

В.Поезжалов., Д.Оразалинова

# ТЕХНИКАДАҒЫ ФИЗИКА



Қостанай 2022

Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігі  
А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті  
А.Айтмұхамбетов атындағы Инженерлік-техникалық институті  
Математика және физика кафедрасы

В.М. Поезжалов, Д.К. Оразалинова

**Техникадағы физика**

Оқу-әдістемелік құрал

Қостанай, 2022

**УДК 53(078.8)**  
**ББК 22.3(5каз) м73**

**Авторлары:**

Поезжалов Владимир Михайлович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор

Оразалинова Дамели Каирбековна, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, аға оқытушы

**Рецензенттер:**

Джаманбалин Кадыргали Қоныспайұлы, З.Алдамжар атындағы ҚЭТУ, физика-математика ғылымдарының докторы, ректоры

Курманов Аяп Конлямжаевич, А.Байтұрсынов атындағы ҚМУ техникалық ғылымдар докторы, машина жасау кафедрa меңгерушісі

Амантаев Максат Амантайұлы, А.Байтұрсынов атындағы ҚМУ, PhD (философия) докторы, машина, трактор және автокөлік кафедрасының доценті

В.М. Поезжалов, Д.К. Оразалинова

П45 **Техникадағы физика**: оқу-әдістемелік құрал – Қостанай: А.Байтұрсынов атындағы ҚӨУ, 2022. – 148 б.

978-601-356-236-0

В054 6В05301-Физика мамандығының студенттеріне арналған. Оқу құралды жоғары оқу орындарының оқытушылары "Техникадағы физика" пәні бойынша сабақтар өткізу кезінде, сондай-ақ студенттер оқу сабақтарына дайындық кезінде пайдалана алады. Оқу-әдістемелік құралға физика және техника бойынша 5 зертханалық жұмыс енгізілген.

**ББК 22.3(5каз) м73**

П 45

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университетінің Оқу-әдістемелік кеңесімен бекітілді және баспаға ұсынылды, 27.12.2022 ж. №\_б хаттама

978-601-356-236-0

© А.Байтұрсынов атындағы ҚӨУ  
©Поезжалов В.М., Оразалинова Д.К., 2022

## МАЗМҰНЫ

<b>Кіріспе</b>	5
<b>1 Механикадағы күштер. Соққы. Үйкеліс</b>	6
1.1 Механизмдердегі күштердің қосылуы және ыдырауы. Ауырлық центрі. Қос күш әсерінен дененің айналуы. Жай механизмдер	6
1.2 Серпімді күштер және оларды техникада қолдану. Соққы. Техникадағы соққы механизмдер	10
1.3 Үйкеліс конусы Көлік құралдарының қозғалысының физикасы. Үйкеліс күштерін Өлшеу. Көлік құралдарының қозғалысының физикасы. Үйкеліс күштерін	18
1.4 Үйкеліс күшінің өзгеруі. Сұйық үйкеліс. Майлау материалдарын қолдану физикасы. Сұйық және қатты майлау	32
<b>2 Механикалық энергия. Тербелістер</b>	36
2.1 Механикалық энергия және оны аккумуляциялау әдістері	36
2.2 Техникадағы тербелістер	38
2.3 Техникадағы инерция күштері. Техникадағы тепкіш күштер	50
2.4 Айналымы қозғалыс және оның техникада қолданылуы	56
<b>3 Гидростатика. Гидродинамика</b>	62
3.1 Жұғу және жұқпау. Капиллярлық құбылыстар.	62
3.2 Техникадағы қолданыстары	69
3.3 Жылулық ұлғаю. Жылу берілісі	70
<b>4 Электромагнетизм. Оптика.</b>	74
4.1 Электромагниттер және оларды автоматика мен техникада қолдану	74
4.2 Оптика және оны техникада қолдану. Радиоактивті заттарды техникада қолдану	82
<b>5 Радиоактивті заттардың техникада қолданылуы</b>	85
5.1 Сұйықтық деңгейін анықтау үшін радиоизотоптарды қолдану. Өздігінен жарық беретін бояулар мен материалдар. Гамма сәулелерін анықтау	86
<b>6 Аэродинамика және гидродинамика</b>	93
6.1 «Аэродинамикалық кедергінің ауа ағынының жылдамдығына, дене пішіні мен қимасына тәуелділігін анықтау»	93
6.2 «Эйлер теңдеуін экспериментальды тексеру»	102
6.3 «Эксперимент басталар алдында штангенциркульмен. Нақты денелердің деформациясының ерекшеліктерін зерттеу»	106
6.4 «Техникалық сұйықтықтың тұтқырлығының температураға тәуелділігін зерттеу»	114
6.5 «Майлау сапасының жылжымалы подшипнигімен тіректегі энергия шығындарының әсерін зерттеу»	120
6.6 «Автокөлік құралдарының пайдаланылған газдарының параметрін өлшеу және принциптерін зерттеу»	126
<b>7 Өздік жұмыс</b>	133
<b>Қорытынды</b>	151
<b>Қолданылған әдебиеттер</b>	152

## КІРІСПЕ

Физика - бұл жаңа материалдарды, технологияларды, құрылғылар мен құрылғыларды зерттеуге, әзірлеуге, жасауға және пайдалануға байланысты адам қызметінің құралдары, әдістері мен әдістерінің жиынтығын қамтитын ғылым мен техниканың саласы.

Техникалық мамандықтағы Физика бұл заңдарды практикалық қолдануда қарастырады. Өз кезегінде, техника мамандығында физика анықтаған заңдылықтар инженерлік жобалау мен өндірісте қолданылады. Осы саланы дамытудың арқасында технологиялық жабдықтарды шығарумен айналысатын қазіргі заманғы кәсіпорындар өз өнімдерін жетілдіруге және технологиялық процестерді жаңғыртуға мүмкіндік алады.

**Физика және техника** 20 ғ. ғылыми-техникалық революцияғасыры деп аталады. Өткен дәуірлерге қарағанда біздің заманымыздың өзіне тән екі ерекшелігі бар.

*Біріншіден*, ғылыммен техника үлкен қарқынмен дамып келеді.

*Екіншіден*, ашылған ғылыми жаңалықтар адамзат игілігіне айналып, жедел түрде өнеркәсіппен тұрмысқа енгізіліп отыр.

Техниканың қарышты дамуына физиканың қосқан үлесі орасан зор. Сондықтан **дәтехниканың негізі - физика** деген пікір берік қалыптасқан. Физикалық білімнің техникада қолданылуын көрсететін көптеген мысалдарды келтіруге болады. Олардың қатарында күнделікті тұрмыста пайдаланып жүрген сан алуан электрлік, электрондық құралдар және басқа да күрделі техникалар бар.

20 ғ. ғылым мен техника саласындағы көптеген айтулы жетістіктері физикаға тікелей байланысты. Тарихтан белгілі «Әлемнің жеті кереметіне» парапар, 20 ғ. физика мен техникаға байланысты төрт ғажайып жетістігін атауға болады.

- Физиктер атом ядросындағы энергияны алу жолын тапты. Жер қойнауындағы жағылатын отындар (көмір, мұнай, газ, шымтезек, ағаш) қоры жылдан-жылға азайып барады. Міне, сондықтан атом энергиясының көзін табу - адамзат үшін айтарлықтай оқиға болды.

- 20 ғ. адамзат физика мен техника жетістіктерінің арқасында ғарышқа көтерілді. Тұңғыш жасанды Жер серігі біздің еліміздегі Байқоңыр ғарыш айлағынан 1957 жылы ұшырылды. Адамзаттың тұңғыш ғарышкері, орыс азаматы Ю.А. Гагарин 1961 жылы Байқоңырдан ұшты. Ғарышқа сапар шеккен біздің отандастарымыз - Т.Әубәкіров пен Т. Мұсабаевтар да аса күрделі ғарыштық техниканы басқаруда ерлік пен біліктілік үлгісін көрсетті.

Ғарыштың адамзатқа берері мол. Сондықтан Жер бетін де, ғарыш кеңістігін де ұқыпты пайдаланып, үнемі қорғап отыру біздің әрқайсымызға жүктелген үлкен міндет, жауапты борыш.

- 20 ғ. ғажайыптарының бірі - лазердің өмірге келуі. 60 жж. басында осындай айтулы жаңалықты ашып бергені үшін Ресейдің физик-ғалымдары Н.Г.Басов пен А.М.Прохоровқа және АҚШ-тың физигі Ч.Таунске Нобель сыйлықтары берілді.

Қазір лазерлік техника мен технология ғылымда да, өмірде де кең қолданыс табауда.

- Адамзат ақыл-ойының 20 ғ. қол жеткен ең ірі табыстарының бірі - **кибернетика** және оған байланысты электрондық есептеуіш техникасы.

**Кибернетика** ғылымының табыстарын өмірге жаппай енгізу жағынан біздің еліміздің алдында зор міндеттер тұр. Әлемдік деңгейдегі кибернетика мен ақпараттық (информациялық) технология салаларындағы жетістіктер таңдай қақтырады.

Мысалы, «жасанды зерде» (интеллект) болып табылатын қазіргі кездегі суперкомпьютерлердің өз бетінше «ойлау» дәрежесі үш жасар баланың ойлау деңгейіне жетіп отыр. Міне, 20 ғ. ең басты төрт ғылыми-техникалық ғажайыптары осындай. Бұлардың барлығының да ғылыми негізі физикалық білім болып табылады. 20 ғ. үлесіне тиетін басқа да тамаша физикалық-техникалық жаңалықтар толып жатыр. Олардың қатарында алып мұхит кемелері мен сүңгуір қайықтарын, ұшақтарды, өндірістік және ауыл шаруашылық техникаларын, т. б. атауға болады.

Қазіргі физиканың техникамен және басқа табиғаттану ғылымдарымен байланысы. Ғылымның бүгінгі таңдағы кезеңі олардың өзара байланысының әлдеқайда күшейіп, бір-бірімен араласуының едәуір үдей түскендігімен сипатталады. Мысалы, соңғы кезде физиканың, математиканың, биологияның, психологияның, химияның, радиоэлектрониканың, сондай-ақ тірі организмдерді зерттейтін ғылымдардың мәліметтерін пайдаланатын бионика ғылымы пайда болды. Әсіресе физика математика ғылымымен тығыз байланысты.

Физика техникалық мәселелерді шешу барысында дамиды, жетіледі. Техника физиканың алдына өзі мұқтаж болып отырған мәселелерді көлденең тартып, оның дамуына ықпал жасайды. Техника сонымен бірге физиканы приборлармен, аса күрделі қондырғылармен жабдықтайды. Ал физиканың жетістіктері техниканың әр түрлі саласына ене отырып, олардың теориялық негізін байытады, онан әрі дами түсуіне, жетілуіне ықпал етеді.

Физиканың зерттеу тәсілдері барлық жаратылыс тану ғылымдарында кеңінен қолданылуда. Электрондық микроскоптар жеке молекулаларды бақылауға мүмкіндік жасады. Рентгендік анализ заттың атомның құрылысы мен кристалдық құрылысын тексеруге қолданылады. Спектрлік анализ геология мен аорганикалық химиядағы ең тиімді тәсілдердің біріне айналды. Масс-спектрограф атомдар мен молекулалардың массасын аса үлкен дәлдікпен өлшейді. Радиотехникалық және осциллографиялық тәсілдер секундтің миллиондық, тіпті миллиардтық үлесі ішінде өтетін процестерді бақылауға мүмкіндік береді. Радиоактивті изотоптардың көмегімен химиялық элементтердің, тіпті жеке атомның қозғалысын бақылауға болады.

Қазіргі кезде бүкіл табиғаттану ғылымдарының арасында да физиканың маңызы арта түсуде. Салыстырмалық теориясы мен ядролық, физика астрономияның күрделі бөлімі астрофизиканың қауырт дамуына әсер етті. Ал астрофизикада алынған нәтижелер физикаға жаңа сипат беріп отыр. Кванттық теория химиялық реакциялар жайындағы ілімнің негізіне алынады (қ. Кванттық химия). Физиканың биологияға да ықпалы артуда. Осыған орай биофизика өз алдына дербес ғылым ретінде қалыптасты.

Ф. Египет пен Вавилон ескерткіштерінен бастап, атом электр станциясына, лазерлерге, космостық, ұшу сапарының жүзеге асуына дейінгі дәуірді қамтитын ұзақ жолды жүріп өтті. Осы жол үстінде ол қалыптасты, дамыды, жетілді. Қазіргі физика — ғылыми техникалық прогрестің дамуында жетекші қызмет атқаратын, тамырын кең жайған, сан салалы ғылым.

Бұл курстың ең маңызды ойы—техника мен физиканың арасындағы үйлестіру. Біз физикадағы оқытылған материалнегізінде білім алушылар олардың техниканың қай түрлерінде қай мақсаты мен қолданылатындығын қарастыру барысында құзуғышлықты тудырып, оқу үдерісіне, физика пәніне, білімдердің қай техниканың саласында қай мақсаты мен қолданылатындығына жауап беріп, көзқарасты кеңестеді. Ең жақсы нәтиже ретінде «Қолданбалы физика, Техникадағы физика» және оған ұқсас пәндерде техникалық құрылғының жұмыс жасау принципі жататын ғылыми ойларын, оның негізінде жұмыс жасап тұрған заңдарын біліп, алынған нәтижелерін қолдану.

Толығы мен алғанда курс келесі түрде әзірленген: әр бір дәрістіңбасында физикалық заңдарына қысқаша шолу жасалынады, ережелер, заңдар, тәуелдіктер, сонымен бірге қазіргі ғылым мен тұрмыстықта, техникада кез келген саладағы заңдылықтардың қолданысы келтірілген. Әр бір тақырыпта біз негізгі мәліметтерді беруге тырыстық, ал кейін бүгінгі таңдағы жетістіктерін келтірдік. Біз ұсынып отырған материалдың қолжетімлігін ғылыми-көптанымды деңгейге дейін жеткізу мақсатын қойғанжоқпыз, мұнда физика жағына кейбір бағыт келтірілген.

Ұсынылған есептер эвристикалық бағыт алады. Ол білім алушылардың инженерлік ойлау қабілеттілігін арттырады деген жөн жәнешешімін басқа кәдімгі емес шешімдерін табу қабілеттілігін дамытады.

Әдістемелік құралында жеткілікті техникалық құрылғылардың суреттері, схемалары, жалғану әдістері көрстетілген. Материалдарында тек үдерістердің физикасы ғана емес соынмен бірге инженерлік шешімдері де еңгізілген.

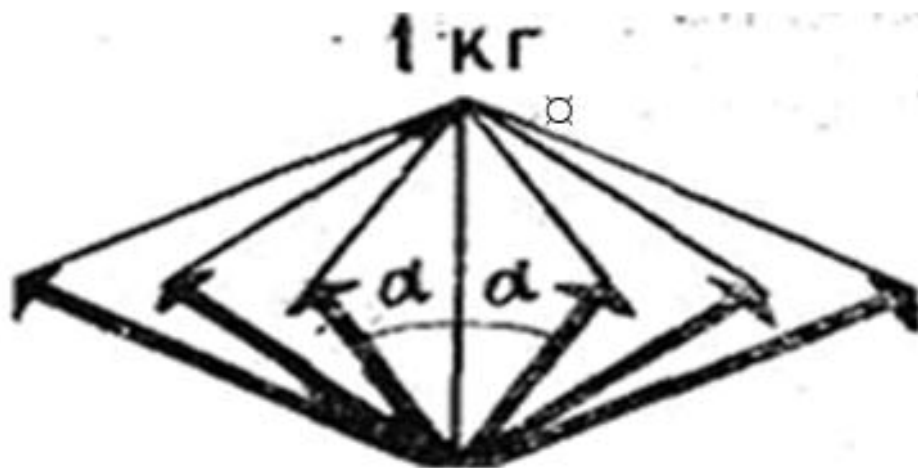
## 1 Механикадағы күштер. Соққы. Тербелістер

### 1.1 Механизмдердегі күштердің қосылуы және ыдырауы. Ауырлық центрі. Қос күш әсерінен дененің айналуы. Жай механизмдер.

Күш-денелердің өзара әрекеттесуін сипаттайтын физикалық шама, нәтижесінде олар қозғалыс бағытын өзгертеді немесе жылдамдық шамасын өзгертеді немесе деформацияланады. Іс жүзінде барлық үш мәннің көрінісі жиі байқалады. Біздің әрқайсымызда күш дегеніміз не екендігі туралы өзіндік интуитивті түсінік бар. Кез келген анықтама кедергілерге тап болуы мүмкін, бірақ күш дененің қозғалыс күйін немесе оның пішінін өзгертетіні маңызды болып қала береді. Техникада күштер жұмысты жүргізетін қозғаушы күш болып табылады. Қуат көзі-кейбір техникалық құрылғы-қозғалтқыш болып табылады. Жұмысты орындау үшін бұл күшті түрлендіру, оның бағытын өзгерту, құрамдарға бөлу немесе басқа күштермен қосу қажет.

Сонда, осы сұрақтар туындайды: күшті ұлғайтуға болады ма? 1 кг-да бір күштен әрқайсысы 10 кг-нан екі күш жасауға бола ма? 1 кг күшті 100 кг, 1000 кг және т. б. екі күшке бөлуге бола ма?

Бұл сұрақтарға жауап беру үшін күштердің қалай қалыптасатынын және қалай ашылатынын еске түсіру керек, яғни, күштер параллелограммының ережесін еске түсіруіміз қажет. Онда былай делінген: денеге бір-біріне бұрышта әрекет ететін екі күштің нәтижесі күштерді бейнелейтін векторларға салынған параллелограммның диагоналімен бейнеленген. Керісінше, күшті екі бағытта тарату үшін күш векторының соңы арқылы осы бағыттарға параллель сызықтар салу керек.



Сурет 1- Күштің үлкен күштерге ыдырауының мысалы күштер P және Q жіктелуі

Ең маңыздысы техникада қос күшті анықтау болып табылады. Екі параллель немесе антипараллель күштер P және Q болсын (1-сурет).

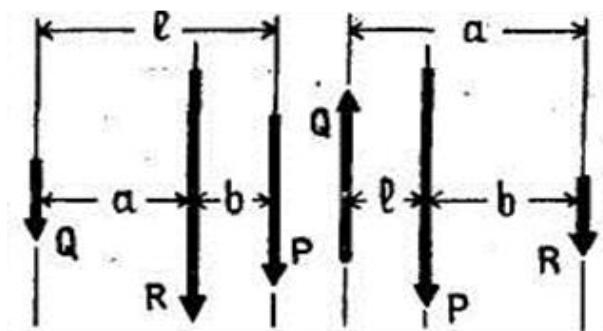
Осындай екі күштің нәтижесі олардың қосындысына (екі параллель күш жағдайында) немесе олардың айырмашылығына (күштер антипараллель кезде)



тең:  $R = P \pm Q$ , ал нәтиже беретін қосымшаның нүктесі  $P$  және  $Q$  күштерінің әрекет сызықтары арасындағы қашықтықты  $P:A=Q:b=R:l$  қатынасында бөледі ( $l = a \pm b$ ).

Параллель және антипараллель күштер осылай болады. Енді біз  $P$  күшін азайтамыз деп елестетіп көреміз (немесе, керісінше,  $Q$  күшін арттырамыз). Бұл жағдайда нәтиже азаяды, өйткені  $R = P - Q$ , ал оны қолдану нүктесі  $P$  және  $Q$  күштерінен алыстайды.  $Q$  күшіне тең, нәтиже нөлге айналады, ал оны қолдану нүктесі шексіздікке түседі. Бұл математикалық түрде шығарылады.

Бұл физикалық тұрғыдан нені білдіреді? Тәжірибе көрсеткендей, дененің әртүрлі нүктелеріне қолданылатын екі тең антипараллель күш денеге әсер етсе (мұндай күштер қос күштер деп аталады), дене айналады.



Сурет2-Параллель және антипараллель күштер

Физика курсына жай механизмдерді анықтау және кез-келген күрделі механизмде жай механизмдерді оңай ажыратуға маңызды.

*Механизмдер* - бұл адамдарға жұмысты жеңілдететін құралдар. Әдеттегідей, сегіз қарапайым механизмді бөліп алу, олардың төртеуі екі негізгі механизмнің бір түрі болып табылады.

*Көлбеу жазықтық* - көлденең бетке өткір бұрышпен орнатылған жазықтық түріндегі жай механизм.

Көлбеу жазықтықтың түрлері:

*Сына-кішкентай* аймақта күш шоғырлануына байланысты қысымды арттыруға мүмкіндік береді. Найза, күрек, бассейн және т. б. қолданылады.

*Бұранда* - бұрандаларда және судың көтерілуі үшін (Архимед бұрандасы), бұрғылаудағы бұрғылау ретінде және т. б. қолданылады.

*Рычаг* (Архимед сипаттаған) - ауыр жүктерді көтеру үшін, ажыратқыштар мен ілмектер ретінде қолданылады (байланыстырушы өзек-иінді - тоқу машинасында, бу машинасында, ішкі жану қозғалтқыштарында қолданылады).

*Блок-арқан*, кабель немесе тізбек өтетін ойығы бар доңғалақ. Күштің шамасын немесе бағытын өзгерту үшін қолданылады.

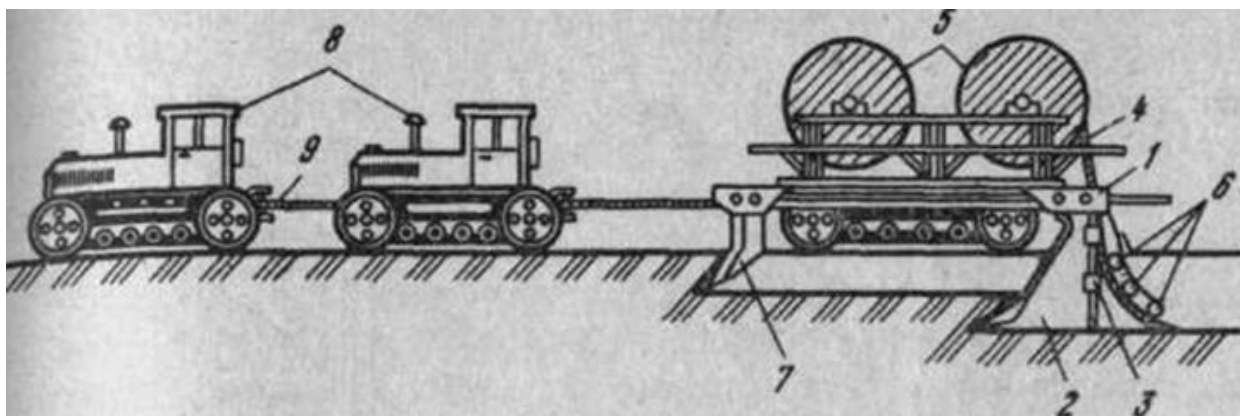
*Доңғалақ* - көлікте және берілістерде қолданылады.

*Поршень* - кеңейтілген қыздырылған газдардың немесе будың энергиясын пайдалануға мүмкіндік береді. Ол, атап айтқанда, атыс қаруында, ішкі жану қозғалтқышында және бу машинасында қолданылады.

Техникалық құрылғыларда қуат көзі ретінде қозғалтқыш болып табылады. Бұл қозғалтқышты іске қосатын (бу, электр, пневматикалық, гидравликалық немесе

су, бұлшықет және т.б.) немесе жұмыс принципі бойынша (ішкі жану, реактивті және т. б.) әдетте энергия түріне қарай жіктелетін қозғалтқыштардың саны өте көп. Алайда, қозғалтқыштың өзі жұмыс істеуі үшін де қозғалтқыштың өзі жұмыс істейтін күштің, бір бөлігін қозғалтқыштың жұмысын қамтамасыз етуге бағыттау қажет. Мысалы, ішкі жану қозғалтқышында оны су сорғысы мен радиатор желдеткішінің көмегімен салқындату, генератордың көмегімен тұтану жүйесінің жұмыс істеуі үшін электр энергиясын өндіру, майлау жүйесінің сорғысын айналдыру және т. б. Ол үшін күштерді беру механизмдері және қарапайым механизмдерге негізделген күштерді бөлу механизмдерін қолданылады.

3-суретте техникалық құрылғыларда жиі қолданылатын әртүрлі күш беру механизмдерін көрсететін стенд көрсетілген.



Сурет3- Бірнеше механизм күштерін қосу

Қандай да болсын жұмысты орындау кезінде бір қозғалтқыш күші жұмысты орындау үшін жеткіліксіз. Қандай да бір ауыр затты ауыстыру қажет болған кезде, кем дегенде, өз тәжірибеңізден мысал келтіріңіз, мысалы, тоңазытқыш. Мұндай жағдайларда біз басқа біреуді көмекке шақырамыз, екі немесе одан да көп күштерді қосуды қолдана отырып, жалпы жағдайда әртүрлі қозғалтқыштармен істейміз, біздің мысалда ол- адамдар.

Техникада да дәл осылай. 3-суретте бірнеше машиналар ілініп тұрған кезде "цугпен" қозғалатын екі тракторды қолданудың мысалы көрсетілген.

Алайда, ауырлықты тасымалдау кезінде де, бірнеше тракторларды бекіту кезінде де синхрондау және қозғалыс пен күш мәселесі туындайды. Сондықтан, үлкен, дәлірек айтсақ, үлкен күш-жігерді қажет ететін жұмысты орындау техникасында олар басқаша әрекет етеді. Олар тек бір қозғалтқышы бар механизм жасайды, бірақ күш қосудан гөрі қажетті күшті дамыта алады.

## 1.2 Серпімді күштер және оларды техникада қолдану. Соққы. Техникадағы соққы механизмдері.

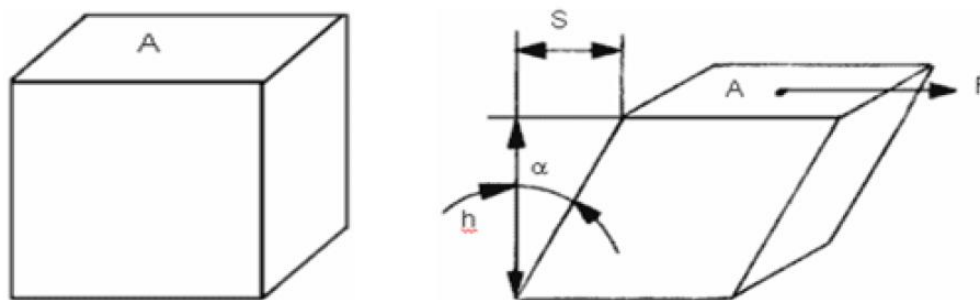
Қатты дененің механикасын қарастыра отырып, біз абсолют қатты дене ұғымын қолдандық. Мұндай дене сыртқы күштердің осы денеге әсер етуімен кез-келген нүктелер арасындағы қашықтық тұрақты болып қалатын дене деп аталады.

Алайда, табиғатта абсолют қатты денелер жоқ, өйткені күштердің әсерінен барлық нақты денелер пішіні мен мөлшерін өзгертеді, яғни деформацияланады.

Сыртқы күштер тоқтағаннан кейін денеде сақталатын деформациялар пластикалық (немесе қалдық) деп аталады. Деформация серпімді деп аталады, егер сыртқы күштердің әрекеті аяқталғаннан кейін дене бастапқы өлшемі мен пішініне оралса. Сыртқы күштер тоқтағаннан кейін денеде сақталатын деформациялар пластикалық (немесе қалдық) деп аталады. Нақты дененің деформациясы әрқашан пластикалық болып табылады, өйткені олар сыртқы күштер тоқтатылғаннан кейін ешқашан толығымен жойылмайды.

