтканда «Заводдун тажрыйбаканасы», «Илимий аспаптар» ж.б. мезгилдик басылмаларда…

Адабияттар:

1. Дворников Л.Т.. Основы экспериментальных исследований. Фрунзе- 1989г.
2. Островский Б.С. Учебное пособие «Technical English» с п/б 2006.
3. Скульте Б.И. Учебник М.: 2004.
4. Keiko Pitfer Журнал W 2005.
5. Electrical Indineering M. Schinke.