Текше тәрізді серпімді денені қарастырайық.

Қолданылатын кернеу (жоғарғы бетке күштің әрекеті) лезде деформацияны тудырады (дене бөлшектері бір-біріне қатысты орын ауыстырады). Бұл деформация жүктеме сақталғанша сақталады. Жүктеме жойылған кезде деформация толығымен жоғалады (дененің бөлшектері қайтадан бастапқы орындарын алады).



Сурет4- Күш әсер етпейтін (сол жақта) және әсер ететін (оң жақта) абсолютті серпімді дене

Жоғарғы  $A$  бетіне  $F$  күші әсер етеді. Жоғарғы бет  $s$  қашықтыққа жылжиды.  $F$  күшінің  $A$  ауданына қатынасын ығысу кернеуі  $\tau$  немесе тангенциалды (тангенциалды) кернеу деп атайды.  $\tau = \frac{F}{A}$ , өлшем бірлігі  $\text{Н/м}^2 = \text{Па}$ .

Ығысудың  $s$  қашықтыққа  $h$  қатынасы деформация  $g$  немесе пішіннің өзгеруі деп аталады:

$$\gamma = s/h = \text{tg}\alpha$$

Деформация шамасы өлшемсіз.

Ығысу кернеуінің  $\tau$  деформацияға  $g$  қатынасы  $G$  модуль болып табылады. Оны көбінесе ығысу модулі деп атайды және серпімді деформацияның кері  $J$  мәніне сәйкес келеді.

$$G = \tau/\gamma, \text{ өлшем бірлігі: Па}$$

$$J = \gamma/\tau, \text{ өлшем бірлігі: 1/Па}$$

$G$  модулі таза серпімді денелер үшін заттың тән параметрі болып табылады. Серпімді дене созылу жүктемесіне немесе қысу күшіне серіппе сияқты әсер етеді. Серпімділік теориясында деформациялардың барлық түрлері (созылу немесе

сығылу, ығысу, иілу, бұралу) бір мезгілде болатын созылу немесе қысу және ығысу деформацияларына дейін төмендетілуі мүмкін екендігі дәлелденген.

Көлденең қима ауданы бірлігіне әсер ететін күш кернеу деп аталады:

$$\sigma = F/S$$

Егер күш нормаль бойымен бетке бағытталған болса, кернеу нормаль деп аталады, ал бетке жанама болса, оны тангенциалды деп атайды.

Дененің деформациялану дәрежесін сипаттайтын сандық көрсеткіш оның салыстырмалы деформациясы болып табылады.

Сонымен, өзек ұзындығының салыстырмалы өзгеруі (бойлық деформация):  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$  - салыстырмалы көлденең керілу (қысу);  $\varepsilon' = \frac{\Delta d}{d}$ , мұндағы  $d$  - өзектің диаметрі.

$\varepsilon$  және  $\varepsilon'$  деформациялары әрқашан әртүрлі белгілерге ие (созылу кезінде  $\Delta l$  оң, ал  $\Delta d$  теріс болады; сығылғанда  $\Delta l$  теріс, ал  $\Delta d$  оң болады). Ағылшын физигі Р. Гук эксперименталды түрдешағын деформациялар үшін  $\varepsilon$  салыстырмалы созылу және  $\sigma$  кернеу бір-біріне тура пропорционалды екенін анықтады.

$\sigma = E\varepsilon$ , мұнда  $E$  пропорционалдылық коэффициенті Юнг модулі деп аталады.

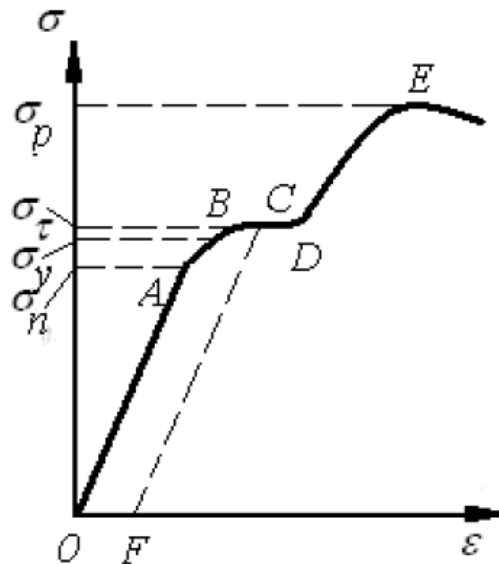
Өрнектен Юнг модулі бірлікке тең салыстырмалы ұзартуды тудыратын кернеумен анықталатынын көруге болады.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{ES} \quad (1)$$

бұдан

$$F = \frac{ES}{l} \Delta l = k \Delta l \quad (2)$$

мұндағы  $k$  - серпімділік коэффициенті. Бұл өрнек сонымен қатар Гук заңын белгілейді, оған сәйкес серпімді деформация кезінде өзектің созылуы өзекке әсер ететін күшке пропорционалды.



Сурет5- Кернеу диаграммасы

Қатты денелердің деформациясы белгілі бір шегіне дейін Гук заңына бағынады. Деформация мен кернеу арасындағы байланыс кернеу диаграммасы түрінде берілген, біз оны металл үлгісі үшін сапалы түрде қарастырамыз. 5-суреттен Гук белгілеген  $\sigma(\varepsilon)$  сызықтық тәуелділік пропорционалдық ( $\sigma_{\text{п}}$ ) деп аталатын шекке дейін өте тар шектерде ғана жүзеге асырылатынын көруге болады. Кернеудің одан әрі жоғарылауымен деформация әлі де серпімді (тәуелділік  $\sigma(\varepsilon)$  қазірдің өзінде сызықты емес) және серпімділік ( $\sigma_y$ ) шегіне дейін қалдық деформациялар пайда болмайды. Серпімділіктен тыс денеде қалдық деформациялар пайда болады және күш тоқтағаннан кейін дененің бастапқы күйіне оралуын сипаттайтын график ВО қисығы емес, оған параллель CF түрінде бейнеленеді. Көрінетін қалдық деформация пайда болатын кернеу ( $\sim 0,2\%$ ) аққыштық шегі ( $\sigma_T$ ) деп аталады — қисықтағы C нүктесі. CD аймағында деформация кернеудің жоғарылауынсыз артады, яғни дене "ағып жатқан" сияқты. Бұл аймақ сұйықтық аймағы (немесе пластикалық деформация аймағы) деп аталады. Сұйықтық аймағы айтарлықтай болатын материалдар тұтқыр деп аталады, олар үшін ол іс жүзінде болмайды, яғни сынғыш болады. Әрі қарай созылу кезінде (D нүктесі үшін) дененің бұзылуы орын алады. Денеде бұзылғанға дейін пайда болатын максималды кернеу, беріктік шегі ( $\sigma_p$ ) деп аталады. Нақты қатты денелерге арналған кернеу диаграммасы әртүрлі факторларға байланысты. Бірдей қатты дене күштердің қысқа мерзімді әсерінен сынғыш болып көрінуі мүмкін, ал ұзақ мерзімді, бірақ әлсіз күштер кезінде ол сұйық болады. Серпімді созылған (сығылған) өзекшенің потенциалдық энергиясы:

$$U = \int_0^{\Delta l} \frac{ES}{l} \cdot x \cdot dx = \frac{ES}{2l} (\Delta l)^2 \quad (3)$$

яғни серпімді созылған өзекшенің потенциалдық энергиясы деформацияның квадратына пропорционал.

Соққы процесін әдетте екі фазаға бөледі. Бірінші фаза –түйісу мезетінен бастап денелердің массалар центрлері салыстырмалы жылдамдығы нольге тең болғанға дейін. Бұл кезде кинетикалық энергия серпімді деформацияның потенциалдық энергиясына түрленеді. Екінші фазада денелер пішінінің толық немесе дербес қайта қалпына келеді. Денелердің салыстырмалы жылдамдығы абсолютті шама жағынан өсе бастайды, денелер алшақтайды және соққы аяқталады. Екінші фазада серпімді деформацияның потенциалдық энергиясының кинетикалық энергияға түрленудің кері процесс пайда болады. Нақты денелерде соққыдан кейін салыстырмалы жылдамдығы соққыға дейінгі жылдамдық мәніне дейін жетпейді, өйткені кинетикалық энергияның кейбір бөлігі жылулық энергияға, қалдық деформация және энергияның басқа түрлеріне түрленеді.

Серпімді абсолютті соққыда механикалық энергия энергияның басқа түрлеріне ауыспайды. Соққының бірінші фазасында кинетикалық энергия серпімді деформацияның потенциалдық энергиясына ауысады, екіншісінде- серпімді деформацияның потенциалдық энергиясы кинетикалық энергияға ауысады. Бұл жағдайда механикалық энергияның сақталу заңы орындалады  $W_k + W_{\pi} = \text{const}$ .

Нақты денелердің соқтығысуында денелердің механикалық энергиясы соққының соңында денелердің қызуы, қалдық деформациялар туғызуға, дыбыс толқындардың сәулелену салдарынан жоғалады.

Екі денелерден тұратын жүйенің кинетикалық энергиясы келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$W_k = \frac{(m_1 + m_2)V_c^2}{2} + \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (\vec{V}_1 - \vec{V}_2)^2 \quad (4)$$

мұндағы  $V_c$  - жүйе инерция центрінің жылдамдығы, ол соққы кезінде жүйе тұйық болғандықтан өзгермейді. Соққы кезінде тек қана формуладағы екінші мүшенің азаюы мүмкін. Сонымен серпімсіз соқтығысу кезінде кинетикалық энергия шығыны шарлардың салыстырмалы жылдамдығының  $|\vec{V}_1 - \vec{V}_2| < |\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02}|$  азаюына әкеп соғуы мүмкін. Ноль индексі денелердің соққыға дейінгі жылдамдықтарына жатады.

Механикалық энергияның шығындарын есепке алу үшін, соғылатын денелердің соққыдан кейінгі жылдамдықтар өзгерісінің соққыға дейінгі мәндері қатынасына тең қалпына келтіру коэффициентін енгізуі ыңғайлы.

$$K = \frac{|\vec{V}_1 - \vec{V}_2|}{|\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02}|} = \frac{|\vec{V}_1 - \vec{V}_2|}{|\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02}|} \quad (5)$$

мұндағы  $K$  – соғылатын денелер затының физикалық қасиеттерінің интегралды сипаттамасы.  $k$  мәні эксперимент жүзінде анықталады, мысалы  $H$  биіктіктен горизонталь жазықтыққа еркін түсіп  $h$  биіктікке қайта көтерілу кезіндегі

шамасы  $k = \sqrt{\frac{h}{H}}$

Тәжірибелер нәтижелері бойынша ағаштан жасалған денелердің соқтығысқанында  $k = 0,5$ , болаттан -  $0,55$ , піл сүйегінен -  $0,89$ , шыныдан -  $0,94$ .

Шекті жағдайларда серпімді соқтығу кезінде  $k=1$ , ал серпімсіз соқтығысуда  $K=0$ . Серпімсіз соқтығысуда ( $0 < K < 1$ ) соққыдан шариктер жылдамдықтарын импульстің сақталу заңынан анықталады (5):

$$m_1 \vec{V}_{01} + m_2 \vec{V}_{02} = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2, \quad (6)$$

(5) формуланы қолданып, аламыз:

$$\vec{V}_1 - \vec{V}_2 = -K (\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02}). \quad (7)$$

(6) және (7) теңдеулер жүйесін шешіп, соққыдан кейінгі денелердің жылдамдықтарын анықтау теңдеулерін аламыз.

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_{02} + \frac{m_1(1+K)}{m_1+m_2}(\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02}), \quad (8)$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_{01} + \frac{m_2(1+K)}{m_1+m_2}(\vec{V}_{02} - \vec{V}_{01}).$$

Тәжірибеде соққыны қозғалысты жасау үшін қолданады (тақтайға шегені соғу, қадаларды жерге соғу, бір бөлшекті екіншіге отырғызу), немесе денелердің деформациясы үшін (тағалау, тесіктерді тесу, бөлшектерді шегелеу және т.б.). Осыған жұмсалған жүйенің кинетикалық энергиясы келесі формула мен есептелінеді.

$$W_{\text{ко}} - W_k = \frac{(1-K)^2}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\vec{V}_{01} - \vec{V}_{02})^2$$

Тәжірибеде бір дене тыныштық қалпында болады. ( $\vec{v}_{02}=0$ ),  
онда

$$W_{\text{ко}} - W_k = (1-K)^2 \frac{m_2}{m_1 + m_2} \frac{m_1 V_{01}^2}{2} = (1-K)^2 \frac{m_2 W_{\text{ко}}}{m_1 + m_2}, \quad (9)$$

мұндағы  $w_{\text{ко}}$ ,  $w_k$  сәйкесінше жүйенің соққыға дейінгі және соққыдан кейінгі кинетикалық энергиялары.

Егер соққы қозғалысты жасау үшін ғана қолданылатын болса, онда соққыдан кейінгі кинетикалық энергия  $w_k$  максималды артық болу керек, ал (9) теңдеудің оң жағындағысы минимал болу керек. Ол үшін, егер қалпына қайта келу коэффициенті  $K$  максимал болса, ал  $m_1$  соғатын дененің массасы, массы  $m_2$  дене массасынан едәуір артық болса болады.

Егер де соққы дене деформациясы үшін қолданылатын болса, онда керісінше жүйенің соқтығысудан кейінгі кинетикалық энергиясы  $w_k$  минимал, ал

оң жақтағы теңдеу бөлігі (9) максимал болу керек. Бұл егер де  $K$  нөлге ұмтылған кезде ғана бола алады, ал тыныштық дене массасы (мысалы, таға соғу) максимал үлкен болған жағдайда болады.

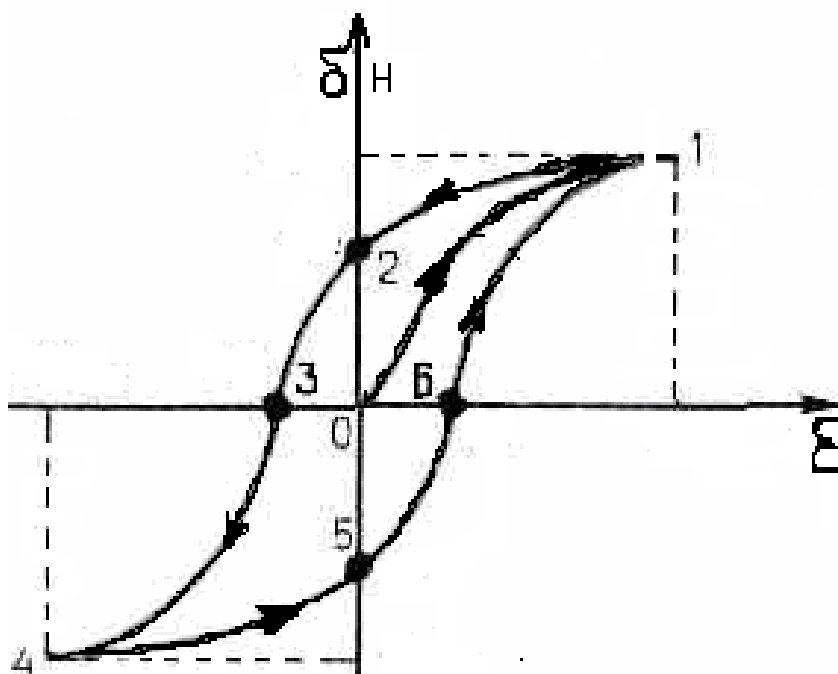
Соққы техникада кеңінен қолданылады, өйткені соққы кезінде айтарлықтай қуат пайда болады.

Соққы уақыт мезетінде дене нүктелердің жылдамдықтар өзгерісін соққының жалпы теория әдістері мен анықтауға болады, мұнда денелердің соққы кезінде механикалық өзараәсерлесудің өлшеуіші ретінде соққы күш  $P$  орнына оның соққыкезіндегі импульсі ендіріледі (соққы импульс деп аталатын  $S$ ). Бір мезгілде,  $m$ , аз болғандықтан барлық соққы емес күштердің импульстерін, мысалы ауырлық күш сияқты сонымен бірге дене нүктелердің орын ауыстыруы н соққы уақыт мезетінде есепке алмайды. Соққының жалпы теория негізгі теңдеулері қозғалыс мөлшерінің өзгерісі және жүйенің өзгерісі кинетикалық момент теоремасынан шығады.

Осы теоремалар көмегі мен келтіруші соққы импульсті біле отырып соққы соңында жылдамдықтарын анықтайды ал егер дене бос емес болса, онда импульсті реакция байланыстары. Мәселе шешімі тек қана математикалық қиындықтары мен соққы жүктемелер кезінде дене материалдар параметрлері жеткіліксіз болғандығы күрделейді. Ол есептеулер кезінде қажетті жеңілдеткіш ұсыныстар жасауға тура келетін жағдай туғызады.

Толық серпімді емес денелер соқтығысуын анықтау кезінде есеп күрделі болып шығады. Ол материалдардың серпімді және поастикалық қасиеттері есебін қажет етеді. Бұл есепті және онымен байланысты мәселелерді шешу кезінде көптеген экспериментал зерттеулер жасауына негізделеді. Денелердің соққының арнайы ерекшеліктерін экспериментті зерттеу үлкен жылдамдықтар кезінде (шамамен жүзделген  $m/сек$ ) және жарылыс өзара әсерлесу кезінде дене заряд пен тікелей түйісу кезінде  $1000 m/сек$  жылдамдықпен қозғалысы кезіндегі соққы мен эквивалентті болады.

Үлгінің пропорционалдық шектерін аспайтын жүктемесі кезінде салыстырмалы ұзару қалайша өзгертіндігін арап шығуға болады. Денелердің деформациядар кезінде сыртқы күш жұмыс істейді.





## Сурет 6 – Механикалық гистерезис тұзағы

Басқа жағынан сыртқы күш деформацияланған дене деформация жоғалу кезінде өзі жұмыс жасайды. (сурет )Егер де деформацияланатын дене абсолютті серпімді болатын болса, онда ол дене деформациясына тең жұмысын жасай алады. Абсолютті серпімді денелерде дене деформациясына жұмсалатын барлық жұмыс серпімді деформацияның потенциалды энергия өсуіне жұмсалады.

Нақты денелерде ол орын таппайды. Оларда пайда болатын күштер әр қашан да тек қана деформациялар шамаларына тәуелді ,ана емес, ол деформациялар өзгеріс жылдамдықтарына да тәуелді. Бұл күштер үйкеліс күштерге ұқсас. (оларды әдетте «ішкі үйкеліс деп атайды»).

Қатты денелердегі ішкі үйкеліс механикалық энергияны оның деформация процесінде берілген жылулық энергияға қайтымсыз түрлендіретін қатты денелер қабілеттілігі. Ішкі үйкеліс әр түрлі құбылыстардың серпімсіз емес және пластикалық деформация деген дері мен тығыз байланысты. Серпімсіз дененің деформация кезіндегі қалдық деформациялар жоқ кездегі серпімді қасиеттерінен ауытқуын ұсынады.

Шеткі жылдамдығы мен деформациялану кезінде денеде жылулық тепе теңдік тен ауытқуы байқалады. Мысалы, жұқа қыздырылған пластинаның иілу кезінде материал қыздырылу кезінде созылған талшықтар суытылады.

Сығылғандар қыздырылады, нәтижесінде температуралар үрт өзгеруі пайда болады, яғни серпімді деформациялануы жылулық тепе теңдіктің қирауын туғызады. Келесі жылуөткізгіштік арқылы температура теңесілуі серпімді энергия бөлігінің жылулық энергияға қайтымсыз ауысуы мен қоса жүреді. Қиратылған орнықты қалпына келу құбылысы релаксация деп аталады. Мұнымен бірге нақты денедегі қалдық деформациялардың пайда болуы байланысты болады.

Нақты дене толық өз пішінін орнықтырылмаса ол деформацияға жұмсалған ,толық жұмысын бере алмайды. Бірақ көбінесе нақты денелер үшін аз деформациялар кезінде қалдық деформациялары сонша аз, оларды есепке алмай деформацияны туғызатын барлық денелер толығы мен серпімді деформация энергиясына ауысады. Бұл жағдайда серпімді деформацияланған дене энергиясын келесі жолмен есептеуге болады. Дене баяу созылған болсын дейік, Деформацияланған денеде куб тәрізді көлем элементін алайық. Толық деформацияланған дененің серпімді деформация энергиясын дене көлем элементтерінің барлық элементтер қосыныды арқылы табамыз.

Айнымалы деформациялар кезінде қалдық деформациялардың пайда болуы кері жүрісінде дәл сол деформацияларға мәндері кіші кернеулер сәйкес келеді. Сондықтан  $\sigma = f(\epsilon)$  қисық сызығының кері бағыттағы деформации төмен өтеді тура бағыттағыға қарағанда. Денедегі кернеу деформация жоқ болғанда жойылады,  $\sigma = 0$  кезінде денеде қалдық деформация пайда болады  $\epsilon_0$ . Егер дененің

деформациясын басқа бағытта жалғастырып отырса, онда қалдық деформация тек қана денеде қалдық кернеу шамасы болғанда ғана жойылады  $\sigma$ . Бұл құбылыс серпімді гистерезис құбылысы деп аталады.

Периодты түрде қайталанып отыратын деформацияларда  $\sigma$  және  $\varepsilon$  өзгерулері түйықталған қисығы мен, гистерезис тұзағымен сипатталады. Дене артық жұмыс жасайды. Осы жұмыстар айырымы дене қыздыруына жұмсалған гистерезис бұтағының жоғарғы бөлік ауданымен өрнектеледі. Дәл солай деформация кезінде дене қызуына жұмсалатын жұмыс гистерезис бұтағының төменгі бөлігімен өрнектеледі.

### 1.3 Үйкеліс күші. Кулон - Амонтон формуласы және оның салдары.

*Үйкеліс коэффициенттерін эксперименттік анықтау және техникада қолдану. Үйкеліс конусы.*

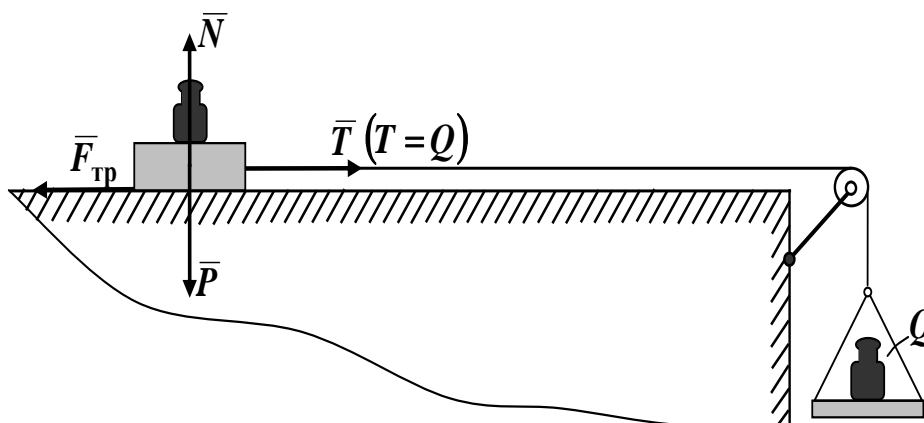
Үйкеліс деп беттескен денелердің орын ауыстыруына олардың беттескен жерінде пайда болатын кедергіні атайды. Кинематикалық белгілері бойынша үйкелісті сырғанау үйкелісі (1-ші текті үйкеліс) және тербеліс үйкелісі (2-ші текті үйкеліс) деп бөледі. Сырғанау үйкелісін тағы да құрғақ және сұйық деп бөледі.

Адам табанының жермен үйкелісі сырғанау үйкелісінің мысалы болып табылады, ол адамдарға жүруге мүмкіндік жасайды. Тербеліс үйкелісінің мысалы ретінде вагон доңғалақтарының рельс бойымен дөңгелеуі жатады. Қозғалыстың көптеген әдеттегідей тәсілдері үйкеліс болмаған кезде мүмкін болмас еді. Бұған мыналарды қосуға болады, үйкеліс болмаған кезде шегелер мен винттер қабырғадан суырылып түсер еді, бірде бір затты қолда ұстап тұра алмас едік, ешқандай құйын ешқашан тоқтамас еді, ешқандай дыбыс басылмас еді.

Үйкелістің қаншалықты маңызды екендігін әсіресе бізге мұз айдынында жүру көрсетеді. Үйкеліс құбылысы механикалық, ішкі молекулалық, термиялық, электрлік және т.с.с. сипаттағы көптеген факторлармен байланысты. Үйкеліс көптеген себептердің салдары, бірақ олардың ішінде екеуі негізгі болып табылады. Біріншіден, денелердің беті әрқашанда тегіс емес, және беттің шығыңқы бөліктері бір-біріне тиеді де дененің қозғалуына кедергі жасайды. Сондықтан тегіс беттің бетімен қозғалуға азырақ күш жұмсалады. Бұл геометриялық үйкеліс деп аталады.

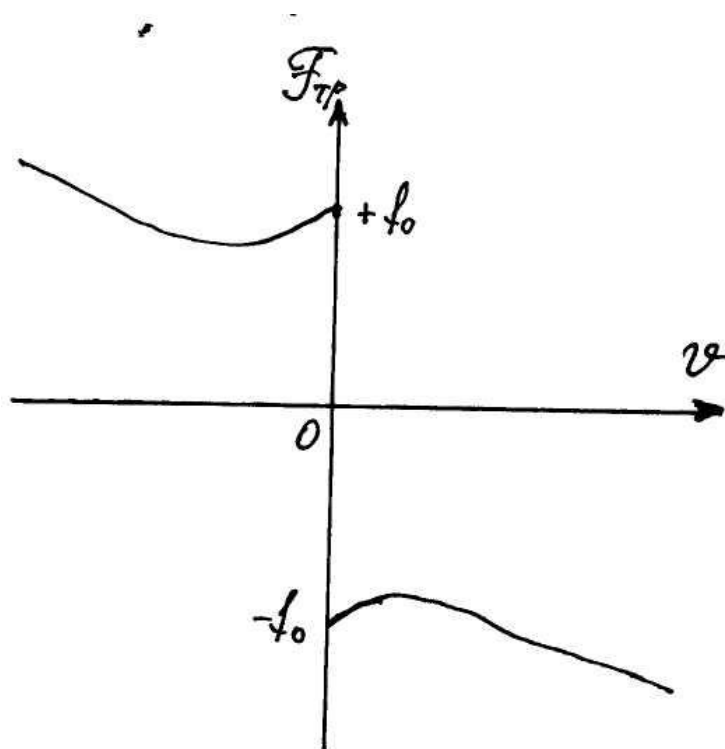
Екіншіден, үйкелісетін денелер бір-бірімен өте жақын беттеседі, және оларға молекулалардың өзара әсерлесу күші әсер етеді (молекулалық үйкеліс). Бұл үйкелістің пайда болу себебі заттың бөлшектерінің арасындағы өзара әсерлесу күштері екенін көрсетеді. Тәжірибе максимум үйкеліс күші  $f_0 = \mu N$  болатынын көрсетеді, мұндағы  $\mu$  -өлшемсіз коэффициент, ол беттесетін беттердің қасиетіне тәуелді болады. Бұл теңдеу Амонтон заңы деп аталады, ол осы заңды тәжірибе жүзінде 1699 жылы тағайындаған.

Бұдан кейін Шарль Кулон (1736-1806) тыныштық кездегі сырғанаудың құрғақ үйкелісі үшін негізгі заңды тағайындады. Бұл заңдар денелердің беттері тегіс болғанда орындалады. Осы себептен жоғарыда келтірілген формуланы Кулон-Амонтон заңы деп атайды.



Сурет 7-Үйкеліс заңдарын зерттеуге арналған қондырғы

Кулон заңын схемасы 7-суретте көрсетілген қондырғы арқылы тағайындауға болады. Гирдің  $Q$  салмағын өзгерте отырып,  $T$  тарту күшін өзгертуге болады ( $T=Q$ ), ол денені басқа дененің бойымен қозғалтуға тырысады. Егер  $T$  күшін ұлғайтса, онда тепе-теңдік шарты бойынша

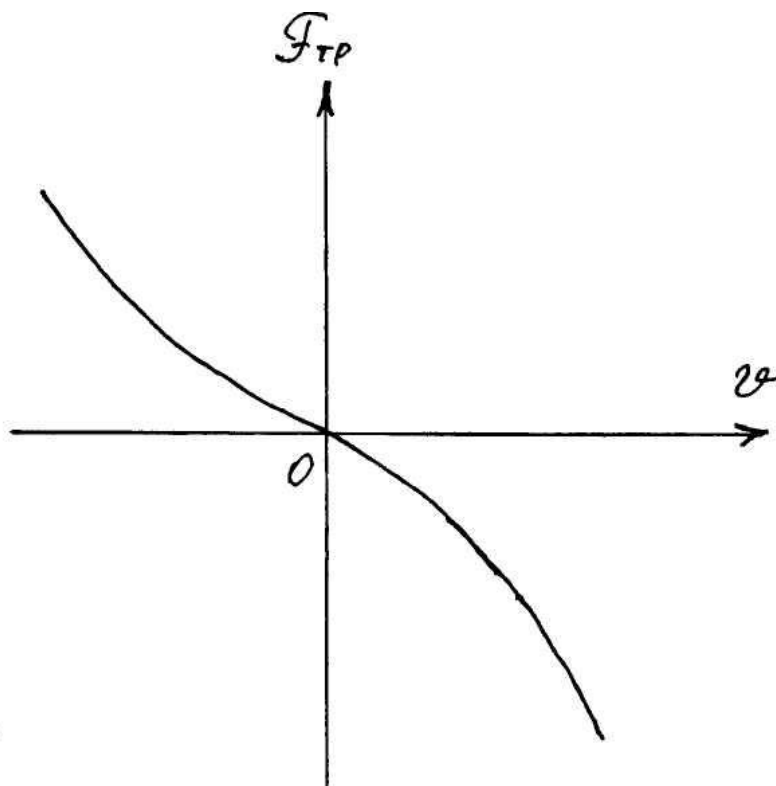


8- сурет. Үйкеліс к.шінің жылдамдыққа тәуелділігі

$F_{\text{тр}}$  күші пайда болады, мұнда  $\vec{F}_{\text{тр}} = -\vec{T}$ .  $T$  күші денені тепе-теңдік қалыптан шығарса, дене беттің бойында сырғанап бастайды. Денетепе-теңдігінің

шекті жағдайында үйкеліс күші максимал болады және  $T$  күшін одан әрі ұлғайтқанда оны теңестіре алмайды.

Жалпы үйкеліс күші сырғанау кезінде алғашында төмендейді, кейіннен жылдамдық өскен сайын ұлғаяды. Нөлге тең жылдамдықта, яғни тыныштықта, үйкеліс күшінің мәні  $-f_0$  мен  $+f_0$  –дің аралығындағы кезкелген мән болуы мүмкін.



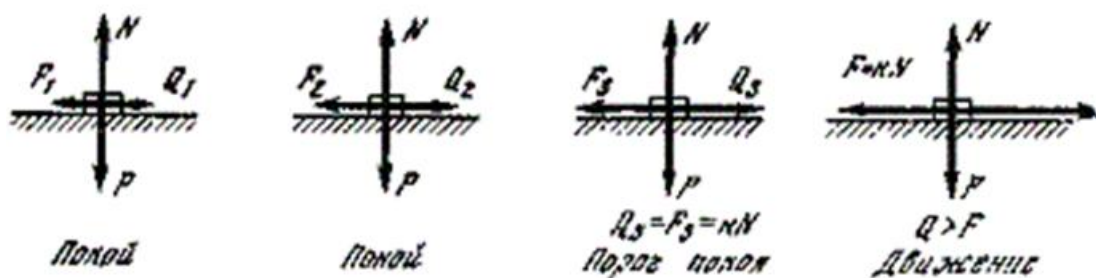
Сурет 9- Сұйық үйкеліс күшінің жылдамдыққа тәуелділігі

Бұдан әрі жылдамдық артқан сайын үйкеліс күші жылдамдық өзгерісінің белгілі бір бөлігінде тұрақты болады, ал одан кейін біртіндеп төмендейді, минимумға жетеді, осыдан кейін қайта көтеріледі (суретті қараңыз).

Сырғанаудың аз жылдамдығында құрғақ металл денелердің үйкеліс күшін жылдамдыққа тәуелсіз, тұрақты деп алуға болады. Жалпы – денелердің салыстырмалы қозғалысы кезінде үйкеліс күштері сұйықтарда да байқалады. Бұл күштер сұйық үйкеліс күштері деп аталады. Бұл күштер сұйық үйкеліс күштері деп аталынады. Олар қатты дене мен сұйықтың немесе сұйық қабаттарының салыстырмалы орын ауыстыруы кезінде пайда болады. Сонымен қатар бұл күштер денелердің және сұйықтардың (немесе газдың) салыстырмалы жылдамдығына тәуелді болады. Сұйық үйкелістің басты ерекшелігі сұйықтарда тыныштық үйкеліс күшінің болмайтындығы. Мұны келтірілген суреттен байқауға болады.

Үйкеліс күшінің үйкелісетін беттердің тек қана сапасына және нормаль қысымға тәуелді болатындығын, ал үйкелісетін беттердің ауданына тәуелсіз болатындығын тәжірибе жүзінде көрсетуге болады. Егер ағаш білеушені сызғышқа немесе кітапқа алдымен жатқызып, ал содан кейін бүйірімен қойса және сызғыштың бір ұшын көтерсе, онда білеуше шамасы бірдей  $\alpha$  бұрышта төмен

қарай сырғанай бастайды. Бұл үйкеліс күшінің беттің контактылық ауданына тәуелсіз болатындығын көрсетеді.



Сурет 10 -Тыныштық шегін анықтау

Тегіс емес беттің үстінде бір дене жатсын делік (10-суретті қараңыз). Оның ауырлық күші  $P$  нормаль реакция  $N$ -мен теңестіріліп тұр. Біз азғантай  $Q_1$  күшін түсіреміз, бірақ дене орнынан қозғалмайды. Бұл оны  $Q_1$ -күшке тең  $F_1$  –үйкеліс күшінің жібермей ұстап тұрғанын көрсетеді.

Күшті сәл арттырамыз  $Q_1$ күшін шамасын  $Q_2$ -ге дейін аздап ұлғайтамыз. Дене тыныштықта қала береді. Бұл оны  $Q_2$ -ге тең  $F_2$  күштің ұстап тұрғанын көрсетеді. Тәжірибені осылайша жалғастыра беруге болады.

Бірақ  $Q$  күшті шексіз ұлғайта беруге болады, ал үйкеліс күші өзінің максимум мүмкін  $F = \mu N$  мәнінен үлкен бола алмайды.  $Q$  максимум үйкеліс күшіне тең болған кезде бұл момент **тыныштық табалдырығы** деп аталады. Келесі мезетте қозғалыс басталады. Осыдан келіп үйкеліс күші нөлден белгілібір  $\mu N$  –ге тең максимум мәнге дейін өзгереді деп айтуға болады.

Тартушы күш болмаған кезде үйкеліс күші де болмайды. Қозғаушы күш болған кезде үйкеліс күші де көрінеді.

Үйкеліс күші үшін Кулон заңын тұжырымдайық.

**Бірінші заң.** Сырғанау үйкелісінің күш қозғаушы күшке тең және ол нөл мен максимум мәнің арасында болады.

$$0 \leq F_{\text{тр}} \leq F_{\text{тр}/\text{max}}$$

(дененің сырғанауы болмауының шарты).

**Екінші заң.** Сырғанаудың максимум үйкеліс күші барлық жағдайда үйкеліскен беттердің беттесу ауданына тәуелді болмайды. Бұдан мынадай қорытынды шығады: кезкелген денені қозғау үшін, ол жалпақ жағымен тұрса да, қырынан тұрса да бірдей күш жұмсалады.

**Үшінші заң.** Сырғанау үйкелісінің максимум күші дененің тіреу бетіне түсірілген нормаль қысымның күшіне пропорциональ болады.

$$F_{\text{тр}/\text{max}} = \mu N$$

(дененің сырғанауы бастауының шарты).

$$\bar{N} = -\bar{Q}; \quad N = Q;$$

$\bar{N}$  - тіреу бетінің нормальная реакциясы;

$\bar{Q}$  - осы бетке түсірілген қысым күші.

Өлшемсіз коэффициент  $\mu$  сырғанау үйкелісінің *коэффициенті немесе* 1-текті үйкеліс *коэффициенті деп аталады.*

**Төртінші заң.** Сырғанаудың үйкеліс *коэффициенті материалға және үйкелісетін беттердің физикалық күйіне (тегіс еместік дәрежесі, дымқылдыққа, температураға және басқа шарттарға) тәуелді.*

Әртүрлі шарттарға тәуелді болатын сырғанау үйкеліс коэффициенті эксперимент арқылы тағайындалады.

Кейбір материалдар үшін сырғанау үйкелісінің коэффициентінің мәндері мынадай болады

Мүз үстіндегі болат. . . . .	0,027
Болат үстіндегі болат . . . . .	0,15
Бронза шойынның бойымен. . . . .	0,16
Бронза темірдің бойымен . . . . .	0,19
Тері ремень шойынның бойымен. . . . .	0,28
Емен еменнің бойымен. . . . .	0,54 - 0,62

Үйкеліс күшін былай анықтайды. Бір дененің екінші дененің бетімен қозғалуына қажетті күшті динамометрмен өлшейді, және алынған күштің шамасын дененің салмағына бөледі. Табылған коэффициенттерді физика бойынша анықтамаға қосады. Егер сізге белгілібір тәжірибелік есепті шешу үшін үйкеліс коэффициентінің шамасы қажет болса, оны кестеден алуға болады.

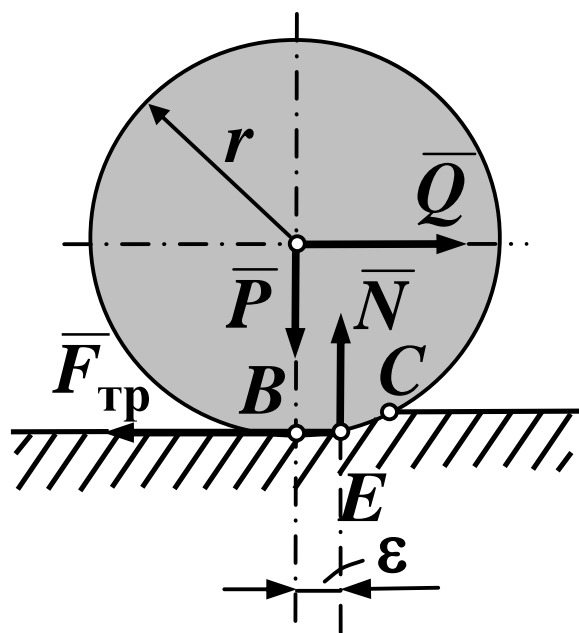
Тек қана онда келтірілген үйкеліс коэффициенттерінің мәндері жуықтап алынғанын естен шығармау керек. Үйкелісетін беттер ластанған болуы мүмкін. Оларды тот басуы, шаң-тозаң басуы және т.б. болуы мүмкін, бұлардың бәрі үйкелістің шамасына әсер етеді. Абсолют таза бет үшін үйкеліс коэффициентінің мәнін алу мүмкін емес. Мысалы, біз екі мыс білеушені тазартып, беттерін тегістеп, майдан тазартып, вакуумде газсыздандырдық және т.с. жасадық делік.

Енді осы екі білеушені беттестірсек, онда олар бір-біріне жабысып, біртұтас металға айналады, өйткені олардың шекарасындағы атомдар бір-біріне араласып кетеді.

Кулон заңы бір дененің екінші дененің бойымен сырғанағанында жуықтап алғанда ғана дұрыс болады. Бұл кезде үйкеліс коэффициенті сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығына тәуелді болады. Көптеген материалдар үшін ол осы жылдамдық ұлғайған кезде азаяды. Жуықтап алынған техникалық есептеулерде әдетте сырғанау үйкеліс коэффициенті дененің сырғанағандағы салыстырмалы жылдамдығына тәуелді болмайды.

Егер қарастырылған дене цилиндр каток пішіндес болса және активті күштің әсерінен басқа дененің бетімен домаласа, онда осы денелердің беттерінің деформациясының әсерінен, олардың беттескен жерлерінде реакция күштері пайда болады, олар өз кезегінде сырғанауға да, домалауға да кедергі жасайды. Домалау үйкелісі кезінде мұз айдыны оның алдында пайда болған кішігірім қыратқа көтеріліп шығуға мәжбүр болады. Осындай мұз айдындардың мысалдарды ретінде әртүрлі доңғалақтар, мысалы, локомотивтердің, электровоздардың, вагондардың, автомашиналардың және т.б. доңғалақтары мысал бола алады. Жол қатты болған сайын, домалау үйкелісі де аз болады. Сондықтан автомобиль және мотоцикл жарыстарына арналған жолдарды әдетте кеуіп қалған тұзды көлдердің орнына салады, ондай жердің беті өте қатты болады. Салмағы  $P$  болатын, горизонталь жазықтықта тұрған мұз айдынның осіне горизонталь  $Q$  күші түсірілген делік. Мұз айдынның жазықтықпен беттесуі деформацияның салдарынан абсолют қатты денелердегідей, бір ғана цилиндрді жасаушының бойымен ғана өтпейді, ол белгілібір  $BC$  ауданның бойымен өтеді. Мұз айдынның тепе-теңдік шартынан мыналарды аламыз:

$$Q - F_{\text{тр}} = 0; \quad N - P = 0; \quad N\varepsilon - Qr = 0;$$



Сурет11-

Домалау үйкеліс күштерін анықтау

Мұз айдынға теңестірілген екі қос күш әсер етеді ( $Q$  және  $F_{\text{тр}}$ ) және ( $N$  және  $P$ ). Қос күш ( $Q$  және  $F_{\text{тр}}$ ) мұз айдынды сағат тілінің бағытында қозғауға ұмтылады, ал ( $N$  және  $P$ ) қос күш сағат тіліне қарама-қарсы әсер ете отырып, бұған кедергі жасайды. ( $N$  және  $P$ ) қос күш моментін домалауға кедергі моменті деп атайды. Домалау үйкелісінің мынадай жуықтап алынған заңдары тағайындалған.

**Бірінші заң.** Домалауға кедергі жасайтын күштердің максимал моменті, мұз айдынның радиусына тәуелді болмайды.



**Екінші заң.** Домалауға кедергінің максимал моменті мұз айдынның тіреу жазықтығына нормаль қысымының күшіне пропорционал және ол мұз айдынның тепе-теңдік қалыптан шығу кезінде болады:  $M_{\max} = \delta N$ ;  $\delta = \varepsilon_{\max}$  (мұз айдынның домалай бастауының шарты).

Коэффициент  $\delta$ -ны домалау үйкеліс коэффициенті немесе 2-текті үйкеліс коэффициенті деп атайды. Ол ұзындық өлшемімен өлшенеді.

Домалау үйкелісінің коэффициенті мұз айдынның шекті тепе-теңдігінде домалау кедергісінің қос күшіне тең болады.

**Үшінші заң.** Домалау үйкеліс коэффициенті мұз айдынның материалына, тіреу жазықтығына, сондай-ақ олардың бетінің физикалық күйіне тәуелді. Мұз айдыны домалай бастаған моментте (мұз айдынның тепе-теңдік қалыптан шығуы) мына теңдеулерді жазуға болады (11-суретті қараңыз):

$T = T_{\max}$ ;  $\delta = \varepsilon_{\max}$ ;  $N \delta - T_{\max} r = 0$ ; Осыдан домалауды бастау үшін қажетті максимал күш үшін, мынаны аламыз:  $T_{\max} = N \delta / r$ , яғни, домалаған дененің қозғалысы үшін қажетті күш дененің радиусына кері пропорционал. Сондықтан өтімділігі жоғары автокөліктердің доңғалақтарының диаметрін үлкен етіп жасайды. Домалау үйкелісінің коэффициентін эксперимент арқылы тағайындайды.

Кейбір материалдар үшін домалау үйкеліс коэффициентін келтірейік (см)

Болат каток болаттың үстімен . . . . .	0,005
Ағаш каток болаттың үстімен . . . . .	0,03 – 0,04
Ағаш каток ағаштың үстімен . . . . .	0,05 – 0,08
Вагонның доғалағы рельс бойымен . . . . .	$\approx 0,05$
Резина шина шоссенің үстімен . . . . .	$\approx 0,024$

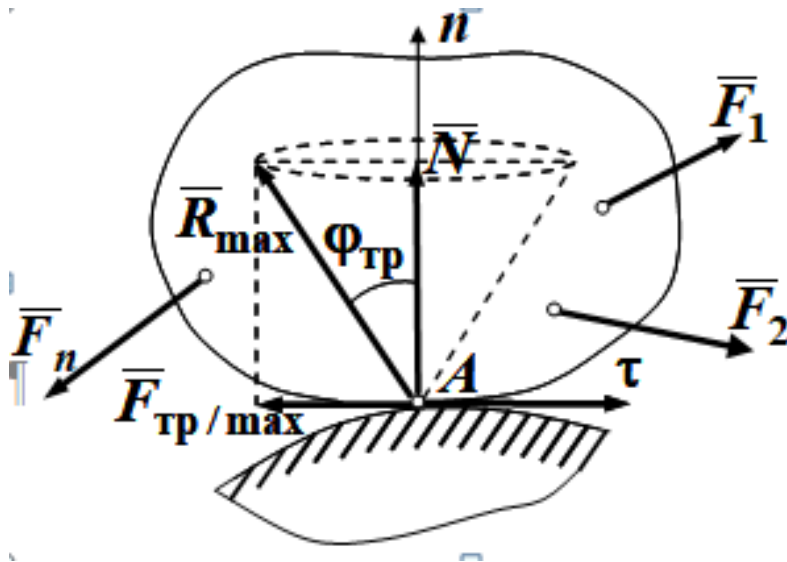
Домалау үйкелісі коэффициентін домалау кезінде мұз айдынның бұрыштық жылдамдығына және оның жазықтық үстінде сырғанауының бұрыштық жылдамдығына тәуелсіз деп есептеуге болдады.

Домалау үйкелісінің заңдары да, сырғанау үйкелісінің заңдары сияқты өте үлкен емес қысымдар үшін және мұз айдыны мен жазықтықтың материалдары өте жеңіл деформацияланатын болмаған жағдайда дұрыс болады.

Дененің сырғанау бастауы үшін және радиусы  $r$  болатын, салмағы  $P$  мұз айдынның горизонталь жазықтықта домалай бастауы үшін  $T_{\max}$  тарту күшін салыстырайық. Аламыз:

Сырғанау үшін -  $T_{\max} = \mu P$ ; тербеліс үшін -  $T_{\max} = P \delta / r$ ;

Әдетте  $\mu \gg \delta / r$ . Осыдан келіп, горизонталь жазықтықтағы салмақтары бірдей денелердің домалай бастауы үшін, олардың сырғанау бастауы үшін едәуір аз күш қажет болады.



Сурет 12-Үйкеліс конусын анықтау

Энергияны үнемдеу тұрғысынан алғанда сырғанауды домалаумен ауыстырған ұтымды болады. Бұдан шамамен 5000 жыл бұрын доңғалақты ойлап табу үйкеліспен күрес жолында адамзаттың қол жеткізген ірі табысы болды.

Реакцияның берілген мәнінде үйкеліс күші өзінің максимал мәніне  $F_{тр} = F_{тр/маx}$  жеткенде, қатты дене активті күштердің әсерінен кедір-бұдыр бетте тұр делік (12-суретті қараңыз). Бұл жағдайда кедір-бұдыр беттің толық реакциясы нормальдан үйкелісетін беттерге жүргізілген жалпы жанамамен  $\varphi = \varphi_{тр}$  ең үлкен бұрышқа ауытқыған. Берілген нормаль реакция кезіндегі ең үлкен үйкеліс күшіне тұрғызылған толық реакция мен нормаль реакцияның арасындағы бұрыш **үйкеліс бұрышы** деп аталады

$$\varphi_{тр} = (\bar{R}_{max}, \bar{N}), \bar{R}_{max} = \bar{F}_{тр/маx} + \bar{N} \quad (10)$$

Суреттен мыналар келіп шығады:

$$tg \varphi_{тр} = \frac{F_{тр/маx}}{N} = f ; F_{тр/маx} = f N \quad (11)$$

Үйкелістің тангенс бұрышы үйкеліс коэффициентіне тең:

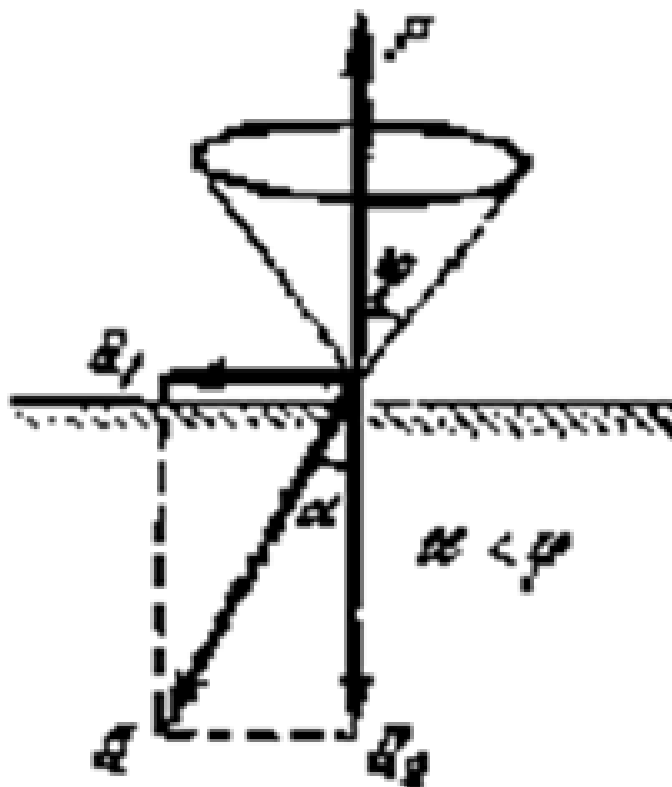
$$tg \varphi_{тр} = f \quad (12)$$

Төбесінде бұдырлы беттің нормаль реакциясының түсу нүктесі бар, жасаушысы осы нормаль реакциямен үйкеліс бұрышын құратын конус, **үйкеліс конусы** деп аталады.

Бұдырлы беттің барлық максимал реакциясы үйкеліс конусының жасаушы бойымен бағытталады.

Егер үйкеліс коэффициенті барлық бағытта бірдей болса, онда үйкеліс конусы дөңгелек болады.

Үйкеліс конусының бір қызығы, онымен шектелген аймақ дененің тепе-теңдік аймағын анықтайды. Егер активті күштердің теңестірушісінің әсерінің сызығы үйкеліс конусының іші арқылы өтсе, онда бұл күш денені ығыстыра алмайды.



Сурет 13- Үйкеліс конусы

Егер активті күштердің теңестірушісінің әсерінің сызығы үйкеліс конусының сырты арқылы өтсе, онда бұл күш денені ығыстыра алады. Енді неліктен осылай болатындығын қарастырып алайық.

Егер  $Q$  күші үйкеліс конусының ішінде әсер етсе, онда ығыстырушы күш  $Q_1 = Q \cdot \sin \alpha$ , (13-суретті қараңыз).

Үйкеліс күшін есептеміз:  $F = kN = kQ \cos \alpha = Q \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi$

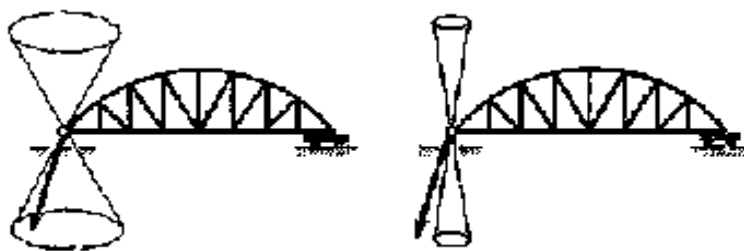
Жүйе әсер етуші күштің құраушысы  $Q_1$  бір денені екінші бір дененің үстінде ұстап тұратындай үйкеліс күшінен артық немесе ең болмағанда оған тең болмағанынша қозғалысқа келмейді.  $Q_1 = Q \sin \alpha$  болғандықтан, беріктілік қоры:

$$F - Q_1 = Q (\cos \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha) = Q \cdot \sin (\varphi - \alpha) / \cos \varphi.$$

Бұдан  $\alpha < \varphi$  болатын кезкелген бұрышта өрнектің оң болатындығы көрініп тұр, ал бұл ығыстырушы күштің үйкеліс күшінен аз екендігін және дененің конустың ішінде әсер ететін  $Q$  үйкеліс күшінің қандай мәнінде де қозғалысқа келмейтіндігін көрсетеді. Бұл күштер  $\alpha = \varphi$  болған кезде бір-біріне тең және тұрақсыз тепе-теңдік күй пайда болады, ал  $\alpha > \varphi$  болғанда теңдеудің оң бөлігі теріс, бұдан келіп  $Q_1 > F$ . Бұл теңсіздік  $Q$  күшінің кезкелген мәнінде бола береді.

Үйкеліс конусын құру өте оңай. Мысалы, бізге шойын плитаға қойылған болат стержень үшін үйкеліс конусын құру керек болсын делік. Анықтамадан болаттың шойын үстіндегі болаттың үйкеліс коэффициентін табамыз. Ол 0,16-ға тең. Осыдан келіп, жасаушысы нормальға  $9^\circ$ -қа еңкейтілген конус құрамыз, өйткені, тангенс  $9^\circ$  шамамен 0,16-ға тең ( $\sin 9^\circ = 0,1584$ ). Үйкеліс коэффициенті үлкен болған сайын үйкеліс конусындағы бұрыш та үлкен және керісінше. Үйкеліс конусын құра білудің маңызы зор.

Бірде Мюнхенде көпір құлады, және бұған кінәлі дауыл емес, үйкеліс конусы болып шықты. Бұл көпірдің бірұшы шарнирдің көмегімен бекітілген, ал екінші ұшы катокқа қойылған еді. Көпірді температура өзгерісі кезінде қисайып кетпес үшін, әрқашанда осылай бекітеді. Шарнир, оны коррозиядан қорғау үшін пастамен толтырылған еді. Жаздың ыстық күні паста балқып кетті де, оның тұтқырлығы кеміді. Үйкелістің сипатыда өзгерді – ол азайды.



С  
урет  
14-  
Үйкелі  
с

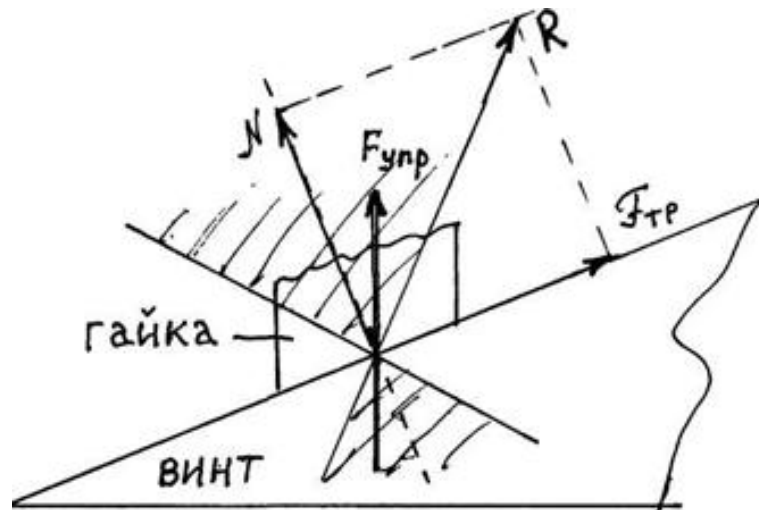
конусынан күштердің шығуына байланысты

Үйкеліс конусы жіңішкерді, және тіреуге қысым күші конустың сыртына шығып кетті. Тепе-теңдік бұзылды, және көпір құлады.

Сол сияқты үйкеліс конусы якорын тастаған корабльге де бір орында тұруға мүмкіндік береді.

Үйкеліске байланысты тағы да бір практикалық мәні бар мысалды қарастырайық.

Горизонталь жазықтықтың бойымен  $P$  ауыр жүкті қозғау үшін, арқанды қандай бұрышпен тартқан дұрыс?



Сурет15- Бұрандалы жұптағы күштер

$P$  күшке әсер ететін барлық күштерді горизонталь және вертикаль бағытқа жіктейміз (суреттегідей). Екі теңдеу аламыз:

$Q \cos \alpha - \mu N = 0$  и  $Q \sin \alpha + N - P = 0$ , осылардан  $Q$  күшін табамыз :

$Q = P \sin \varphi / \cos (\alpha - \varphi)$ . Егер  $\alpha = \varphi$  болса,  $Q$  минимал болатындығын аңғарамыз, яғни үйкеліс бұрышына тең бұрышпен тарту дұрыс. Жазықтық тегіс болған сайын арқанды да ұзынырақ етіп ұстаған дұрыс.

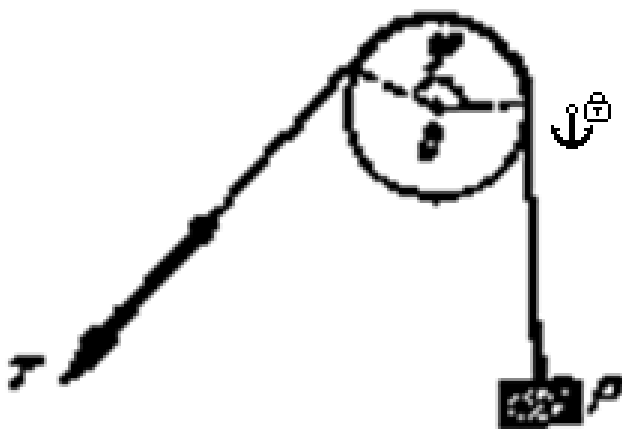
Үйкеліс көлік құралдарын, тежегенде, қолданылады, мысалы шосседегі автомобиль. Үйкелістің арқасында нәрселерді ұстап тұру және бекіту, адамзатқа мүмкін болды. Шеге, шуруп, винт және болттардың көмегімен детальдарды бекіту үйкелістің арқасында болады. Үйкелістің арқасында механикалық энергия ішкі энергияға, яғни жылуға айналады. Бұл техникада үйкеліс арқылы пісіруде қолданылады. Детальдарды бір-біріне қысады да айналдырады, мұнда детальдар үйкелістің әсерінен балқып, бір-біріне жабысады.

Болатты әдетте суару арқылы шынықтырады, оны үйкеліспен де шынықтыруға болады – үйкеліс кезінде оның беті қызады да, тығыздалады. Арнайы инструмент - болат диск (айналушы кескіш), кесуші шеті өңделетін бетке параллель болатын калибрлеуші бөлікке ұласады. Кең калибрлегіш бөлікті заттың бетіне үйкеген кезде заттың бетінде едәуір шыңдалу пайда болады. Сіз белгілі бір жүкті горизонталь қойылған бөренеден асыра тасталған арқанның көмегімен көтереді екенсіз делік (суретті қараңыз).

Егер үйкеліс болмаса, онда жүкті көтергенде жүктің салмағына тең күш жұмсауға тура келер еді.

Бірақ арқан мен бөрененің арасында үйкеліс болғандықтан,  $P$  жүкті көтеру үшін  $T > P$  күш жұмсау керек болады, өйткені жүктің салмағын және бөрененің бетіндегі арқанның үйкеліс күшін жеңу қажет. Практикада домалау үйкелісі сырғанау үйкелісінен кіші болғандықтан, бөренені қозғалмайтын осьте айналатын блокпен ауыстырады. Бұл үйкеліс күші жүкті көтеруге кедергі жасайды, бірақ  $P$  жүкті көтеріп ұстап тұру қажет болса, онда  $T$  күшімен қатар

үйкеліс күші де көмекке келеді. Ньютонның үшінші заңына сәйкес, арқанға түсірілген үйкеліс күші, өзіне тең және бағыты жағынан қарама қарсы, бөренеге түсетін, күшті туғызады. Бұл күш бөренені өз осінен айналуға мәжбүрлейді.



Сурет 16-Эйлер теңдеуіне түсінік

$P$  жүкті көтеруге қажет  $T$  күші Эйлер формуласымен есептеледі:

$$T = Pe^{\mu\varphi}$$

Мұнда  $e$  — натураль логарифмнің негізі,  $\mu$  — үйкеліс коэффициенті, ал  $\varphi$  — радианмен өрнектелген арқанның блокты қармау бұрышы. Ілінген жүкті ұстап тұру үшін қандай күш керек екенін есептейік. Қандай да бір механизмнің көмегімен салмағы 10 тонна жүкті ұстап тұру қажет болсын делік. Жүкті темір трубадан асыра тасталған арқанда ұстап тұрайық. Арқанның темір трубаға үйкеліс коэффициенті 0,35-ке тең.

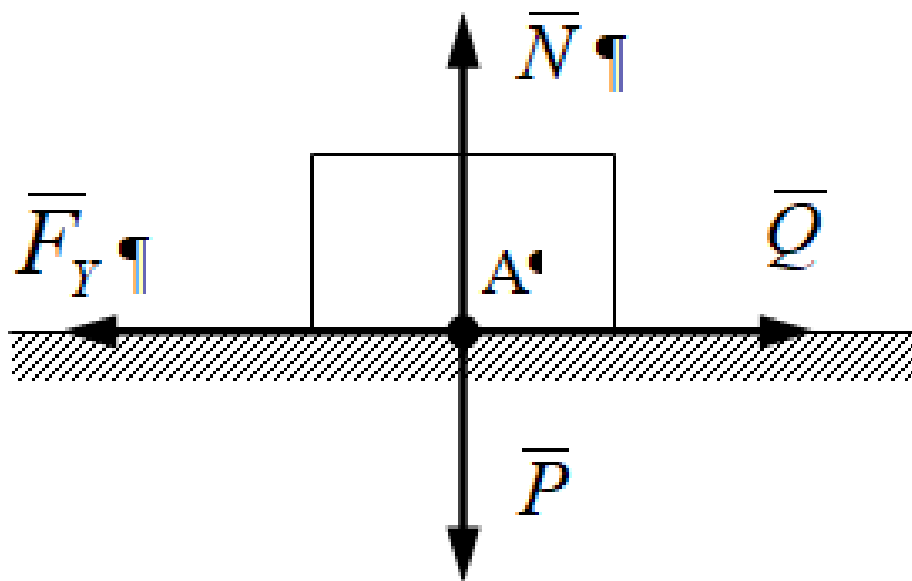
Біз арқанды трубаны айналдыра үш рет орадық дейік. Сонда арқанның трубаны қармау бұрышы  $\varphi = 3 \cdot 2\pi = 6\pi$ .  $T$ ,  $\mu$  және  $\varphi$  мәндерін Эйлер формуласына қойып,  $10000 = P \cdot 2,72^{0,35 \cdot 6\pi}$  теңдеуін аламыз, осыдан  $P$  күшін табамыз. Ол шамамен 15 кг-ға тең болады. Осыдан келіп, 10 тонна ілінген жүкті ұстап тұру үшін, біз арқанды небәрі 15-ке тең күшпен ұстап тұруымыз керек. Қалған 9985 кг үйкеліс күші арқылы ұсталады. Бұл жұмыспен жасөспірім бала да айналыса алады.

Дөңгелек нәрсені айналдыра оралған арқанның үйкеліс күшін кемелерді байлап қою үшін қолданылады.

*Сырғанау үйкелісі.* Теориялық механика есептерін шешу кезінде денелер абсолют қатты дене және олардың беттері жылтыр бет деп қарастырылатыны бізге белгілі. Бұл жағдайда бір дененің онымен жанасатын екінші денеге қысымы жанасу беттеріне жүргізілген нормаль бойымен бағытталады деп есептеуге болады.

Енді  $A$  денесінің қозғалмайтын бет үстінде (17-сурет) болатын қозғалысын қарастырайық. Денелердің жанасушы беттерін қаншама тегістеп өндесек те олардың беті көптеген ұсақ кедір-бұдырларға, бүртіктерге толы болады. Дене  $\vec{Q}$  күшінің әсерінен қозғала бастаған кезде осы аталған бүртікшелер мен кедір-

бұдырлардың әсерінен қозғалысқа қарама-қарсы бағытта кедергі күш пайда болады. Осылайша пайда болған кедергі күші  $\overline{F}_Y$  үйкеліс күші деп аталады.



Сурет 17- Үйкеліс күші

Үйкеліс күшінің максимум шамасы статикалық үйкеліс коэффициенті мен нормаль қысымның немесе нормаль реакцияның көбейтіндісіне тең болады:

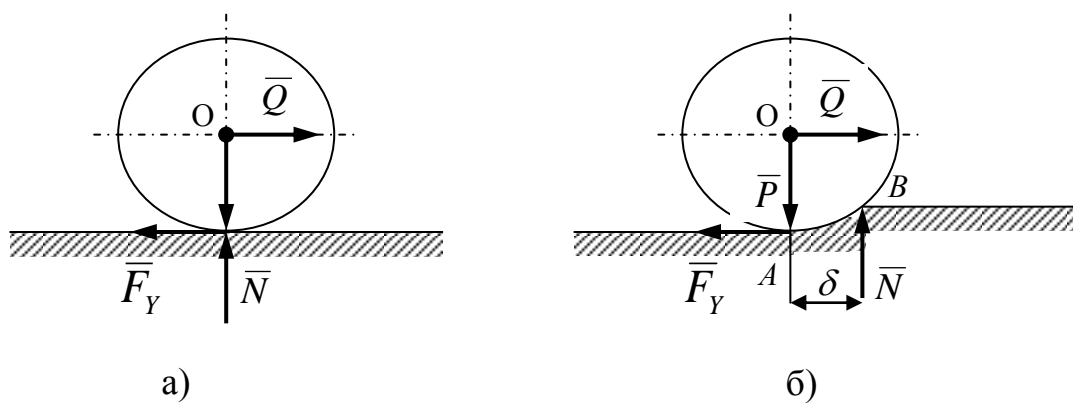
$$\overline{F}_Y = fN \quad (13)$$

Мұнда  $f$  тыныштықтағы сырғанау үйкеліс коэффициенті. Бұл коэффициенттің шамасын тәжірибелер жасап қана анықтауға болады және оның мәні үйкелесетін денелердің материалына және жанасушы беттердің өңделуіне, физикалық күйіне тәуілді.

*Домалау үйкелісі.* Бір дене екінші бір дененің бетімен домалаған кезде болатын кедергіні домалау үйкелісі деп айтады.

Салмағы  $\overline{P}$ -ға тең радиусы  $R$  цилиндрлік мұз айдыны жылтыр емес горизонталь жазықтықта орналасып, онымен  $A$  нүктесінде жанассын делік. Мұз айдыны осіне горизонталь бағытталған  $\overline{Q}$  күші әсер етеді (18, а-сурет). Онда  $A$  нүктесінде шамасы  $\overline{Q}$  күшіне тең  $\overline{F}_Y$  үйкеліс күші пайда болады. Осы күш мұз айдынының бет үстімен сырғуын шектейді. Егер беттің  $\overline{N}$  нормаль реакциясы  $A$  нүктесінде түсірілетін болса, онда ол  $\overline{P}$  күшімен теңеседі де, ал  $\overline{Q}$  және  $\overline{F}_Y$  күштері цилиндрді домалатуға тырысатын қос күш жүйесін құрайды. Осындай жағдайда  $\overline{Q}$  күшінің кез келген аз мәнінде мұз айдыны домалаған болар еді. Нақты жағдайда бұлай болмайды. Өйткені  $\overline{P}$  және  $\overline{Q}$  күштерінің әсерінен мұз айдыны тарапынан бетке әсер ететін қысым күштері бетті  $AB$  жанасу ауданында (18, б-

сурет) деформациялайды. Осы қысым күштерінің қарқындылығы (интенсивтілігі) жанасу ауданының  $A$  шетінде азая бастап  $B$  шетіне жақындаған сайын өсе береді.



Сурет18- Домалау үйкелісі

Соның нәтижесінде  $\bar{N}$  нормаль реакциясының түсу нүктесі  $A$  нүктесінен  $B$  нүктесінің бағытында ығысады.  $\bar{Q}$  күшінің шамасы өскен сайын осы ығысу бір шекті  $\delta$  мәніне дейін өседі. Сонымен шекті жағдайда мұз айдынын домалатуға тырысатын моменті  $M_1 = QR$ -ге тең  $(\bar{Q}, \bar{F}_Y)$  қос күші мен мұз айдынның домалауына кедергі жасайтын моменті  $M_2 = N\delta$  - ге тең  $(\bar{N}, \bar{P})$  қос күші әсер етеді. Осы моменттердің өзара теңдігінен,  $\bar{Q}$  күшінің мұз айдыны тепе-теңдікте болған жағдайдағы шамасы  $Q = N\delta / R$ .

$Q > N\delta / R$  жағдайда мұз айдыны домалай бастайды.  $\delta$  - домалау үйкелісінің коэффициенті деп аталады. Өлшемі жоқ  $f$  сырғанау үйкеліс коэффициентімен салыстырғанда, домалау үйкелісі коэффициентінің ұзындық өлшемі бар.  $\delta$  коэффициентінің мәні жанасушы денелердің материалдарының қасиеттеріне байланысты. Мысал үшін осы коэффициенттің кейбір материалдар үшін мәндерін келтірейік.

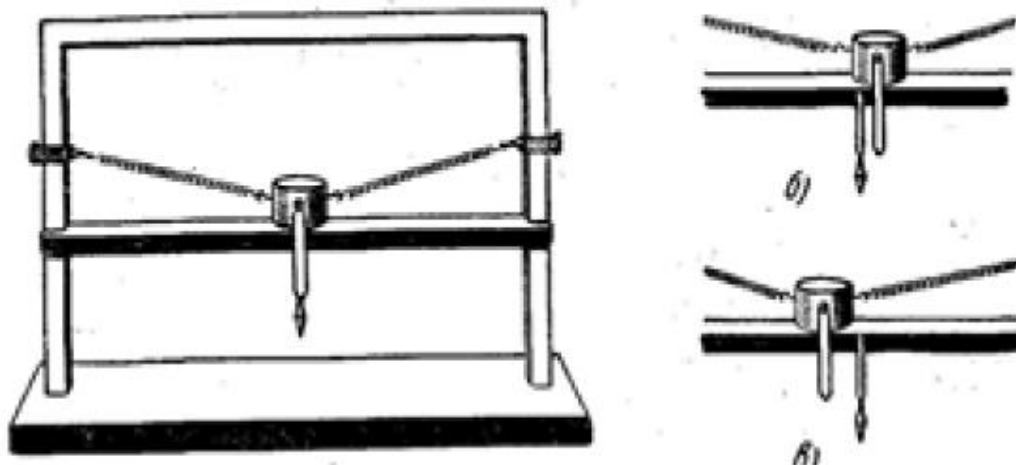
Ағаш мұз айдыны бетімен домалағанда  $\delta = 0,05, \dots, 0,08 \text{ см}$ . Болат мұз айдыны болаттың бетімен домалағанда  $\delta = 0,005 \text{ см}$ . Жүк машиналар дөңгелектері қатты тас жол бетімен домалағанда  $\delta = 0,24 \text{ см}$ .

#### 1.4 Көлік құралдарының қозғалысының физикасы. Үйкеліс күштерін өлшеу.

Әсер етуші күш беттесетін беттердің сырғанауын қамтамасыз ететін жағдайлардың барлығында тыныштық үйкеліс күшінің болу салдарынан қозғалысты болдыру үшін де күш керек болады. Бірқатар жағдайларда, мысалы, әртүрлі өлшеу құралдарында маңызды рөл атқарады. Көптеген өлшегіш құралдардың жұмысы тілшенің не басқа көрсеткіштің белгілі-бір күштердің әсерінен ығысуына негізделген. Көрсеткіштің ығысуын өлшей отырып, біз осы



ығысуды туғызған күшті анықтаймыз, және сол бойынша өлшенетін шаманы (қысым, үдеу, ток күші және т. б.). білеміз. Бірақ көрсеткіштің қозғалысы әдеттегі техникалық құралдарда сырғанау арқылы болады. Құралдың тілшесінің осі әдетте подшипниктерде бекітіледі және тілшенің айналуы подшипниктегі осьтің сырғанауымен байланысты.



Сурет 19-Тоқырау құбылысын көрсетуге арналған қондырғы

Тілшенің қозғалысы тек қана тілшеге әсер етуші күш (біздің өлшегіміз келіп отырған күш) подшипниктегі максимал тыныштық үйкеліс күшінен артық болғанда басталады. Тыныштықтағы үйкеліс күші сыртқы күшке тең кез-келген мәнге ие бола алатындықтан осы момент сырғанаған денелердің салыстырмалы қозғалысының кез-келген жағдайында болуы мүмкін. Бұл құбылыс тоқырау құбылысы деп аталады, тілше ше подшипникке бекітілген.

Тоқырау құбылысы тек қана құралдың сезгіштігіне ғана емес, сонымен қатар ол оның көрсетуіне де әсерін тигізеді. Егер тыныштық үйкелісі болмаса, онда тілше әрбір рет сыртқы күш пен тілшені орнына қайтаратын серпімді күш бір-біріне тең болатын орынға барып тұра еді.

Бірақ тыныштық үйкеліс күші жеткілікті түрде кең интервалда кез-келген мәнді қабылдайды, сондықтан тілше нақ осы орынға барып тұра алмайды, ол осы орынға жақындап барып тоқтайды.

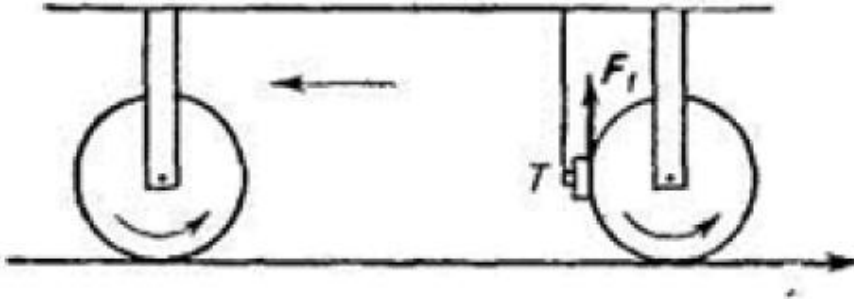
Сонымен қатар үйкеліс күші мотордың тарапынан болатын  $M$ , айналдырушы моментіне қарама-қарсы доңғалақтардың осіне қатысты айналдыру моментін туғызады. Осы айналдырушы моментті тарту күші деп аталатын күш туғызады.

Доңғалақтардың бұрыштық үдеуі осы күш моменттерінің айырымымен анықталады, яғни  $I \cdot d\omega/dt = M - Fr$ , мұндағы  $I$ - доңғалақтардың инерция моменті,  $r$ - олардың радиусы. Доңғалақтардың сырғанауын болдырмас үшін, мынадай қатынас орындалуы қажет:  $r \cdot d\omega/dt = a$ . Сондықтан сырғанау болмаған кезде көлік құралдарының қозғалысы мына теңдеулермен анықталады:  $ma = F; Ia = M - Fr$ .

осыдан  $m(1 + I/mr)a = M/r;$

$$F = M/r * 1/ 1 + I/mr^2 \quad (14)$$

Әдетте доңғалақтардың массасы барлық көлік құралдарының массасымен салыстырғанда өте аз болғандықтан  $I \ll mr^2$  және жуықтап алғанда  $F \approx M/r$ .



Сурет 20- Тежеу күшінің пайда болуы

Енді двигательге қосылмаған және тежеу қалыбымен жабдықталмаған, экипаждың басқа доңғалақтарына әсер ететін үйкеліс күштерінің қандай рөл атқаратынын анықтайық. Доңғалақтардың екінші жұбына (20-суретті қараңыз) доңғалақ айналатын осьтің тарапынан үйкеліс күші әсер етсін делік. Егер тек қана осы үйкеліс күші әсер етсе, онда көлік құралы қозғалғанда доңғалақтар айналмас еді, доңғалақтардың жол бойымен алға қарай сырғанауы ғана болар еді. Сондықтан жол тарапынан доңғалақтарға тыныштық үйкеліс күші  $F_T$  әсер ете бастайды, ол сырғанауға кедергі жасайды.  $F_T$  күші әрқашанда сырғанау пайда болмайтындай мәнге ие болатындықтан, бұл күш осьтердегі үйкеліс күші үлкен болған сайын ұлғая түседі. (Егер доңғалақтардың инерция моментін ескермесе, онда  $F_T$  күшінің моменті барлық уақытта осьтегі үйкеліс күші моментіне тең болады.) Бірақ  $F_T$  күші кері бағытталған және көлік құралының үдеуін азайтады. Осы жағдайдағы көлік құралының үдеуі  $ma = F - F_T$  теңдеуімен анықталады. Мұндағы  $F$  күші двигательдің тарапынан доңғалақтарға түсетін күш.

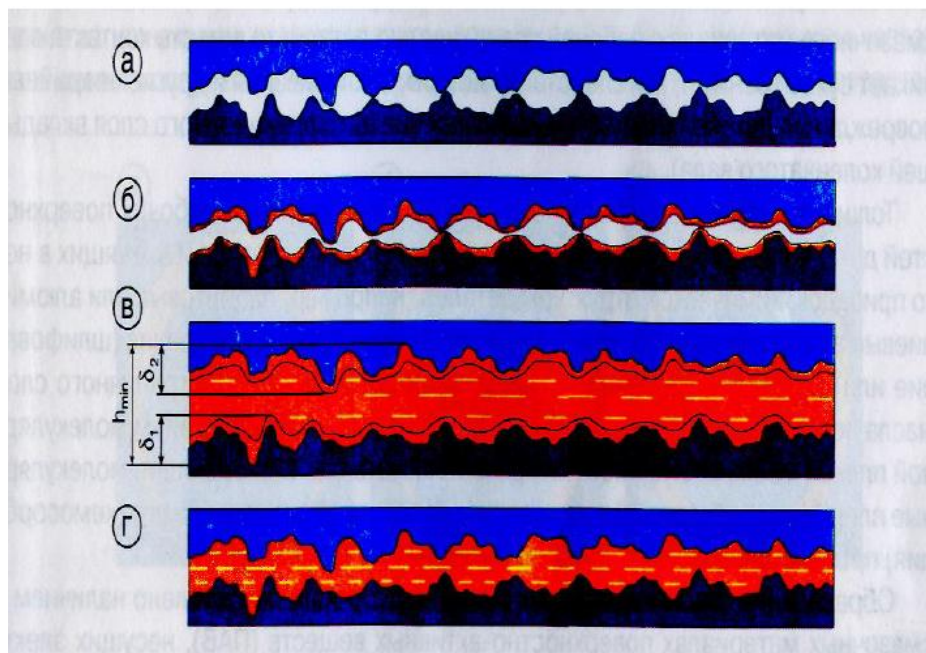
## 1.5 Үйкеліс күшінің өзгеруі. Сұйық үйкеліс. Майлау материалдарын қолдану физикасы. Сұйық және қатты майлау.

Үйкелісетін беттердің күйіне қарай үйкелісті бірнеше типке бөледі:

*Құрғақ үйкеліс.* Құрғақ үйкеліс екі тазартылған және кептірілген қатты денелердің бір-бірімен табиғи контактісі кездегі өзара салыстырмалы қозғалысы кезінде байқалады. «Табиғи контакт» деп беттері жақсы тазартылған тікелей және тығыз тақалған денелердің беттесуін айтады. Құрғақ үйкелісті байқау үшін жуғыш құралдар мен еріткіштерді қолданып барлық майлы ластардан тазартады. Одан кейін дәндері ең ұсақ наждақ қағазымен май емес ластарды түсіреді. Екі рет өткізілген спиртке немесе эфирде үлгілер инерттік атмосферада немесе таза ауада кептіріледі. Осылай тазартылған және кептірілген беттер құрғақ үйкеліс шартына сәйкес келеді. Мұнда ең негізгісі құрғақ үйкелістің статикалық коэффициент ұғымы болып табылады (тыныштықтағы үйкеліс коэффициенті). Бұл коэффициент  $\mu$  былай өрнектеледі:

$$\mu = F/N \quad (15)$$

мұндағы  $F$  – максимал үйкеліс күші (статикалық үйкелістің кезеңдік күші), ал  $N$  – олардың контактілік бетінің нормаль қысымының күші (нормаль күш).



Сурет 21- Майлау материалының болуы бойынша үйкеліс түрлері:

- а - майлаусыз үйкеліс (құрғақ үйкеліс);
- б-шекаралық үйкеліс;
- в - сұйық үйкеліс;
- г-аралас үйкеліс

Үйкелістің статикалық коэффициентікөлбеу жазықтық бойымен үлгіні сырғанау әдісі арқылы анықталады. Көлбеу жазықтықтың  $\alpha$  бұрышын бірте-бірте үлгі төмен қарай сырғанағанша ұлғайта береді,  $\alpha$  – сырғанау басталған кездегі бұрыш.

*Шекаралық үйкеліс.* Шекаралық үйкелісті зерттеуге арналған үлгі құрғақ үйкелістегідей жағдайда дайындалады. Бірақ тазартқаннан және кептіргеннен кейін оның бетіне молекулалық құрылымы белгілі және физика-химиялық қасиеттері белгілі таза майлағыш материалдың жұқа пленкасын жағады. Майлауға қолайлы ең жұқа пленка қалыңдығы бір молекуладай болатын пленка болып табылады. Сондықтан шекаралық үйкелісті лабораториялық зерттеуде әдетте үйкелісетін беттері мономолекулалы қабатпен жабылған денелер қолданылады.

Қабықшаның (пленканың) қалыңдығы бірінші кезекте беттің жалпы пішінімен және кедір-бұдырлығымен анықталады. Механикалық өңдеудің ең жетілдірілген әдістерінің өзі абсолют тегіс бетті бермейді. Практикада жазықтықта жатқан үлгінің салмағы үлгінің барлық жерінде бірдей болмайды, ол үлгінің екі бетіндегі көптеген микробұдырлардың орналасуына байланысты болады.

Эксперимент көрсеткендей, шын контактының ауданы үлгінің ауданынан мың еседей кіші болуы мүмкін. Зерттелетін үлгі мен жазықтықтың арасындағы қалыңдығы бұдырлардың максимал биіктігінен біршама үлкен майлағыш пленка, үйкелісетін екі бетті толығынан бөліп тұрады. Жоғары класты тазарту арқылы өңделген беттер үшін, бұл шарт пленканың қалыңдығы 50-70 мкм болғанда орындалады, және мұнда контактылық жұп гидродинамика заңына сәйкес зерттеледі. Дегенмен шекаралық үйкеліс режимінде майлау пленкасы үйкелісетін беттердің арасын ажыратып тұратындай ғана жұқа болуы керек.

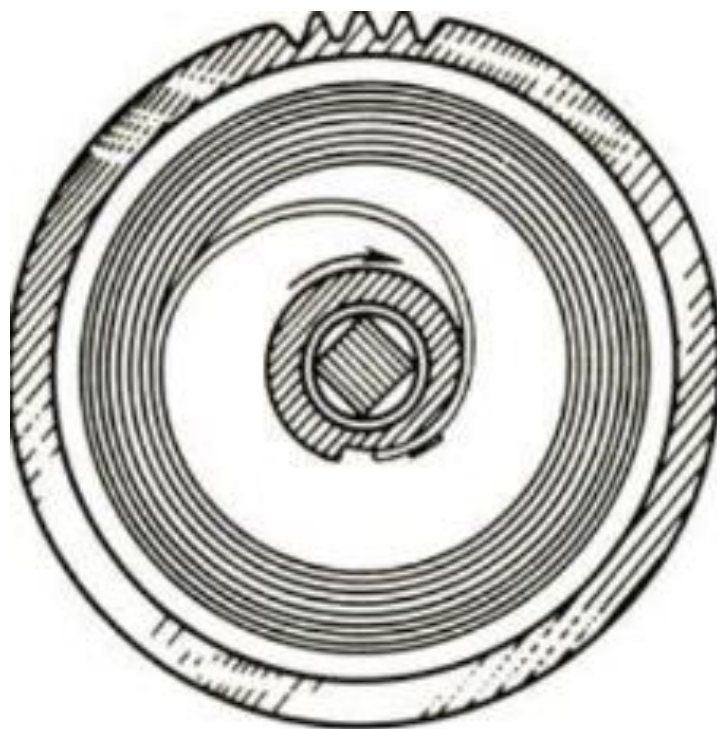
Екі беттің ең биік дөңестігі қозғалыс кезінде бір-біріне тиіседі. Мұнда локальдық контактылық қысым өте үлкен болып, осыдан барыпматериалдың деформациялануының болуы мүмкін. Деформацияның микробөліктерінде энергияның бөлінуі өте үлкен болып, материалдың жоғарытемпературалық жарқыл шығаруы мүмкін.

## 2 Механикалық энергия. Тербелістер.

### 2.1 Механикалық энергия және оны аккумуляциялау әдістері.

Серіппе потенциалдық типтегі осындай жинағыштарға жатады. Меншікті энергиясы аз серпімді элементтері бар осындай механикалық жинағыштар өте ертеден бері қолданылады. Ертеде иілген ағашты жіппен байлап жасалған садақ жебені алысқа ату үшін қолданылды. Мұнда энергия жіпті созып тарту арқылы жинақталды. Әрине мұнда садақты жасауға неғұрлым серпімді материалдар, тіпті бұғының мүйізіде қолданылды. Мұндай материалдардың меншікті энергиясы үлкен болды.

Серпімді элементтер деп күш түсіргенде деформациялану қабілеті бар детальдарды айтады. Серіппелер, мембраналар, сальфондар және т.б. серпімді элементтер әртүрлі пішінді қабылдай алады. Сальфон – қабырғасы жұқа, беті гофрленген түтікше. Серпімді элементтердің атқаратын міндеттері әртүрлі, олардың бәрін бір дәріс көлеміне сиғызу мүмкін емес. Біз оларды тек энергия жинау тұрғысынан қарастырамыз.



Сурет 22- Серіппелі энергияны сақтау әдісі

Серіппені қысып немесе садақты тартып, біз оларда энергия қорын жасаймыз. Бұл энергия кейін белгілі бір қажеттілік үшін босатылады. Садақтың жібін тартқанда біз энергияны жинадық, жіпті босатқан кезде ол энергия жебені қозғалысқа келтіреді.

Басқа мысалды қарастырайық: басқару жүйесінде ішінде сығылған газ бар баллон түріндегі аккумуляторлар қолданылады. Газ, серіппе сияқты. Егер оны алдымен сықса, онда ол ұлғайған кезде жұмыс атқарады. Мұндай аккумуляторларды пневматикалық деп атайды.

Гидравликалық аккумуляторлар, серпімділік күшін қолданатын аккумуляторлардың бір түрі болып табылады. Мұнда насос ардан жоғары қысымда сұйық жиналады да, олар қажет кезінде босатылып жұмыс істейді.



Сурет 23- Қысым аккумуляторы

**МАХОВИКТІК АККУМУЛЯТОРЛАР.** *Маховиктер – механикалық айналу энергиясын жинайтын ең жетілген инерциялық аккумуляторлар болып табылады. Практикада маховиктер аккумулятор ретінде бірнеше дүркін қолданылды.*

*Мысалы 1860 жылы Россия өнертапқышы, инженер-поручик З. Шуберский қуатты маховиктерді теміржол көлігінде қолдану жөніндегі идеясын жариялады, көліктің жаңа түрін «маховоз» деп атады.*

## 2.2 Техникадағы тербелістер.

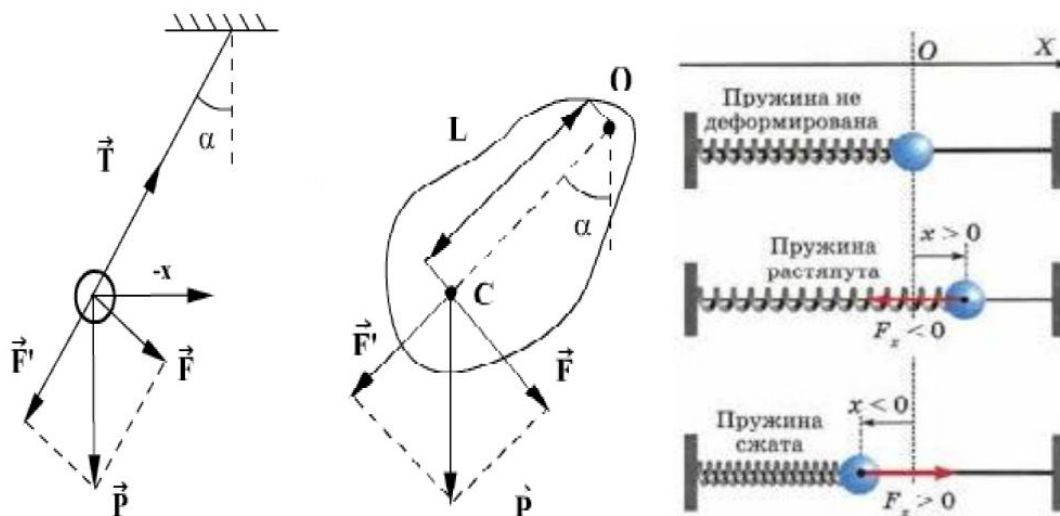
Қайталаудың белгілібір дәрежесімен ерекшеленетін процестерді тербеліс деп атайды. Маятниктің тербелісі кезінде оның вертикаль қалыптан бір немесе келесі жағына ауытқуы қайталаанады. Серіппелі маятник кезінде – серіппеге ілінген жүктің белгілібір ортаңғы орыннан жоғары және төмен қарай ауытқуы қайталаанады.  $C$  сыйымдылығы және  $L$  индуктивтілігі бар электр контурындағы тербеліс кезінде конденсатордың әрбір астарында  $q$  зарядтың шамасы және таңбасы қайталаанады.

Маятниктің тербелу себебі мынадай:

- 1) ауырлық күші ауытқыған маятникті тепе-теңдік қалыпқа әкеледі;
- 2) тепе-теңдік қалыпқа келгеннен кейін маятник, жылдамдығы бар болғандықтан, инерциясымен қозғала отырып, тепе-теңдік қалыптан бұрынғы жағынан қарама-қарсы жаққа ауытқиды.

Жүктің тербелу себебі мынадай:

- 1) сығылған немесе созылған серіппенің серпімді күші жүкті тепе-теңдік қалыпқа әкеледі;
- 2) тепе-теңдік қалыпқа келгеннен кейін жүк инерциясымен бұл қалыптан өтіп кетеді. Осындай қайталағыштық қасиет тербелген сағат маятникінде, домбыраның тербелген шегінде, акмертонның аяқтарында, радиоқабылдағыштың контурындағы конденсатор астарларында және т.б. болады.



Сурет24- Математикалық, физикалық және серіппелі маятник

Физика мен техникадаөзінің физикалық табиғаты жағынан, қайталануының сипаты мен дәрежесі жағынан, күйлерінің ауысу жылдамдығы жағынан, пайда болу механизмі жағынан алуан түрлі болып келетін тербелістерді қарастырады.

Физикалық табиғаты жағынан тербелістерді былай бөлуге болады:

а) механикалық, мысалы, маятниктің, көпірдің, толқындағы кемеңің, домбырадағы шектің; серпімді толқын таралғандағы ауаның тығыздығы мен қысымының, мысалы, естілетін дыбыстың;

б) электромагниттік, мысалы тербелмелі контурдағы, көлемдік резонатордағы, толқын жетектегіштердегі тербелістер, радиотолқындардағы, көрінетін жарық толқынындағы және басқа электромагниттік толқындардағы электр және магнит өрістерінің кернеуліктерінің тербелістері;

в) электромеханикалық (телефон мембранасының, ультрадыбыстың пьезокварцтік немесе магнитострикциялық сәулелендіргіштерінің тербелістері);

г) химиялық (периодтық химиялық реакция кезіндегі реакцияға түсетін заттардың концентрациясының тербелістері);

д) термодинамикалық (мысалы, әндеткіш жалын деп аталатындар) және басқалар.

Осылайша, тербеліс физикалық құбылыстар мен техникалық процестердің орасан зор аймағын қамтиды. Тербелістер кеме жасауда, ұшақ жасауда, электротехникада, автоматты реттеу техникасында ең маңызды орын алады. Барлық радиотехника және техникалық акустика соларға негізделген. Тербелістер сондай-ақ, метеорологияда, химияда, физиологияда (мысалы, жүректің соғуы) және бірқатар табиғаттану ғылымдарында кездеседі.

Осы оқу құралында механикалық тербелістер қарастырылады. Біздің айналамыздағы болып жатқан механикалық қозғалыстардың ішінде қайталанатын қозғалыстар жиі кездеседі. Кез-келген бірқалыпты айналмалы қозғалыс қайталанатын қозғалыс болып табылады. Әрбір айналым сайын бірқалыпты айналған дененің әрбір нүктесі, бұрынғы ретпен және бұрынғы жылдамдықпен бұрынғы айналыс жасаған кездегі орындарда өтеді. Іс жүзінде әрқашанда және әрбір жағдайда қайталау өте бірдей болмайды. Бір жағдайда жаңа цикл алдындағы циклды өте дәл қайталайды, басқа жағдайларда бірінен кейін бірі болатын циклдардың арасында аздаған айырмашылық болуы мүмкін.

Кейде өте дәл қайталаудан ауытқу өте аз болады да, оны ескермеуге болады және қозғалысты дәл қайталады, яғни периодты деп есептеуге болады. Периодты деп әрбір циклы, кез-келген басқа циклды дәл қайталайтын қозғалысты айтады.

Кинематика тұрғысынан қарағанда тербелістердің кейбір маңызды түрін бөліп қарастыруға болады, мұнда тербелетін  $s$  шаманың физикалық табиғаты кез-келген болуы мүмкін (қатты дененің механикалық ығысуы, газдың тығыздалуы, ток күші және т.б.), периодтық тербелістің жалпы жағдайын түсіндіреді, мұнда  $s$  шаманың әрбір мәні  $t = T$  болатын бірдей уақыт аралығы өткен сайын шексіз рет қайталайды:

$$s(t+T) = s(t). \quad (-\infty < t < \infty).$$

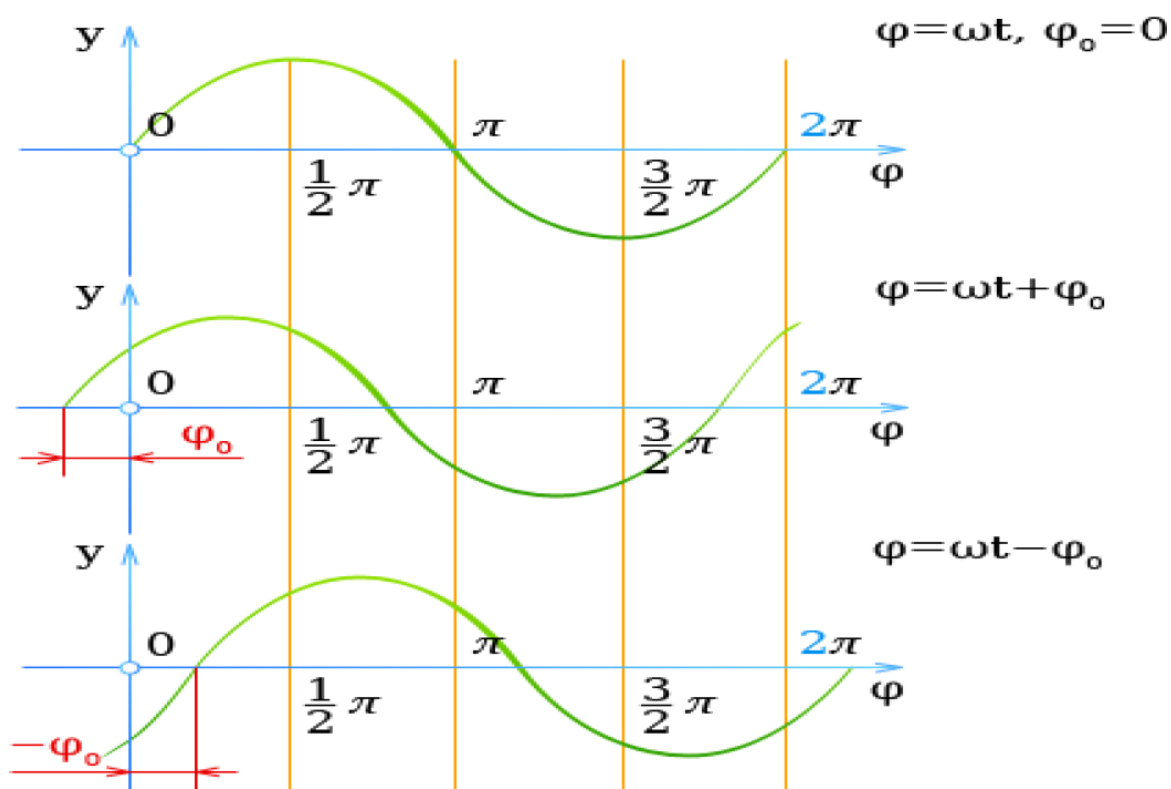
$T$  период деп аталады. Бірлік уақыт ішіндегі тербеліс саны:  $n = 1/T$  тербеліс жиілігі деп аталады. Тік бұрышты, аратәрізді, синусоидаль (немесе гармониялық) тербелістер, периодтық тербелістердің жеке жағдайлары болып табылады. Соңғы жағдайда  $s = A \cos(\omega t - \varphi)$ , мұндағы  $A$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$  — тұрақты шамалар.  $A$  шамасы



( $\omega$  шамасының максималды мәні) амплитуда деп аталады. Аргумент  $2\pi$ -ға өскен кезде  $\cos(\omega t - \varphi)$  қайталанатындықтан,  $\omega T = 2\pi$  болады, және осыдан келіп,

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi n.$$

$\Omega$  шамасы дөңгелектік, немесе циклдік жиілік деп аталады, ол  $2\pi$  бірлік уақыт ішіндегі тербеліс санына тең. Уақыт функциясы  $\omega t$  - тербеліс фазасы деп аталады, тұрақты  $\varphi$  шамасы – бастапқы фаза деп аталады.



Сурет 25-Тербеліс фазасы ұғымына

Табиғатта, және әсіресе техникада, тербелмелі жүйелер, яғни өздігінен периодтық қозғалысты жасауға қабілетті денелер мен қондырғылар, төтенше үлкен роль атқарады. «Өздігінен» дегеніміз, бұл осындай қозғалысқа сыртқы периодты күштердің әсері болмаған кездегі қозғалысты айтады. Мұндай тербелістер еркін тербелістер деп аталады.

Барлық тербелмелі жүйелерге мынадай бірқатар жалпы қасиеттер тән:

1. Әрбір тербелмелі жүйенің тепе-теңдік тұрақты күйі болады.
2. Егер тербелмелі жүйені тұрақты тепе-теңдік күйден ауытқытса, онда жүйені қайтадан тұрақты күйге қайтаратын күштер пайда болады.
3. Тұрақты күйге қайтып келген тербелмелі дене бірден тоқтай алмайды.

Үйкелісі жоқ идеал тербелмелі жүйелердегі еркін тербеліс динамикасын қарастырайық. Серіппелі маятниктегі шарды тепе-теңдік жағдайдан ауытқытайық. Бұл жағдайда шарға тепе-теңдік жағдайға қарай бағытталған,

қайтарушы күш әсер етеді. Оның проекциясы  $x$  ығысу таңбасына қарама-қарсы болады.

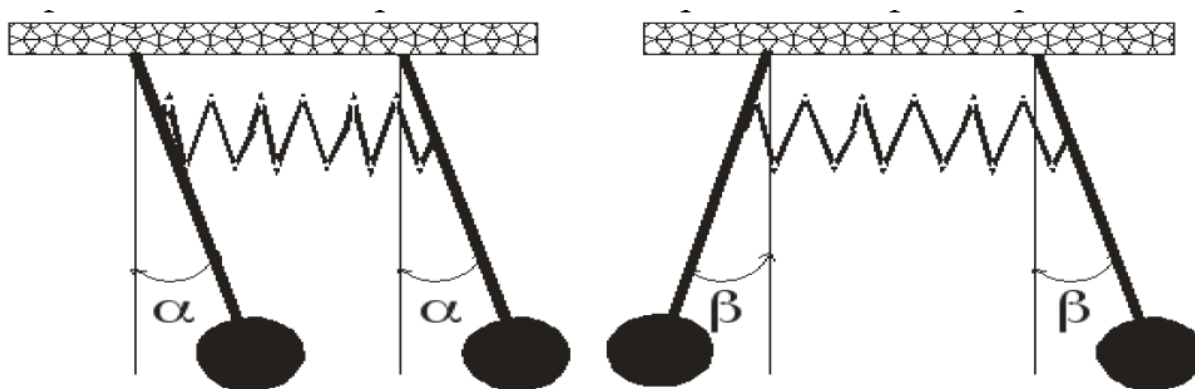
Математикалық маятник жағдайында да істің түрі осындай болады. Маятникті тепе-теңдік қалыптан шығарамыз. Бұл жағдайда ауырлық күші мен жіптің серпімділік күші тепе-теңдік жағдайына қарай бағытталған. Өзінің қасиеті жағынан математикалық маятникке жақын маятниктің тербеліс периоды маятниктің массасына тәуелді болмайды.

Маятникті конустық бет жасай тербетейік. Бұл жағдайда маятниктің шаригі шеңбер бойынша қозғалады.

**Фазалар ығысуы.** Бірдей екі маятник алып, оларды бір жаққа және вертикальдан бірдей бұрышқа ауытқытайық. Егер оларды жіберсек, онда біз амплитудалары және жиіліктері бірдей екі гармониялық тербелістерді аламыз. Егер біз оларды бірінен кейін бірін жіберсек, онда тербелістер уақыт бойынша бір-біріне қатысты ығысқан болып шығады. Жиіліктері бірдей, бірақ уақыт бойынша ығысқан тербелістерді фаза бойынша ығысқан тербеліс деп атайды.

Уақыт бойынша ығысу периодтың бөліктерімен өлшенеді, ал фазаның ығысуы немесе айырымы – бұрыштық бірліктермен өрнектеледі. Егер екінші тербеліс біріншімен салыстырғанда периодтың  $1/8$  бөлігіне кешіксе, онда бұл фаза бойынша  $360 \cdot 1/8 = 45$ -ке кешігу немесе фаза бойынша  $-45$ -ке ығысу болып табылады.

Егер екінші тербеліс біріншіден периодтың  $1/8$  бөлігіне озса, онда ол фаза бойынша  $45$ -ке озды, немесе фаза бойынша  $+45$ -ке ығысқан деп атайды. Егер тербелістер кешігусіз жүретін болса, онда оларды синфазалық, немесе олар фазада жүреді деп айтады. Біреуінің кешігуі жарты период болса, онда тербеліс қарама-қарсы фазада жүреді.



Сурет25- Синфазалық және қарсыфазалық тербелістер

Біз денелердің периодты қозғалысы еркін емес, ол периодты түрде өзгертін әсерлердің нәтижесі болатын жағдайлар да бар екенін ескерттік. Осындай қайталанатын күштер тіпті өздері тербелмелі жүйе болып табылмайтын денелерді периодты қозғалысқа келтіреді.

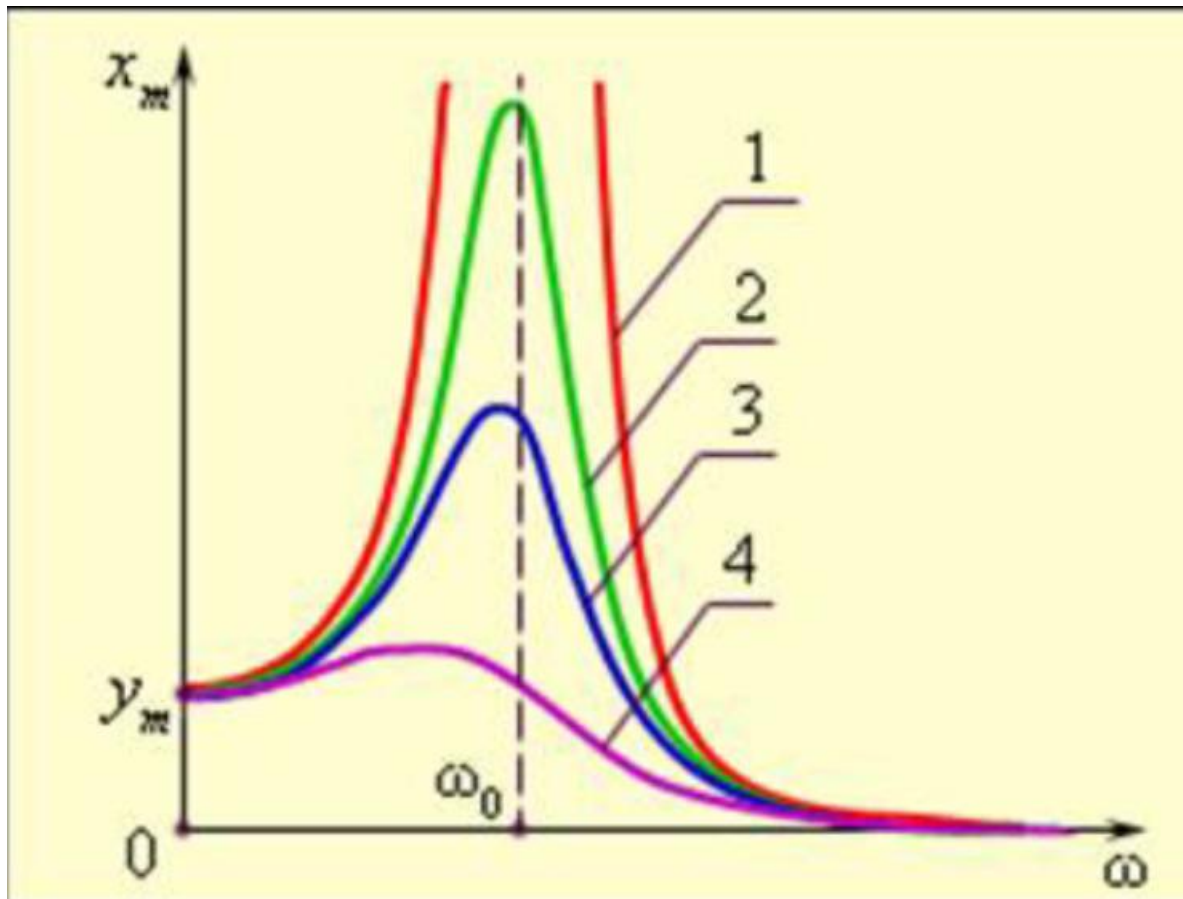
болады. Егер бірте-бірте мәжбүрлеуші күштің жиілігін ұлғайта берсек, онда бір кездерде біз мәжбүрлеуші күштің жиілігі тербелмелі жүйенің жиілігіне жуықтаған кезде амплитуданың тез ұлғайғанын көреміз. Мәжбүрлеуші күштің жиілігі тербелмелі жүйенің меншікті жиілігіне тең болғанда, тербеліс амплитудасы максимал шамаға жетеді. Мәжбүрлеуші күштің жиілігін одан әрі өсіргенде тербеліс амплитудасы кішірейеді.

Мәжбүрлеуші күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі теңескенде, еріксіз тербелістің амплитудасының өсуі резонанс деп аталады. Резонанс құбылысының себебі неде, неліктен мәжбүрлеуші күштің жиілігі меншікті жиілікке жақындағанда тербеліс амплитудасы өседі. Жиіліктердің бірдейлесуі серпімділік күшінің мәжбүрлеуші күшпен бір «тактіде» әсер етуін көрсетеді. Егер серпімділік күші және мәжбүрлеуші күш белгілібір моментте бір бағытта әсер етсе, онда олар қосылады және олардың әсері күшейеді. Және тіпті мәжбүрлеуші күш аз болса да, ол амплитуданың ұлғаюына әкеліп соғады. Өйткені осы аз күш амплитуданың өсуіне әкеліп соғады.

Егер біз қарастырған жүйеде үйкеліс болмаса, онда қалыптасқан тербелістің амплитудасы  $\omega$ -ның  $\omega_0$ -ге жақындаған сайын шексіз өседі. Бірақ, практикада, кез-келген жүйеде энергияның жоғалуы болады. Тербеліс амплитудасын едәуір ұлғайтқанда олар да ұлғаяды, және біз қарастырған жүйе *гармониялық осциллятордың* қарапайым қасиетін жоғалтады. Тербелістер сызықтық емес болады және амплитуданың өшуі тоқталады. Қалыптасқан тербелістің максимал амплитудасына резонанс кезінде қол жеткізіледі, яғни  $\omega = \omega_0$  кезінде. Резонанс құбылысы пайдалы бола алады, өйткені ол аз күштің

Егер периодты жүйе тербелмелі жүйеге әсер етсе, онда істің түрі қалай болады:

1. Периодты түрде өзгертін күш тербелмелі жүйеге әсер еткенде, тербелмелі жүйеде периодтық қозғалыс қалыптасады.
2. Еріксіз тербелістің жиілігі әсер етуші күштің жиілігіне тең



Сурет 27-Механикалық резонанс құбылысы. Жүйеде үйкеліс күштерінің жоғарылауы №1-ден №4-ке дейін жүреді.,  $\omega_0$ -тербелмелі жүйенің өздік жиілігі

Есебінен тербелістің үлкен амплитудасын алуға мүмкіндік береді. Екінші жағынан резонанс зиянды, тіпті қауіпті болуы мүмкін. Егер, мысалы, фундаментке қойылған машинаның белгілі бір бөлшегі периодты қозғалыстар жасаса, тербелістер фундаментке беріледі де ол еріксіз тербелістер жасайды.

Фундамент – бұл да меншікті жиілігі бар тербелмелі жүйе. Және егер периодтық қозғалыстың жиіліктері фундаменттің меншікті жиілігімен дәл келсе, онда оның тербеліс амплитудасы өсе келе, оны құлауға әкелуі мүмкін.

Көптеген техникалық қондырғылардың (бу турбиналарының тіреулері, көпірлер, самолеттер, іштен жану двигательдері). Жұмыс кезінде қауіпті еріксіз тербелістер пайда болады. Белгілі бір жағдайда аздаған периодты күштің өзі тұрақты үлкен күшке қарағанда конструкция үшін қиратушы күш болуы мүмкін. Бұл әсіресе еріксіз тербелістің конструкцияның меншікті тербелісіне жуық болған кезде байқалады.

Мысалы, егер вагонның рельстердің түйіскен жеріндегі тербеліс жиілігі оның меншікті жиілігімен дәл келсе, ол өте күшті шайқалады.

Механикалық резонансты бақылау үшін жеңіл машинамен соқпақ жолмен жылдамдығын нөлден 60 км/сағ –қа дейін жоғарылатып жүріп өтсе болғаны. Мұнда автомобиль қорабының шайқалуы шамамен 40 км/сағ-қа дейін ұлғая береді, және жылдамдықты одан әрі өсіргенде азая береді.

Ол 40 км/сағ жылдамдықтың маңайында доңғалақтардың соқпақтарға соғылу жиілігі машина қорабының меншікті жиілігімен дәл келгендігінен болады.



Сурет 28 – Тікұшақтың резонанстық бұзылуы

Егер төмпешіктердің арасын өлшесе, және максимал вибрация жасайтын жылдамдықты спидометр арқылы анықтаса, онда резонанстық жиілікті есептеп табуға болады. Төменгі жылдамдықтарда бұл құбылыс автомобильмен жыланбауыр трактордың қалдырған жолымен жүргенде байқалады.

Көптеген техникалық қондырғыларда конструкцияның жеке бөліктерінің еріксіз тербелістері ерекше зиянды болып табылады. Мысалы, бу және газ турбиналарының қалақшалары мен дискісінің тербелісі қалақшалардың немесе дискінің сынуына әкеліп соғуы мүмкін.

Мұнда сынған бір қалақша ілезде турбинаның барлық қалақшасын қатардан шығаруы мүмкін. Сондықтан резонанстың қауіпті жақтарын болдырмауға тырысу қажет. Бұл үшін эксплуатация кезіндегі әдеттегі жағдайда резонанс пайда болмауы үшін, машиналардың, фундаменттің, көлік құралдарының және т.б. жиіліктерін алдынала есептейді. Резонанс құбылысымен біз күнделікті өмірде жиі кездесеміз.

Егер бөлменің терезесінің шынысы ауыр жүк машинасы өткенде селкілдесе, онда шынының тербелісінің меншікті тербелісі машинаның тербелісімен дәл келгені. Резонанс құбылысы бірнеше рет көпір құрылысында

қайғылы оқиғаға апарып соқтырды. Мысал ретінде ең атақты қирау – Такома (АҚШ) бұғазы арқылы салынған көпірдің қирауын келтіруге болады. 1940 жылы 7 қарашада таңертең ұзындығы 855 м болатын Такома бұғазындағы (АҚШ) Такома аспалы көпірі арқылы жүрген жолаушылар бір қарағанда әдеттен тыс, ғажап құбылыстың куәсі болды. Өте үлкен емес желдің әсерінен (17 м/с), көпірдің өтетін бөлігі минутына 36 тербеліс жиілікпен тербеле бастаған.

Мұнда көпірдің тербеліс амплитудасы 1,5 метрге жеткен. Көпірдің үстіндегі қозғалыс тоқтатылып, машиналардың кейбіреуі көпір үстінде қалып қойған.

Тербеліс амплитудасы ұлғая түскен. Ортаңғы байлау үзіліп, одан кейін көпірдің тербелісі өзінің сипатын өзгерткен, оның тербеліс амплитудасы өте ұлғайып, көпір Такома бұғазының суына құлап түскен.

Бұл оқиғаға себеп болған көпірге соққан желдің әсерінен пайда болған құйынның салдарынан болған көпірдің резонансы еді. Мұндағы құйынның жиілігі көпірдің меншікті тербеліс жиілігімен дәл келген, желдің энергиясы тербелмелі жүйеге эффективті түрде жұтыла бастаған, тербеліс амплитудасы өте көп ұлғайған, осының бәрі алып құрылыстың құлауына себеп болған. Резонанспен күресу үшін конструкторларға көптеген факторларды есепке алуға тура келеді, мысалы, көпірдің ұзындығы 100 м болғанда, тербеліс жиілігі шамамен 1-2 Гц болады. Катастрофалардың біреуі көпір арқылы аяғын тең басқан бір полк солдат өткен кезде де болған.

Еріксіз тербелістің мысал ретінде аэродинамикалық күштердің әсерінен пайда болатын флаттерді алуға болады. Бұл тербелістер самолеттер үшін аса қауіпті, өйткені флаттер кезінде тербеліс амплитудасы күрт ұлғаяды да, жүйенің быт-шыты шығады. Ұшақтар үлкен жылдамдықпен ұша бастаған кезде, олардың кейбіреулері сынақ кезінде флаттердің кесірінен ауада қирап қалған. Осы құбылысты болдырмас үшін, ұшақты құрастырған кезде конструкцияның кризистік жылдамдығы ұшақтың кризистік жылдамдығынан артық етіп жасайды.

Тербелістің техникалық қолданылуы әртүрлі. Мысалы, құрылыс техникасында соңғы жылдары бетонды вибрация әдісімен төсеу қолданылып келеді. Сыртқы вибраторды қолдану кезінде, оларды опалубкаға бекітеді, ол арқылы тербеліс опалубканың ішіндегі бетон массасына беріледі. Ішкі вибраторларды қолданғанда, оларды бетон массасына салады, олар бетонның ішінде бірнеше ондаған секунд болады да, содан кейін одан алынады. Әдетте, вибраторлардың тербеліс жиілігі 50-100 Гц болады. Виброәдісті қолданған кезде бетонның тығыздығы артады, ол бетонның ішіне зиянды қоспалардың кіруіне бөгет жасайды.



Сурет 29-Вибрациялық бетон төсегіш және еденге арналған вибратор

Көптеген технологиялық материалдардың қасиеттерін жақсарту үшін материалды вибрациялық ұсақтайды оның маңызы зор. Мысалы, цементтің меншікті кедергісін ұлғайту оның беріктілік шегін 2 еседей арттыруға мүмкіндік береді.

Металлургияда балқытылған шойынды вибрациялау оның ішіндегі зиянды газдар мен шлактарды бөліп алуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда ішінде балқытылған шойыны бар ожауды вибратордың көмегімен тербелмелі қозғалысқа келтірілетін арнайы виброплатформаға қояды. Жеңілдеу қоспалар, шлактар, сондай-ақ газдардың көпіршіктері шапшаң түрде бөлінеді, ал мұның өзі жоғары сапалы шойын алуға мүмкіндік береді.

УЛЬТРАДЫБЫС, жоғары жиіліктегі серпімді толқындар, бұлар ғылым мен техниканың арнайы бөлімдерінде қарастырылады. Адам құлағы ортада таралған жиілігі шамамен секундына 16000 тербеліс жасайтын серпімді толқындарды қабылдай алады, жоғарырақ жиіліктегі тербеліс ультрадыбыс деп аталады (есту табалдырығының сыртында). Әдетте ультрадыбыстық диапазон деп 20000-нан бірнеше миллиард герц аралығындағы жолақты атайды. Ультрадыбыстың бар екендігі ғалымдарға ертеден белгілі болса да, оны практика жүзінде ғылымда, техникада және өндірісте қолдану соңғы кездерде қолға алына бастады. Қазіргі кезде ультрадыбыс әртүрлі физикалық және технологиялық әдістерде пайдаланылады.

Дыбыстың ортада таралу жылдамдығы бойынша оның физикалық сипаттамасы анықталады. Ультрадыбыстық жиіліктегі жылдамдықтарды өлшеу өте үлкен дәлдікпен орындалады; осының салдарынан көптеген шамалар, мысалы, шапшаң өтетін процестердің адиабаталық сипаттамалары, газдардың меншікті жылу сиымдылығы, қатты денелердің тұрақты серпімділігі сияқты шамалар өте аз қателіктермен анықталады.

Биология мен медицинада қолданылуы. Ультрадыбыстың биологиялық объектілерге белсенді түрде әсер ететіндігі (мысалы, бактерияларды өлтіретіндігі),

70 жылдан бері белгілі. Хирургиялық құралдарды ультрадыбыстық стерилизаторлар ауруханаларда және клиникаларда пайдаланылады.

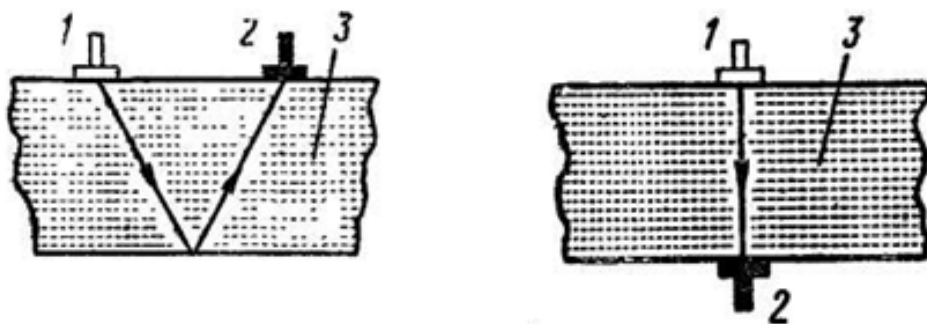
Ультрадыбыстық сәулемен сканерлейтін электрондық аппаратура мидағы ісікті анықтау мақсатында және диагноз қоюда, нейрохирургияда бастағы мидың бір бөлігін күшті фокустелген жоғары жиілікті (шамамен 1000 кГц) жарық шоғымен инактивация жасау үшін қолданылады.

Бірақ ультрадыбыс терапияда кеңірек қолданылады – люмбаго, миалгия, контузияны емдеу кезінде пайдаланылады. Жоғары жиілікті тербелістер тканьды қыздырып, микромассаж жасайды.

### Өндірістегі ультрадыбыстық әдістер.

Қазіргі кездегі ультрадыбыстық технологиялық қолданылуларының ішіндегі ең дамығаны ультрадыбыстық дефектоскопия болып табылады. Ол бұйымдағы дефектінің оның акустикасының өзгеруіне қарай және осы кездегі пайда болған дифракция, шағылу және сыну құбылыстарына негізделген.

Ультрадыбыстық дефектоскопия өлшемі үлкен (5—10 метрге дейін), бұйымды зерттеуге мүмкіндік береді, ол көп заттарда ультрадыбыстық тербелістің аздаған өшуімен анықталады.



Сурет 30 - Ультрадыбыстық дефектоскопия.

Ультрадыбыстық бақылаудың екі негізгі методы болады. Олардың бірі – эхоәдіс, бұл ультрадыбыстық толқынның қабылдағышының зерттелетін бұйымның жиегінен шағылған жарықтың тіркелуіне негізделген. Эхоәдіс үздіксіз және импульсті болып екіге бөлінеді. Мұнда импульстікті қалың бұйымды зерттеуде қолдануға болмайды, өйткені онда өлі зоналар пайда болады.

Осы екінші дефектоскопиялық әдісті қолданғанда ультрадыбысты шығарушыны зерттелетін детальдің бір жағына, ал ультрадыбысты қабылдағышты екінші жағына қояды. Бұл әдіс қалыңдығы 50 мм-ге дейінгі жұқа бұйымдарды (трубалар, табақ қаңылтыр) бақылау үшін кеңінен қолданылады.

Көптеген ультрадыбыстық қондырғыларда импульстік режимде бір ғана түрлендіргішті (пьезодатчик) ультрадыбыстық тербелісті шығарушы және қабылдағыш ретінде қолдануға болады. Импульстің жолында дефект болғанда (ауа көпіршігі болғанда немесе металл емес қоспалар болғанда), дефектінің өлшеміне қарай импульстің барлық энергиясы немесе оның бөлігі шағылады. Мұнда бұйымның қарсы жағынан шағылған импульс, қабылдағышқа дефектіден шағылған импульстан кейін келеді.



Импульстің дефектіден қабылдағышқа дейінгі қашықтығын жүруге кеткен уақытты біле отырып, дефектінің тереңдігін анықтауға болады, ал шағылған импульстің амплитудасы дефектінің шамасын анықтауға көмектеседі.

Ультрадыбыстық дефектоскопия әдісінің басты кемшілігі сол, онда сәулелендіргіш пен қабылдағышты жұмыс кезінде зерттелетін бұйымға тығыз түйістіріп тұру керек. Егер контакт беттің кедір-бұдыр болуынан тығыз болмаса, онда бақылау кезінде қате кетуі мүмкін.

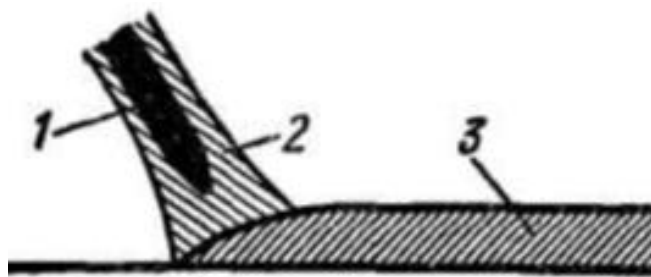
Ультрадыбыс әдісі арқылы бұйымдардың сапасы анықталатын металлургиядан басқа, ультрадыбыстық дефектоскоптар теміржол көлігінде (рельстерді тексеру үшін) кеңінен қолданылады. Рельстік дефектоскоптарды қолдану теміржол полотносының дефектісін жеткілікті түрде сенімді анықтауға мүмкіндік береді және авария болу қаупін едәуір сейілтеді.

**Детальдарды ультрадыбыстық тазалау әдістері.** Ультрадыбыстық тербелістің тазарту әсері кавитация құбылысына негізделген. Ультрадыбыстық тазарту методы кезкелген ластануды жоюға мүмкіндік береді: май, ұсақ металл жаңқасы, шлифовка мен полированиеден кейінгі қалған материалдың қалдығын. Конструкторлар ультрадыбыстық тазартуға арнап арнайы ванналар жасады.

Транспортерлер арқылы детальдар ваннаға беріледі де, олар одан әрі ультрадыбыстық тазартуға ұшырайды. Жуатын сұйық отстойникте тазартылады. Майлы пленкалар және нашар жабысқан бөлшектер жоғары жиілікті ультрадыбыстық тербеліс (300 кГц) арқылы бөлініп алынады.

Қатты жабындылар (мысалы, лактар) төменгі жиілікті тербелістер («25 кГц) арқылы аластатылады.

**Ультрадыбыстық дәнекерлеу.** Ультрадыбысты қолдану маңызды технологиялық міндеттердің бірі – алюминий немесе алюминий қорытпаларын қосу. Басқа металдар үшін қолданылатын әдістермен алюминийді дәнекерлеу мүмкін емес, өйткені оттегімен қосылатын алюминийдің бетінде қалыңдығы 0,001 мкм болатын қышқылдық тотығу қабаты түзіледі де, оны кәдімгі флюс арқылы кетіру мүмкін болмайды.



Сурет 26- 1-паяльник ұшы, 2-балқытылған қалайы дәнекерлеу, 3-қатайтылған қалайы

Ультрадыбысты қолдана отырып, алюминий мен алюминий қоспаларын еш ақаусыз іске асыруға болады. Сұйық припойда тотығу пленкасы бұзылады да балқыған припой алюминийдің тотықпаған бетіне жұғады. Ультрадыбыстық

паяльниктің ұшы тек қана қызып қана қоймай, ол шамамен 20 кГц(26-сурет) тербеліс жасайды. Ультрадыбыстық дәнекерлеу әдісі беріктілігі жоғары қосылыс алуға мүмкіндік береді, мысалы, дәнекерленген сымды алып, оны үзсе, ол дәнекерленген жерден үзілмей, басқа жерден үзіледі.

Ультрадыбыстық тазалау әдісінің тағы бір маңызды қолданылуы – энергетикалық қондырғылардағы қолданылатын қазандарда қақ тұруына жол бермеу. Кезкелген жылу және атом станцияларында қолданылатын қазандарда жұмыс кезінде қақ тұрады да, жылу берілісі өте төмендейді және электростанцияның ПӘК-і азаяды. Қазанды қақтан тазарту үшін электростанцияны белгілі бір мерзімге тоқтатуға тура келеді.

Егер су ультрадыбыстық өңдеуден өтетін болса, онда қатты қақтың орнына оңай жуылатын жуынды ғана қалады. Қазанды тазарту үшін, төменгі ультрадыбыс жиілігіндегі тербелісті генерациялайтын арнайы құрал қолданылады, ол ультрадыбыс толқындарын шығаратын сәулелендіргіштен (магнитострикциялық вибратор) және оның ішінде тербелісті туғызатын катушкадан тұрады. Конденсатор катушка арқылы периодты түрде разрядталып тұрады, осыдан барып вибратор қозады.

Вибрациялық эффект құбылысы кейде зиянды да болуы мүмкін, мысалы, жүктерді тасымалдағанда.

## 2.3 Техникадағы инерция күштері. Техникадағы орталықтан тепкіш күштер.

Инерция күшін енгізген кезде Ньютонның екінші заңы ИЕСЖ-да да қолданылатындығы байқалады, ал маятниктің қозғалыс теңдеуі мынадай түрде болады:

$$ma' = mg + N + F_{и.}$$

Инерциалды емес санақ жүйесіндегі (ИЕСЖ) динамика заңын мына түрде тұжырымдауға болады: *дененің массасының үдеуге көбейтіндісі ИЕСЖ-да денеге әсер ететін барлық нақты күштердің және инерция күшінің қосындысына тең болады:*

$$ma' = \Sigma F_i + F_{и.}$$

Шынында да, ИЕСЖ үшін Ньютонның екінші заңы бойынша, және үдеуді түрлендіру заңы бойынша мыналарды аламыз:

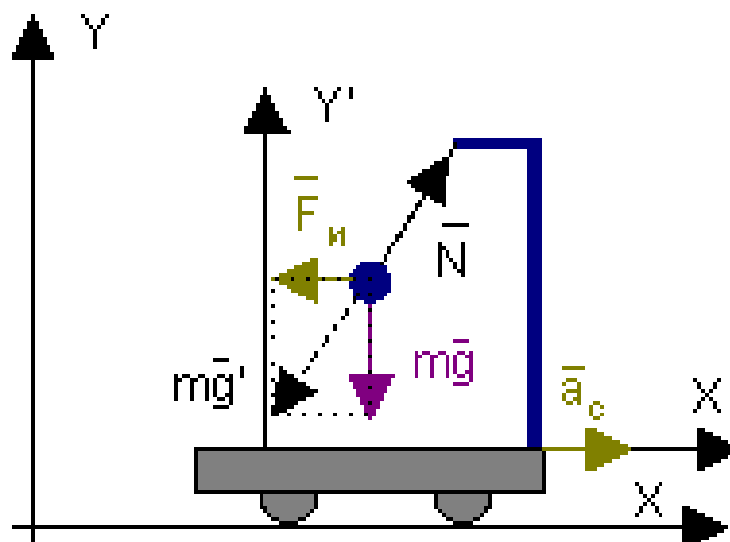
$$\begin{aligned} ma &= \Sigma F_i; \\ m(a' + a_c) &= \Sigma F_i; \\ ma' &= \Sigma F_i - ma_c = \Sigma F_i + F_{и.} \end{aligned}$$

Мұнда көптеген есептерді ИЕСЖ-да шығару едәуір қарапайым түрге келеді. Динамика есептерін  $\Sigma F_i + F_{и.} = 0$  болатын статика есептерінің түріне әкелуге мүмкіндік туады. Түзу сызық бойымен қозғалған ИЕСЖ-дағы инерция күшінің өрісінің қасиеттерін ауырлық күші өрісінің қасиеттерімен салыстырайық. Берілген өрістер мен күштердің бірқатар жалпы қасиеттері болады:

1) екі күш те біртекті болады (осы күштердің мәні және бағыты ілгерілемелі қозғалған ИЕСЖкеңістігіндегі нүктеге тәуелді болмайды);

2) екі күште дененің массасына пропорционал болады

Инерция күшінің өрісі ауырлық күшінің біртекті өрісіне эквивалентті. Бұл тұжырым **Эйнштейннің эквиваленттік принципі** деп аталады.



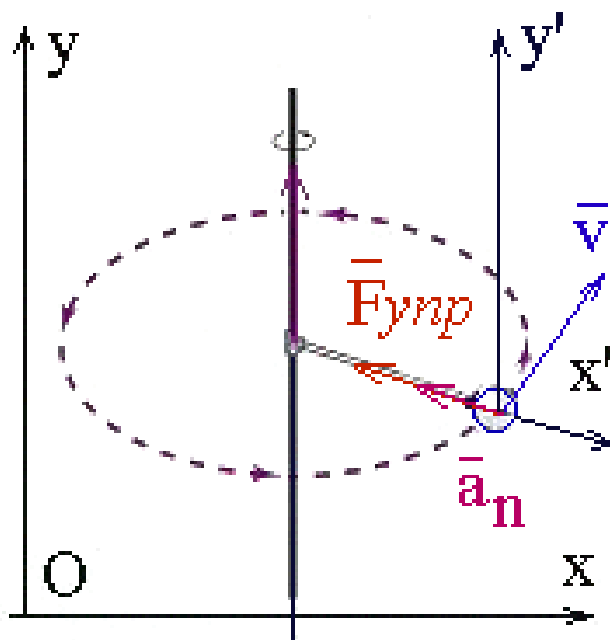
Сурет 27- Инерциалды және инерциалды емес санақ жүйесі

Эйнштейнпринципінен инерттік және гравитациялық массалардың кеңістіктің шектелген аймағында эквивалентті болатындығы келіп шығады. Шектелген болатын себебі, жалпы (өзара әсер ету күші денелер бір-бірінен қашықтаған сайын азая береді).

ИЕСЖ-дағы бақылаушы күші  $\vec{g}'$  векторы сияқты бағытталған жаңа ауырлық өрісінің әсерін сезгендей болады (суретті қараңыз). Дегенмен мынадай сұрақ қоюға болады: «инерция күштері нақты күштер ме?» Логикалық жолмен пайымдай келе біз мынаған келеміз.

Олар нақты болып табылмайды, өйткені:

- А) белгілібір нақты өзара әсерлесуді сипаттамайды;
- Б) Ньютонның үшінші заңына бағынбайды (олар үшін қарсы әсер күштері жоқ);
- В) инерция күштері әрқашанда сыртқы күштер болып табылады (жүйенің ішінде инерция күштерінің материалдық көзі болып табылатын дене жоқ). Екінші жағынан олар нақты болып табылады, өйткені үдеу туғызады және осы күштердің физикалық әсерін алдын-ала айтуға болады, мысалы, денелердің орын ауыстыруы, олардың қозғалыс траекториясының өзгеруі (поездың тежелуі кезінде полкадағы жүктердің құлауы) және т.б.



Сурет 28-Центрден тепкіш инерция күштері

Центрден тепкіш инерция күштер ұғымы. Ұзындығы  $r$  болатын стерженге бекітілген, оған перпендикуляр осьтің маңайында айналатын шариктің қозғалысын қарастырайық (суретті қараңыз). Инерциальдық санақ жүйесінде (ИСЖ)  $X'Y'$  шарикцентрге тартқыш күшке теңстерженнің  $F_{\text{цп}}$  серпімділік күшімен байланысқан  $a_n$  нормаль үдеумен қозғалады.

Стерженмен байланысқан ИЕСЖ-да шариктің үдеуі  $a' = 0$ , ал оған әсер ететін бұрынғыдай тек қана серпімділік күшімен байланысқан барлық күштердің қосындысы нөлге тең емес (вертикаль бағытта ауырлық күшінің әсері және стерженнің майысуға реакциясы компенсацияланған). Ньютонның екінші заңы орындалмайды.

Ньютонның екінші заңын, шарға әсер ететін нақты күштердің қосындысын белгілібір шартты күшпен-инерция күшімен компенсациялап, ИЕСЖ-ға қатысты өзгертейік.

$$SF_i + (-ma_n) = ma' = 0$$

Жақшаның ішіндегі қосқышты инерция күші деп атаймыз (инерциялық центрдентепкіш күш  $F_{\text{и}} = F_{\text{цб}}$ ). Сонда ИЕСЖ-дағы Ньютонның екінші заңы орындалады:

$$SF_i + F_{\text{и}} = ma' = 0$$

Соңғы үдеуді туғызатын табиғаты кез-келген күш центрдетартқыш күш деп аталады. Ол күш денеге түсіріледі және шеңбердің центріне бағытталған. Ньютонның екінші заңына сәйкес, центрдетартқыш күш мынаған тең болады:

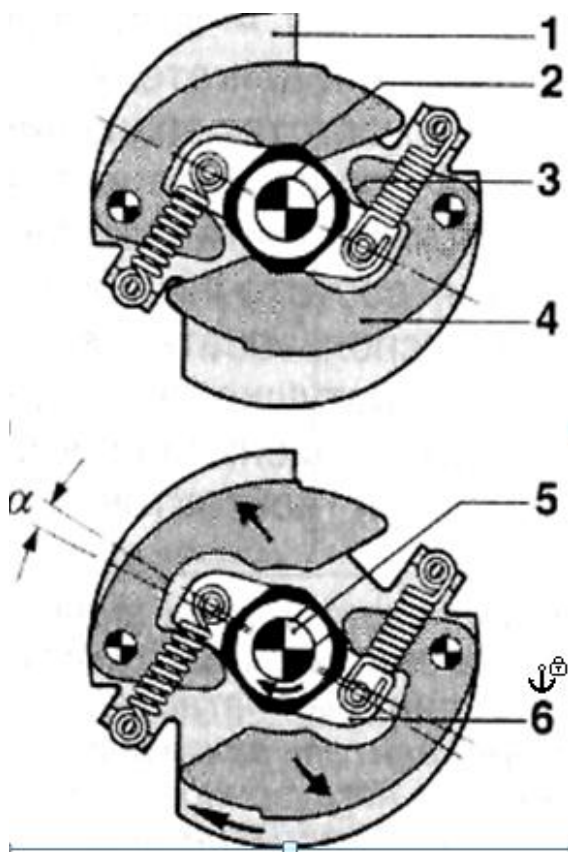
$$F_{\text{и}} = ma_{\text{и}} = mv^2 / R = m\omega^2 R \quad (16)$$

Инерцияның центрден тепкіш күші центрге тартқыш үдеудің векторына қарсы бағытталған және шамасы жағынан центрге тартқыш күшке тең:

$$F_{цт} = mv^2/r = mw^2r$$

$$F_{цт} = -mw^2r \mathbf{n}.$$

Егер дене бірқалыпты айналып тұрған санақ жүйесіне қатысты тыныш қалыпта тұрса, онда барлық нақты күштердің және центрге тепкіш күштердің қосындысы нольге тең болады. Бұл тұжырымды **Даламбер принципі** деп атайды.



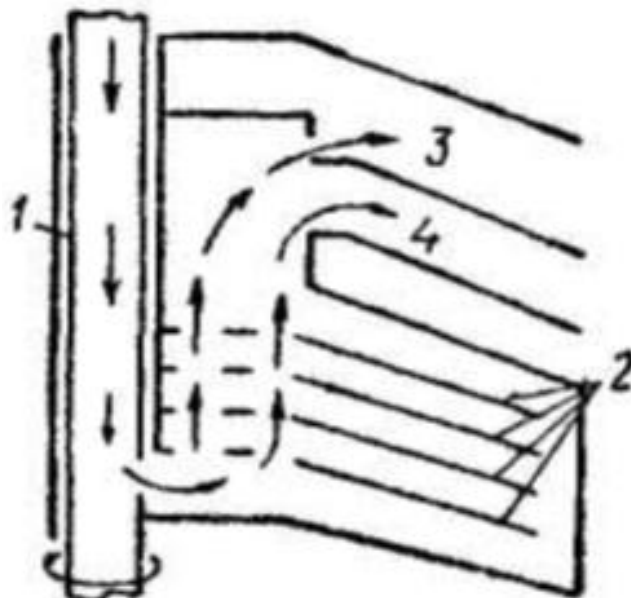
Сурет 29- Центрден тепкіш регулятор

Центргетепкіш күш денені шеңбер бойында ұстап тұратын байланыс арқылы жасалады; ол дененің шеңбердің центрінен қашықтауға ұмтылуына байланыстың реакциясына байланысты. Ньютонның үшінші заңына сәйкес, денеге түсірілген центрге тартқыш күшпен қоса, оған шамасы жағынан тең, ал бағыты жағынан қарама-қарсы байланысқа түскен күш пайда болады: ол **центрден тепкіш күш** деп аталады.

Мысалы, Уаттың регуляторы осы принципке негізделген, мұнда жүктер мен айналыс осының байланысы қызметін шарнирлік-иіндік жүйе атқарады. 1 санымен айналу жиілігін реттеп отыру қажет болатын белгілібір білікті айналдыратын бу машинасы белгіленген. 29 - суретте қозғалмай тұрғандағы (жоғарыда) және жұмыс кезіндегі (төменде) тұтандыру моментінен озатын центргетепкіш регулятор көрсетілген: 1 - тіреу пластинасы; 2 – таратқыштың жұдырықшасы; 3 - контактілік

бет; 4 - жүк; 5 - таратқыштың жетекші білеушесі; 6 - тізгіндік пластина: а – жұдырықшасы бар пластинаның бұрылу бұрышы.

Бірқатар техникалық қондырғыларда қатты немесе сұйық денелердің қоспасын айыратын центрдентепкіш сепараторлар қолданылады. Сепараторлар, негізінен жағармайларды тазарту немесе қаймақты сүттен айыру үшін қолданылады. Мысал ретінде сүт сепараторының жұмыс істеу принципін қарастыруға болады (29-сурет).

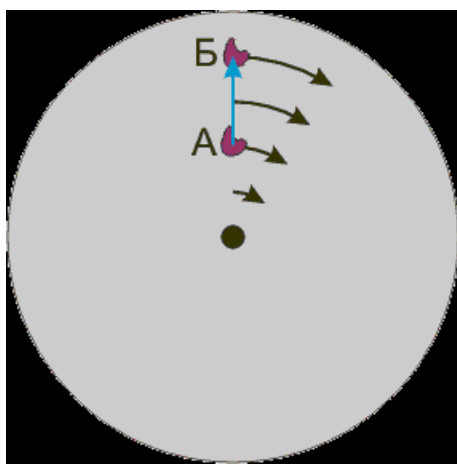


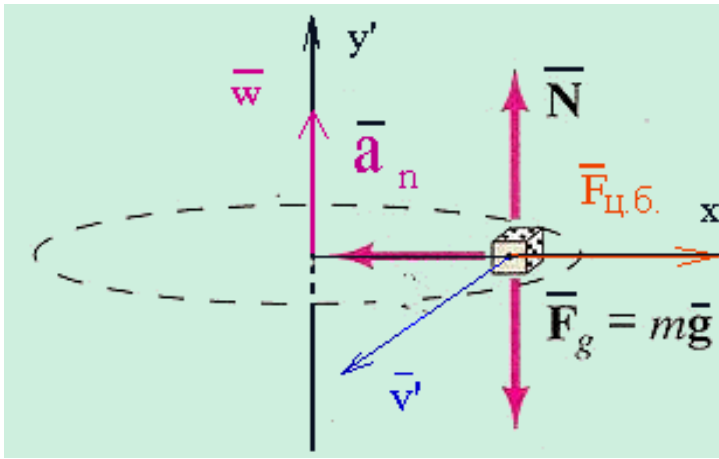
Сурет 30 – Сүт сепараторының құрылғысы

Сүт қозғалмайтын Ітүтікше арқылы 10 000 айн/мин жылдамдықпен айналып тұрған барабанға түседі. Барабанда тарелкалар 2 айналып жатыр, олардың арасында шамамен 0,5 мм саңылау бар. Тарелкаларда сүт өтетін тесіктер бар. Барабанды айналдырған кезде тығыздығы аз май түйіршіктері оның осінің маңайына жинала бастайды, ал тығыз майсыздандырылған бөлігі (обрат) осьтен алыстай береді.

Май түйіршіктері қоюланып қаймаққа айналады да, 3 тесіктен шығады. 4 тесік алынған сүтті шығаруға арналған. Сепаратор сағатына 5000 л дейін сүтті айыруға мүмкіндік береді. Сепараторда қаймақты айыру мынаған негізделген: май бөлігі мен обраттың бөлшектерінің массалары әртүрлі болады да осы бөлшектерге әртүрлі центрге тартқыш күштер әсер етеді.

*Кориолис күші ұғымы.* Мысалды қарастырайық. Бірқалыпты айналып тұрған абсолют тегіс столдың үстінде Жерге қатысты тыныш тұрған дене қойылған (30-суретті қараңыздар). Дене мен столдың арасында үйкеліс жоқ. Дене Жермен салыстырғанда тыныш тұр және онымен байланысқан ИСЖ-да, Ньютонның 2-ші заңы орындалады.





Столдың үстінде тұрған бақылаушы үшін дене нормаль үдеумен қозғалады және оған инерцияның центрден тепкіш күші әсер етеді.

$\mathbf{a}' = \mathbf{a}_n$ , мұнда үдеу айналу центріне бағытталған,  $\mathbf{F} = \mathbf{F}_{цт}$ , мұнда күш центрден сыртқа қарай бағытталған, яғни  $\mathbf{a}_n$  үдеуінің векторына антипараллель бағытталған.

Сурет 31-Кориолис күшінің пайда болуы және оның әрекет ету

ИЕСЖ-да Ньютонның екінші заңы орындалмайды. Оны бұдан бұрынғы мысалдардағы сияқты коррекциялау үшін қосымша күшті енгізуге тура келеді. Оны **Кориолис күші** деп атайық.

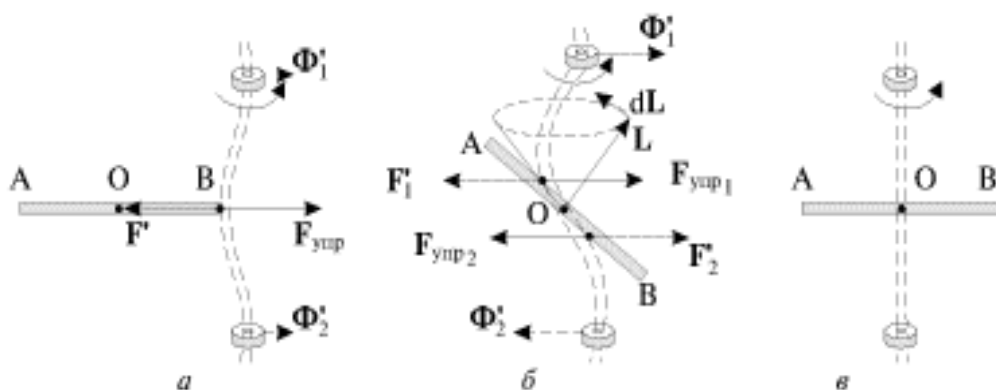
Столмен байланысқан



## 2.4 Айналмалы қозғалыс және оның техникада қолданылуы

Дененің қалауымызша алынған осі өзінің бағытын өзгертпей ұстап тұру үшін, оған белгілі бір күштерді түсіру керек. Мұндағы байқалатын жағдай 31-суретте келтірілген. Айналатын дене ретінде мұнда жеткілікті түрде майысқақ оське бекітілген (қос штрихты сызықпен бейнеленген), массивті АВ біртекті стержень қолданылған.

Осьтің майысқақтығы оған түсетін жүкті көрінетіндей қалыпқа келтіруге мүмкіндік береді. Барлық жағдайда ось вертикаль, стерженьмен қатты байланысқан және подшипникке бекітілген; стержень осы осьтің маңайында айналдырылған және өзбетінше қалдырылған.



Сурет 32-Серпімді осьте дененің айналуы

31, а –суретте бейнеленген жағдайда, айналу осі стерженнің В нүктесі үшін басты болып саналады, бірақ ол центрлік болмайды  $L \parallel \omega$ . Ось майысады, осьтің тарапынан стерженге  $F_{серп}$  күші әсер етеді, ол оның айналуын қамтамасыз етеді (ИЕСЖ-де стерженьмен байланысқан бұл күш, инерцияның центрден тепкіш күшін теңестіреді). Стерженнің тарапынан оське подшипниктің тарапынан болатын  $\Phi'_1$  және  $\Phi'_2$  күштерін теңестіретін  $F'$  күші әсер етеді.

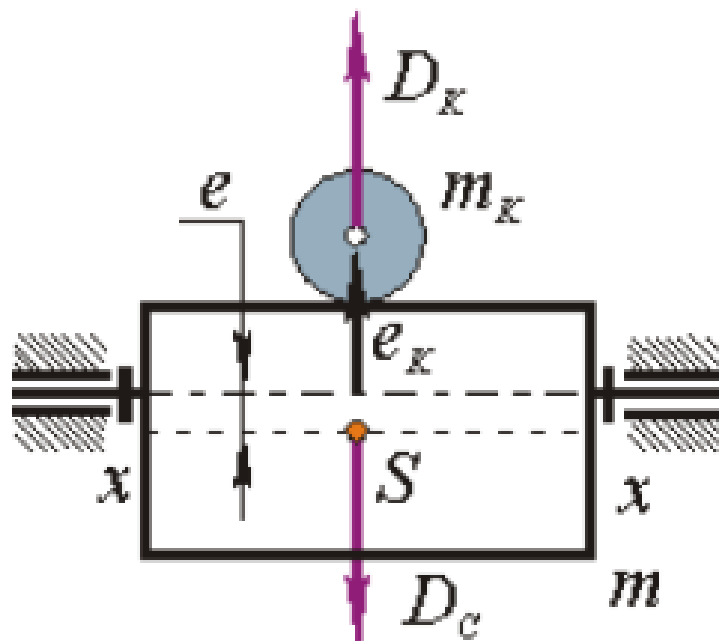
31, б-суреттегі жағдайда айналу осі стерженнің массалар центрі арқылы өтеді және ол үшін центрлік болады да, басты болмайды. Массалардың О центріне қатысты момент импульсі сақталмайды және конустық бет сызады.

Ось күрделі түрде деформацияланады, осьтің тарапынан стерженьге  $F_{упр.1}$  және  $F_{серп2}$  күштер әсер етеді. Олардың моменті  $dL$  өсімшені береді (стерженмен байланысқан ИЕСЖ-да, серпімді күштердің моменті стерженнің бір және екінші жағына әсер ететін инерцияның центрден тепкіш күштерінің моментін компенсациялайды).

Стерженнің тарапынан оське  $F_1$  және  $F_{серп2}$  күштері әсер етеді. Олар  $F_{серп1}$  және  $F_{серп2}$  күштеріне қарама-қарсы бағытталған.  $F_1$  және  $F_2$  күштерінің моменті подшипниктерде пайда болған  $\Phi'_1$  және  $\Phi'_2$  күштерінің моментімен теңестіріледі.

Айналу осі дененің инерциясының басты центрлік осімен дәл келгенде ғана (31, в-сурет), айналдырылған және өзбетінше жіберілген стержень подшипниктерге ешқандай әсер етпейді. Мұндай осьтерді еркін осьтер деп атайды, өйткені, егер подшипниктерді алып тастаса, олар кеңістікте өзінің бағытын өзгертпей сақтайды.

**1. Статикалық тепе-теңсіздік.**



Сурет 33- Статикалық тепе-теңсіздіктің жою

Статикалық тепе-теңсіздік кезінде (32-сурет) инерцияның бас центрлік осі ротордың айналу осіне параллель, дисбаланстың бас векторы нольден үлкен, ал дисбаланстың бас моменті нольге тең.

$$D_c \neq 0 ; M_D = 0,$$

Яғни, тек қана  $D_c = m e$  векторын ғана теңестіру керек. Бұл үшін роторда тек қана бір коррекциялаушы  $m_k$  массаны орнатса болғаны, оның шамасы  $D_k = m_k e_k = -D_c m_k = D_c / e_k$ , теңдігінен анықталады, мұндағы  $e_k$  шамасы қарсы салмақты орналастыруға қолайлы болу үшін енгізілген.  $D_k$  векторының бағыты  $D_c$  векторының бағытына қарама-қарсы болады. Ротордың тепе-теңдігінің статикалық шарты:

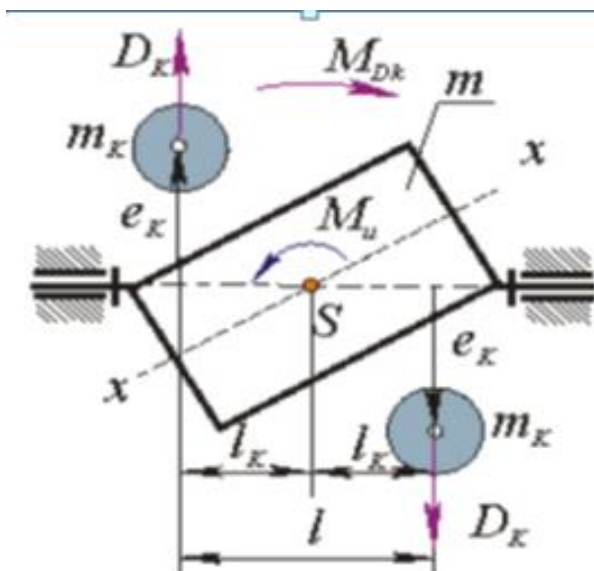
$$\sum_{i=1}^n D_i = 0 \tag{17}$$

**2. Моменттік тепе-теңсіздік.**

Моменттік тепе-теңсіздік кезінде (33-сурет) инерцияның бас центрлік осі ротордың массасының центрінің айналу осін  $S$  нүктесінде қиып өтеді, дисбаланстардың бас векторы  $D_c$  нольге тең, дисбаланстардың бас моменті  $M_D$  нольге тең емес, яғни, тек қана дисбаланстар моменті  $M_D$ -ні теңестіру қажет. Бұл

үшін роторда бірдей екі коррекциялаушы  $m_k$  массаны  $e_k$  айналу осінен және  $S - l_k$  массалар центрінен бірдей қашықтықта орналастырады. Массалар олардың дисбаланстары  $M_{Dk}$  шамасы жағынан ротордың дисбалансының моменті  $M_D$ -ға тең, ал бағыты жағынан қарама-қарсы болатындай етіліп алынады және орналастырылады:

$$M_{Dk} = -M_D, \quad M_{Dk} = D_k \cdot l_k + D_k \cdot l_k = M_{Dk1} + M_{Dk2},$$

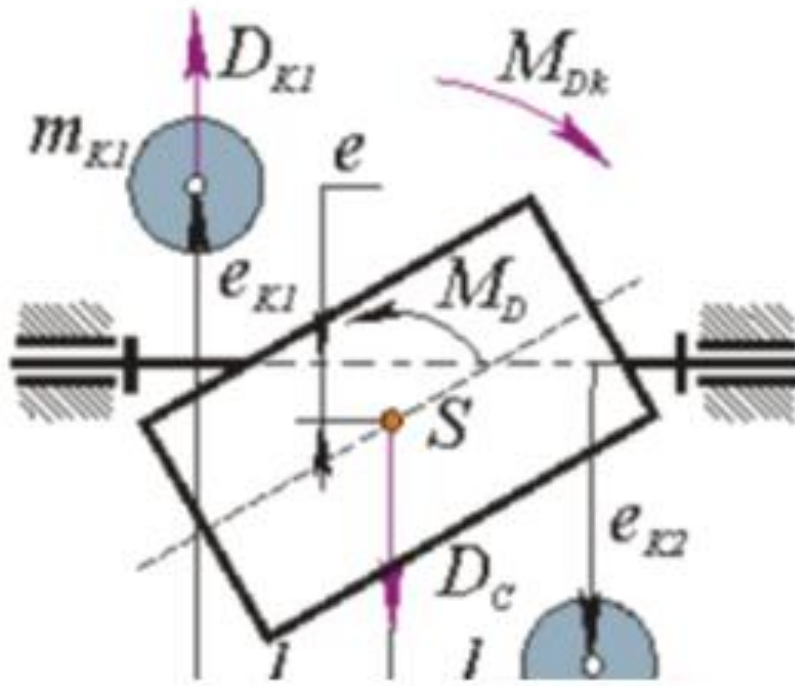


Сурет 34- Моменттік теңгерімсіздікті жою

Мұндағы  $D_k = m_k e_k$ . Осы тәуелділіктерде  $l_k$  және  $e_k$  шамалары ротордағы қарсы салмақты орналастыру қолайлы болу үшін беріледі, ал  $m_k$  шаманы есептеп табады. Мұндағы ескеретін нәрсе, коррекция жазықтығындағы  $D_k$  шамаларының тең болуы міндетті емес, тек қана массалар центрінің орны өзгермеуі керек – ол айналу осінде қалуы керек.

Моменттік тепе-теңсіздіктің шарты  $\sum_{i=1}^n M_{D_i} = 0$

## 2 Динамикалық тепе-теңсіздік



Сурет 34- Ротордың динамикалық теңгерімсіздікті жою

Динамикалық тепе-теңсіздік кезінде (34-сурет) инерцияның бас центрлік осі айналуы осін ротордың массалар центріндегі  $S$ , нүктеде кесіп өтпейді, және дисбаланстың бас векторы  $D_c$ , және дисбаланстың бас моменті  $M_D$  нөлге тең емес, яғни  $D_c$  векторы мен  $M_D$  дисбаланстар моментін теңестіру қажет.

Бұл үшін роторда екі коррекциялаушы  $m_{k1}$  және  $m_{k2}$  массаны айналу осінен  $e_{k1}$  және  $e_{k2}$  қашықтықтарға орналастыру керек, ал  $S$ , массалар центрін сәйкес  $l_{k1}$  және  $l_{k2}$  қашықтықтарға қою қажет.

Массалар олардың дисбаланстары  $M_{Dk}$  моменті шамасы жағынан ротордың дисбаланстарының  $M_D$  моментіне тең, ал бағыты жағынан қарама-қарсы болатындай етіп іріктелініп алынады және орналастырылады:

$$M_{Dk} = -M_D, \quad M_{Dk} = D_{k1} \cdot l_{k1} + D_{k2} \cdot l_{k2} = M_{Dk1} + M_{Dk2},$$

где  $D_{k1} = m_{k1} \cdot e_{k1}$  и  $D_{k2} = m_{k2} \cdot e_{k2}$ ,

ал дисбаланстардың векторлық қосындысы  $D_c$  векторына тең және бағыты жағынан қарама-қарсы:  $D_c = -D_k = -(D_{k1} + D_{k2})$ .

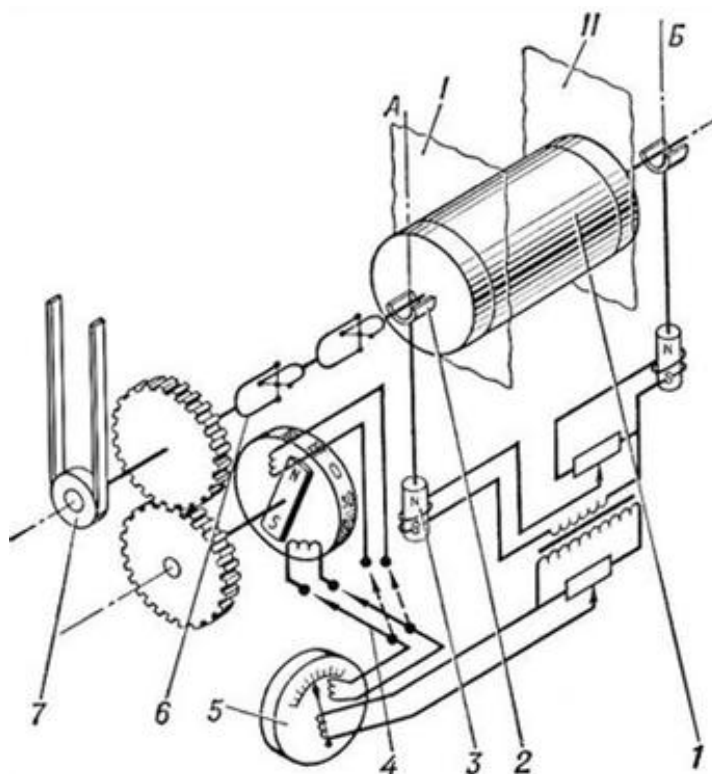
Осы тәуелділіктерде  $l_{ki}$  және  $e_{ki}$  шамалары ротордағы қарсы салмақты орналастырудың қолайлы болу шарты бойынша беріледі, ал  $m_{ki}$  шамасы есептеп табылады.

## Ротордың динамикалық тепе-теңдігінің шарты:

$$\sum_{i=1}^n M_{D_i} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n D_i = 0$$

Балансировакалайтын станок, балансировакалайтын машина, машиналардың айналып тұрған бөліктерінің – электр машиналарының және турбиналардың роторларының, біліктердің, шкивтердің және т.б. статикалық немесе динамикалық тепе-теңсіздігінің орны мен мәнін тағайындау үшін. Балансировакалайтын станок әдетте балансирленетін бұйым (мысалы, ротор) қойылатын тіреулерден, оны айналдыратын тізгіннен және көрсетілетін құралдары бар өлшегіш қондырғылардан тұрады.



Сурет 35- Орнатылықтауға келтіруші станок

Балансировакалайтын станоктарды икемді және қатты тіреулі деп бөледі. Икемді тіреулер айналған бұйымның (ротордың) тепе-теңсіздік әсерінен тербеліс жасайды. Тіреудің тербелісінің амплитудасы мен фазасы бұйымның тепе-теңсіздігінің шамасын көрсетеді. Қатты тіреулер ротордың тербелісіне кедергі жасайды және осының салдарынан қысымға ұшырайды.

Бұл жағдайда тепе-теңсіздік жөнінде ақпарат алу үшін ротордың тіреуге түсіретін қысымын және оның фазасын өлшейді. Балансировакалайтын станоктың тіреулеріне датчиктер қойылған. Олар тербелістерді (немесе центрден тепкіш күштің қысымын) электр сигналдарына айналдырады.

Датчиктердің электр сигналдары датчиков өлшегіш қондырғыға түседі. Өлшегіш қондырғының құрылымы және тепе-теңсіздік жөніндегі ақпараттың пішіні балансировкалайтын станоктың нені анықтауға арналып жасалғанына байланысты болады. 34-суретте ваттметрлік өлшегіш қондырғысы бар динамикалық балансировкаға арналған балансировкалайтын станоктың схемасы көрсетілген, мұндағы 1 – балансталатын ротор; 2 – тіреу; 3 – датчик; 4 – ауыстырып қосқыш «бұрыш — шама»; 5 – ваттметрлік индикатор; 6 – екішарнирлі білік; 7 – тізгін; I, II – ретке келтіру жазықтықтары; А, Б - өлшеу жазықтықтары арқылы өтетін осьтер.

Алдымен бір жазықтықтағы тепе-теңсіздікті, одан кейін ауыстырып қосқыштың көмегімен басқа жазықтықтағы тепе-теңсіздікті өлшейді.

Балансировкалайтын очный станоктарда екішарнирлі білікті, үстінен тасталатын ременьді, су ағынын және т.б. тізгін ретінде қолданады. Тепе-теңсіздікті түзеуді, яғни жүктерді орнату немесе алуды (тесу, фрезерлеу және т.б.) балансирлегіш станокта немесе одан тысқары жерде қолмен орындайды.



Сурет 36- Автокөлік доңғалақтарын теңестіруге арналған теңдестіру машинасы

Балансировкалайтын станоктардың мынадай түрлері болады: статикалық және динамикалық балансирлеуге арналған; горизонталь және вертикаль осьтен айналатын. Балансировкалайтын станоктардың автоматтандырылу дәрежесі әртүрлі болады, мысалы, тепе-теңсіздіктің мөлшерін және орнын анықтауға арналған

қондырғыларды, тепе-теңсіздікті және (қажетіне қарай) қайта бақылау қондырғыларын қосатын автоматтар. Жекелеген жағдайларда, күрделі детальдарды балансирлеу үшін, мысалы, іштен жанатын двигательдерінің коленчатый валдарын балансирлеу үшін арнайы автоматтандырылған желілерді қолданады.

36-суретте балансировкаға қойтырушы станок, автотранспорт құралдарының шиналарын балансирлеуге арналған балансировочный станок көрсетілген. Шиналардың дисбалансы доңғалақтарды басқаруға және оларды ұзақ пайдалануға кері әсерін тигізеді.

### 3 Гидростатика. Гидродинамика.

#### 3.1 Гидростатика және гидродинамика заңдары техникада

Сұйықтың тарапынан аудан бірлігіне әсер ететін, нормаль күшпен анықталатын физикалық шама **сұйықтың  $p$  қысымы** деп аталады:  $p = \Delta F / \Delta S$ .

Сұйықтардың (газдардың) тепе-теңдігі кезіндегі қысымы Паскаль заңына бағынады: тыныш тұрған сұйықтың кезкелген жеріндегі қысым барлық бағытта бірдей болады, қысым сұйық тұрған көлемде бірдей беріледі.

Биіктігі  $h$  болатын сұйық бағанасының қысымы  $p = \rho gh$  болады. Қысым  $\rho gh$  **гидростатикалық қысым** деп аталады.

Гидростатикалық қысымның формуласына сәйкес, сұйықтың төменгі қабатына түсетін қысым, жоғарғы қабатына түсетін қысымнан үлкен болады.

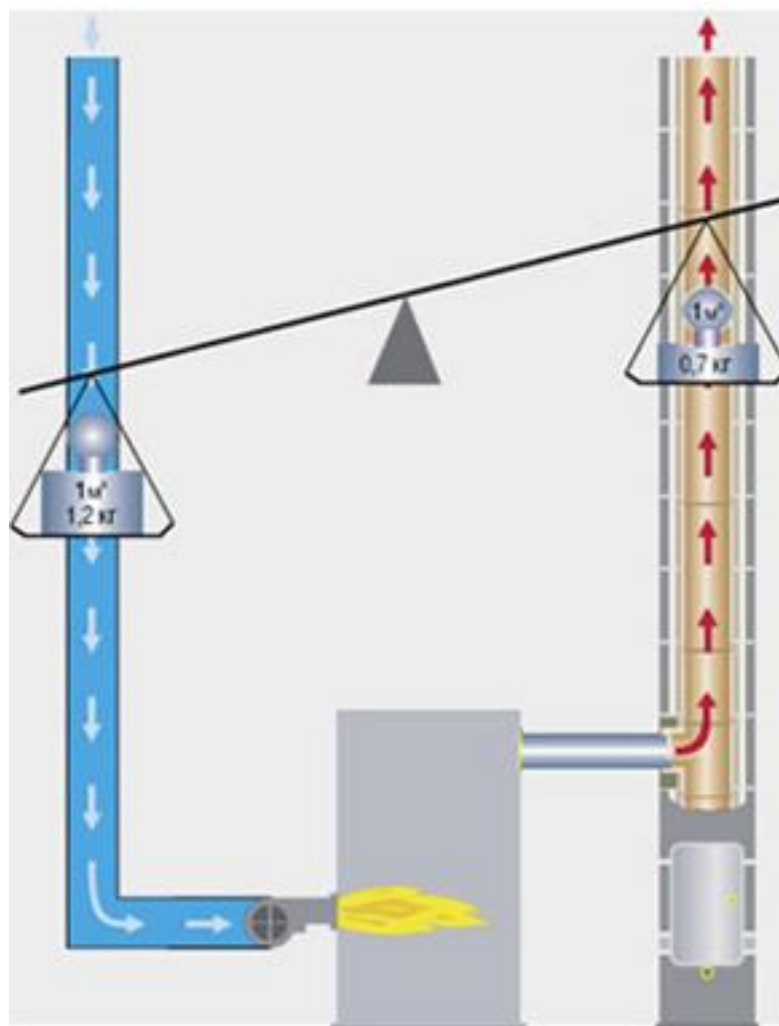
Сондықтан сұйыққа түсірілген денеге, Архимед заңымен анықталатын, кері итеруші күш әсер етеді: сұйыққа батырылған денеге, дененің ығыстырып шығарған сұйығының салмағына тең жоғары бағытталған кері итеруші күш әсер етеді:

$F_A = \rho g V$ , мұндағы  $\rho$  — сұйықтың тығыздығы,  $V$  — сұйыққа батырылған дененің көлемі.

Архимед күшінің әсерінің арқасында ауа шарларының және аэростаттардың ұшуы, сондай-ақ кемелердің жүзуі іске асырылады.

Отынның жану процесінде бөлініп шығатын жылудың салдарынан, түтіндік газдың температурасы атмосфералық ауадан жоғары болады.





Сурет 37- Пеште тартуды пайда болуы

Түтіндік трубада және қоспа элементтердің жоғары ұшатын бөлігінде көтергіш күш пайда болады, ол түтіндік газдың қозғалуына ықпал етеді және түтіндік трубада, қоспа элементтерде, сондай-ақ көптеген жағдайларда қазандықта және ол орнатылған бөлмеде газдың сиреуіне әкеліп соғады (36-сурет).

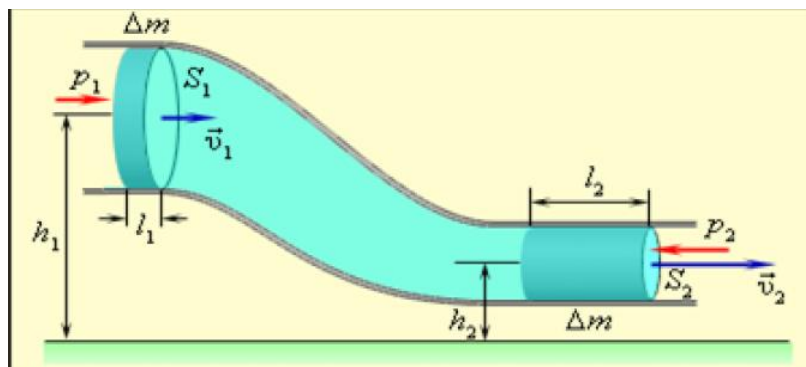
Горелка, қазан түтін трубалары бір-бірімен ауа келетін және түтіндік газды шығаратын жүйемен байланысқан. Келетін ауа атмосферадан алынады және отынмен бірге қазандыққа жағу үшін беріледі. Отын жанған кездегі түтіндік газ өзінің жылуын береді, ал содан кейін қосатын элементтер және түтін трубасы арқылы атмосфераға шығарылады.

Гидростатиканың заңдары азғантай күшті жұмсай отырып үлкен күштерді алғанда қолданылады. Мысалы, гидравликалық домкраттарда, престерде, машиналардың гидравликалық жүйелерінде.

**Гидроаэромеханика** — сұйықтар мен газдардың тепе-теңдігі мен қозғалысын, олардың өзара және олар орай ағатын қатты денелердің арасындағы өзара әсерлесуін зерттейтін, механиканың бөлімі. Ол сұйықтар мен газдарды зерттегенде бірдей заңдылықтарды қолданады.

**Тұтас орта** – бұл, ол алып тұрған кеңістіктің бөлігінде үздіксіз таралған орта. **Сығылмайтын сұйық** — тығыздығы барлық жерде бірдей және уақыт ішінде өзгермейтін сұйық.

Тәжірибе стационар ағынның тек қана сұйықтың жеткілікті түрде аз болатын жылдамдықтарында болатындығын көрсетеді.



Сурет 38-Үздіксіздік теңдеуі

Идеал сығылмайтын сұйықтың қимасы әртүрлі трубамен қозғалысын қарастырайық. (38-сурет).

Трубаның әртүрлі бөлігі әртүрлі биіктікте тұрсын.

Идеал сұйықтың қимасы айнымалы труба бойынша ағуы.  $\Delta V_1 = l_1 S_1$ ;  $\Delta V_2 = l_2 S_2$ . Сығылмайтын шарты:  $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$ .

Сұйық  $\Delta t$  уақыт аралығында қимасы  $S_1$  болатын трубада  $l_1 = v_1 \Delta t$  қашықтыққа, ал қимасы  $S_2$  болатында  $l_2 = v_2 \Delta t$  қашықтыққа орын ауыстырады, мұндағы  $v_1$  және  $v_2$  – трубалардағы сұйық бөлшектерінің жылдамдықтары. Сығылмайтындық шарты мына түрде жазылады:

$$\Delta V = l_1 S_1 = l_2 S_2 \text{ немесе } v_1 S_1 = v_2 S_2.$$

Мұндағы  $\Delta V$  –  $S_1$  және  $S_2$  қималар арқылы аққан сұйықтың көлемі.

$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}$  қатысы сығылмайтын сұйықтың **үзіліссіздік теңдеуі** деп аталады.

$\frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$  өрнегін швейцария физигі Д. Бернулли құрастырған және ол **Бернулли** теңдеуі деп аталады. Бернулли теңдеуі — идеал сұйықтың тұрақтанған ағынына қолданылатын энергияның сақталу заңының өрнегі. Оны ішкі үйкелісі аз болатын нақты сұйықтарға да қолдана беруге болады.

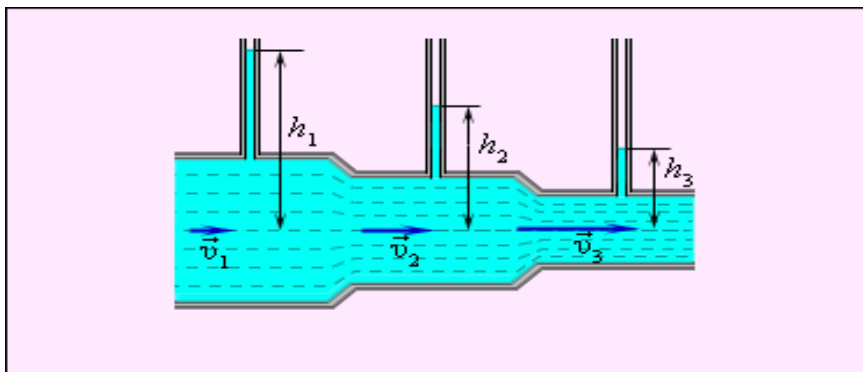
Бернулли теңдеуіндегі  $p$  шамасы статикалық қысым,  $\rho v^2 / 2$  шамасы динамикалық қысым,  $\rho gh$  шама **гидростатикалық қысым** деп аталады. Горизонталь трубкадағы ағын үшін ( $h_1 = h_2$ )  $\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const}$ , мұндағы

$\left( \frac{\rho \cdot v^2}{2} + p \right)$  толық қысым деп аталады.

Сұйықтың ағынындағы қысымды манометрдің көмегімен өлшеу.

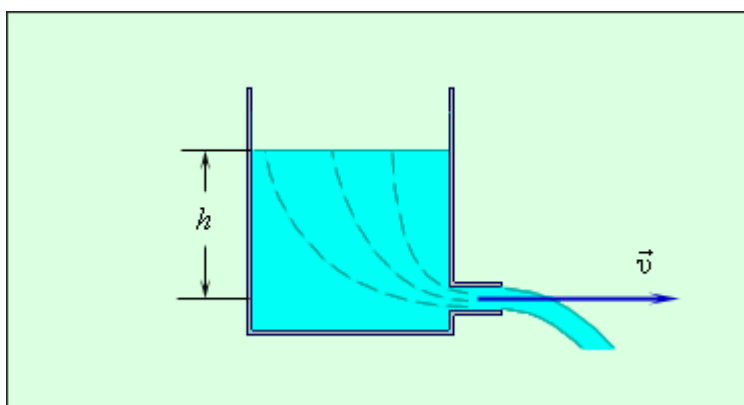
$$v_1 < v_2 < v_3; h_1 > h_2 > h_3.$$

$p$  шамасы – сұйықтағы статикалық қысым. Оны сұйықпен бірге қозғалып жүрген манометрдің көмегімен өлшеуге болады. Практикада трубаның әртүрлі қималарындағы қысым бүйір қабырғалары арқылы қойылған манометрлік трубалардың көмегімен өлшейді. Трубалардың төменгі ұштары сұйықтың жылдамдығына перпендикуляр қойылады (38-сурет).



Сурет39-Ағындағы қысымды өлшеу

Егер сұйық ағынының қимасы өте үлкен болса, онда Бернулли теңдеуін ағынның сызықтарына қолданады, яғни стационар ағыс кезінде сұйықтың бөлшектері орын ауыстыратын сызықтарға қолданылады. Мысалы, сығылмайтын идеаль сұйық кең ыдыстың бүйір қабырғасындағы немесе түбіндегі тесіктен аққан кезде ағыс сызықтары сұйықтың еркін бетінің маңайында басталады және тесік арқылы өтеді (39-сурет).



Сурет40-Кең ыдыстан сұйықтың ағуы

Кең ыдыстан сұйықтың ағуы.

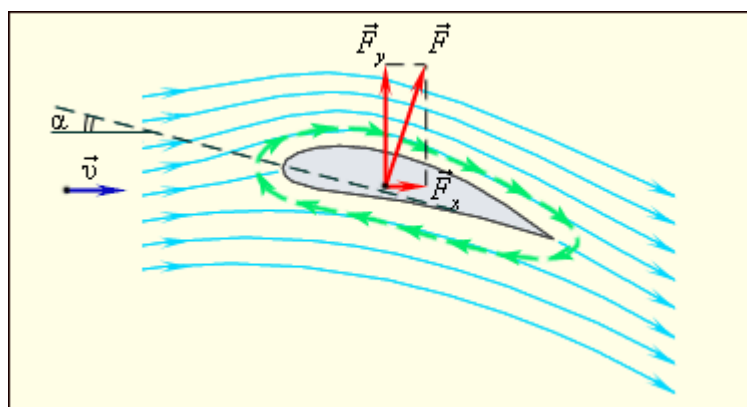
Кең ыдыстағы сұйықтың беттің маңайындағы жылдамдығы өте аз болғандықтан, Бернулли теңдеуі мына түрде жазылады:  $\rho v^2 / 2 + p_0 = \rho gh + p_0$  мұндағы  $p_0$  – атмосфералық қысым,  $h$  – ағыс сызығының бойындағы биіктіктің өзгерісі. Осылайша,  $v = \sqrt{2gh}$  ағыс жылдамдығы үшін жазылған бұл өрнекті **Торричели формуласы** деп атайды. Идеал сұйықтың ыдыстың тесігінен ағып шығу жылдамдығы, дененің бастапқы жылдамдығынсыз  $h$  биіктіктен құлап түскендегідей болады.

Дегенмен, егер Торричелли формуласы бойынша есептелген теориялық шығын мен тесік арқылы шығындалған нақты сұйықты салыстырсақ, онда қарама-қарсылық байқалады. Сұйықтың іс жүзіндегі шығыны теориялық есептегеннен гөрі белгілібір шамаға аз болады. Осы шаманы **шығын коэффициенті** деп аталады. Бұл айырым нақты сұйықтың тұтқырлығы және массасы болатындығынан болады. Мұнда сұйық лезде өзінің қозғалысының бағытын өзгерте алайды. Осының салдарынан ағынның сығылуы болады. Осыдан келіп, тесіктің пішіні мен диаметрін өзгерте отырып, сұйықтың шығынын реттеуге болады. Техникада мұндай қондырғыны жиклер деп атайды.

Сұйықтарға қарағанда газдар өздерінің көлемдерін күшті өзгерте алады. Есептеулер, егер ағындағы ең үлкен жылдамдық осы газдағы дыбыс жылдамдығымен салыстырғанда аз болатын болса, газдың сығылуын есепке алмауға болатындығын көрсетті. Осылайша Бернулли теңдеуін аэродинамиканың есептеріне де қолдануға болады.

Осындай есептердің бірі, ұшақтың қанатына әсер ететін күштерді зерттеу болып табылады. Осы есепті қатаң түрде теориялық есептеу өте күрделі, және әдетте күштерді есептеу үшін эксперименттік әдістер қолданылады. Бернулли теңдеуі қанаттың көтерілу күшінің пайда болуын сапалық жағынан ғана түсіндіре алады. 40-суретте ұшақтың қанатын айналып өткендегі ауаның ағысының сызықтары көрсетілген. Қанаттың арнайы профилі және шабуылдаушы бұрышы болатындықтан, яғни қанаттың келе жатқан ауаның ағынына қатысты еңкею бұрышы болатындықтан, қанаттың астындағы ауа ағынының жылдамдығы қанаттың үстіндегіден аз болады.

Сондықтан 40-суреттегі ағын сызықтары қанаттың үстінде, қанаттың астындағыдан гөрі бір-біріне жақынырақ орналасады. Бернулли теңдеуінен қанаттың астындағы қысым, үстіндегіден үлкен болатындығы белгілі; осының нәтижесінде қанатқа әсер ететін  $F$  күші пайда болады. Осы күштің  $F_y$  вертикаль құраушысы көтергіш күш деп аталады. Көтергіш күш ұшаққа әсер ететін ауырлық күшін компенсациялайды, сол арқылы ол ауыр ұшатын аппараттардың ауада ұшуын қамтамасыз етеді. Горизонталь құраушы  $F_x$  ортаның кедергі күші болып табылады.



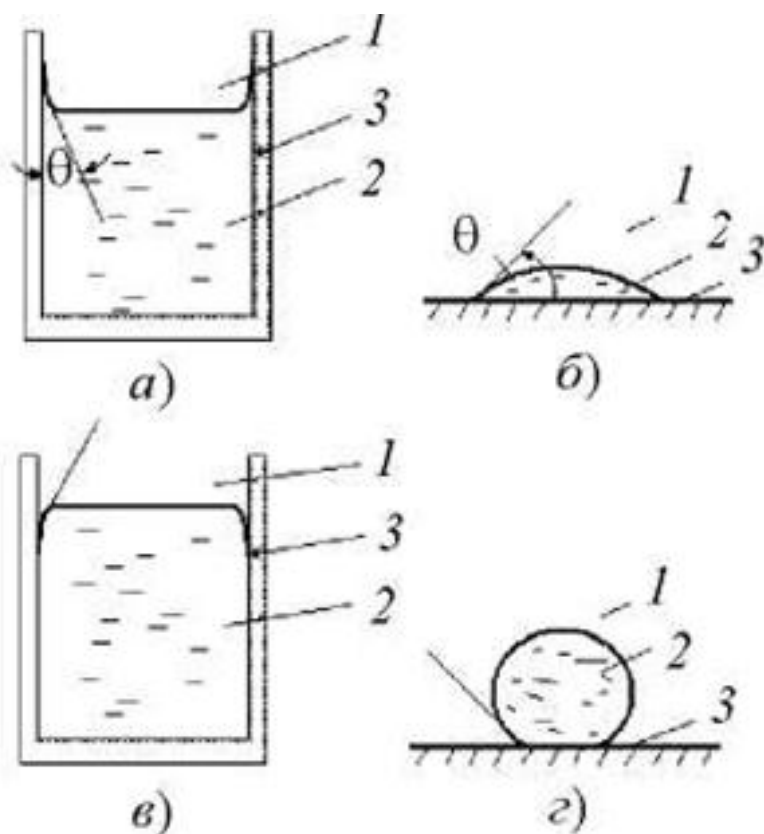
Сурет41- Ұшақтың қанатын айналып өтетін ағын сызықтары, көтергіш күштің пайда болуы.  $\alpha$  – шабуыл бұрышы

Ұшақ қанатының көтергіш күші теориясын Н. Е. Жуковский жасаған. Ол қанатты айналып өткен кезде беткі қабаттағы тұтқыр үйкелістің маңызды орын алатынын көрсетті. Олардың әсерінің нәтижесінде ауаның қанаттың айналасында айналма қозғалысы (*циркуляция*) пайда болады (41-суреттегі жасыл стрелкалар).

Қанаттың жоғарғы жағындағы циркуляция жасайтын ауаның жылдамдығы келе жатқан ауаның жылдамдығымен қосылады, ал төменгі жағында бұл жылдамдықтар бір-біріне қарама-қарсы бағытталған. Бұл әрине, қысымның айырымының пайда болуына және көтергіш күштің байқалуына әкеліп соғады.

### 3.2 Жұғу және жұқпау. Капиллярлық құбылыстар.

Сұйық және қатты денелердің молекулаларының арасындағы өзара әсерлесу сипатына тәуелді болатын олардың беттесетін шекарасында жұғу және жұқпау құбылыстарын байқаймыз. Судың тамшысы таза шыны пластинкада өзінің сфералық пішінін жоғалтып, жұқа пленканы түзеді. Мұның болатын себебі, су мен шынының молекулаларының арасындағы ілінісу күші осыған ұқсас су молекулаларының арасындағы күштен асып түседі – су шыныға жұғады. Сол пластинкада сынап тамшысы сфералық болып қала береді: сынап молекулаларының арасындағы ілінісу күші сынап пен шыны молекулаларының арасындағы күштен артық болады – сынап шыныға жұқпайды.



Сурет 42 – Тамшыда және ыдыста жұғ және жұқпау

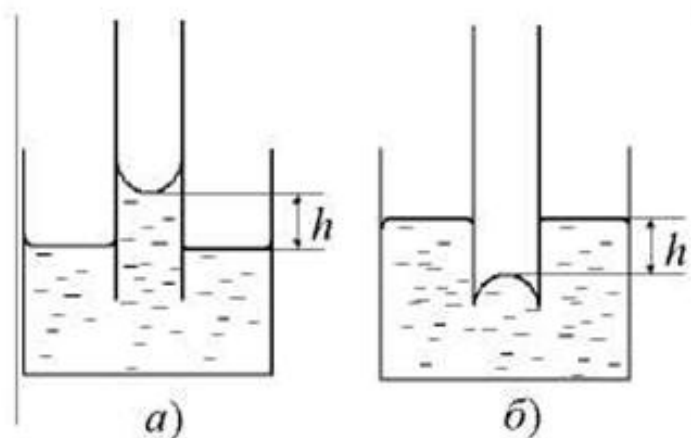
Осылайша талдай келіп мынадай тұжырымға келеміз: тамшы пішінінің ол тұрған материалға тәуелділігі сұйық молекуласының өзара әсерлесу күшінің  $F_{11}$  екі ортаның шекарасындағы қатты дененің молекулаларымен өзара әсерлеу күшінің  $F_{21}$  айырмашылығына байланысты. Егер  $F_{21} > F_{11}$  болса, онда сұйық қатты денеге жұғады. Егер сұйық ыдыстың ішінде тұрса, онда ойыс мениск пайда болады (41,а-сурет). Егер сұйық қатты дененің горизонталь бетінде тұрса (41,б –сурет), онда ол осы бетте жайылып кетеді. Қатты дененің беті мен сұйықтың бетіне оның қатты денемен беттескен нүктеден жүргізілген жанаманың арасындағы  $\theta$  бұрышты шеткі бұрыш деп атайды. Жұғу кезінде шеткі бұрыш сүйір болады, яғни  $0 < \theta < 90$  болады.  $\theta = 0$  болғанда толық жұғу болады.

Егер  $F_{21} < F_{11}$ , болса, онда сұйық қатты денеге жұқпайды. Ыдыста тұрған сұйық дөңес мениск құрайды (41,в-сурет). Горизонталь бетте тұрған сұйықтың беттесетін ауданы кішірек болған сайын, ол жұқпайтын болып табылады. Жұқпаған кезде шеткі бұрыш доғал болады, яғни  $90 < \Theta < 180$ .  $\Theta = 180$  жағдайда сұйық жұқпайды. Бір қатты дененің өзіне бір сұйық жұқса, енді бір сұйық жұқпайды. Мысалы, шыныға су жұғады, сынап жұқпайды.

### 3.3 Техникадағы қолданыстары

Су мен шыны молекулаларының арасындағы күш, судың молекулаларының арасындағы күштен үлкен болғандықтан су капиллярдың қабырғасымен оның капиллярдағы бағанасы молекулааралық күшпен байланысқан қысыммен теңескенше көтеріле береді (42,а-сурет). Сынап үшін сурет керісінше болады (42,б-сурет).

*Капиллярлық – бұл сұйықтың капилляр бойымен көтерілуі немесе төмен түсуі.*



Сурет 43- Жұғатын және жұқпайтын сұйықтықтағы капилляр

Сұйықтың деңгейі жоғары қарай бағытталған молекулалық күштер биіктігі  $h$  болатын сұйық бағанының ауырлық күшімен теңескенше көтеріле береді. Осы биіктікті табайық. Сұйықтың бағанының салмағы  $P$  модулі бойынша мынаған тең:

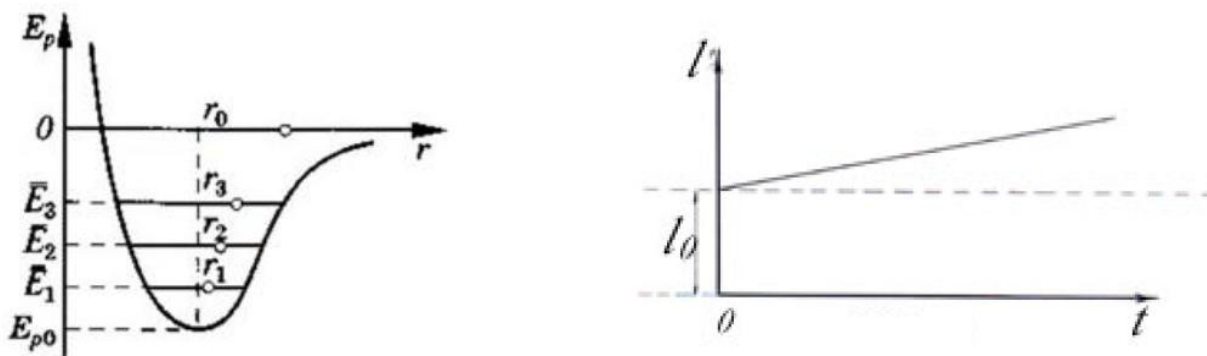
$P = \rho g V = \rho g n r^2 h$ , мұндағы  $\rho$  – сұйықтың тығыздығы,  $V$  – сұйық бағанының көлемі,  $r$  капиллярдың радиусы,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . Беттік тартылыс күші менискінің шеңбері бойымен әсер етеді, яғни  $l = 2\pi r$ . Сондықтан беттік керілу күшінің модулі мынаған тең:  $F = 2\pi r \sigma$ .

Бірақ беттік керілу күші салмағы  $P$  болатын сұйықтың бағанын теңестіріп тұрған күш болып табылады. Теңдеулердің оң жақтарын теңестіре отырып, сұйықтың көтерілу биіктігін табамыз:  $h = 2\sigma / \rho g r$

Бұл формула Жюрен теңдеуі деп аталады. Капиллярлық құбылыс техникада маңызды роль атқарады.

### 3.4 Жылулық ұлғаю. Жылу берілісі.

Температураның жоғарылауы молекулалардың қозғалысының жылдамдығының ұлғаюымен байланысты, ал бұл молекулааралық қашықтықтың ұлғаюына әкеліп соғады және өз кезегінде дененің ұлғаюына әкеліп соғады.



Сурет 44-Молекулалардың потенциалдық энергиясының температураға тәуелділігі

43-тің бірінші суретінде атомдардың өзара әсерлесуінің  $\Pi$  потенциалдық энергиясы  $E_p$ -мен олардың арақашықтығына тәуелділігі көрсетілген.  $E_{p0}$  - потенциалдық энергияның минимал мәні, оған абсолют нөлдегі  $r_0$  мәні сәйкес келеді. Бұл тепе-теңдік күй.

Температураның бір градусқа өзгерісі молекуланың орташа квадраттық жылдамдығын сипаттайды.

Антифризді сақындрату жүйесінде қолданудың өзіндік ерекшеліктері бар. Бұл қандай ерекшеліктер?

44-тің екінші суретінде сызықтық өлшемнің температураға тәуелділік графигі көрсетілген.

Бірлік ұзындыққа және температураның бірлік өсуіне сәйкес келетін ұзару, сызықтық ұлғаю коэффициенті деп аталады ( $\alpha$ ).  $[\alpha] = K^{-1} = \frac{1}{K}$  немесе  $[\alpha] = ^\circ C^{-1} = \frac{1}{^\circ C}$

$\alpha$ - өте кіші шама және кесте бойынша табылады. Стерженнің ұзаруын  $\Delta l$  - мен, оның  $0^\circ C$ -кезіндегі алғашқы шамасын  $l_0$ - мен,  $t$  температурадағы кезін  $l_t$ -мен белгілейді. Сонда  $\Delta l = l_t - l_0 = l_0 \alpha t$ ,  $l_t = l_0(1 + \alpha t)$

Керісінше,  $l_0 = l_t (1/(1 + \alpha t)) \approx l_t (1 - \alpha t)$ , өйткені  $\alpha$  өте аз және жоғары дәрежедегі мүшелерін ескермеуге болады:  $1/(1 + \alpha t) = 1 - \alpha t + \alpha^2 t^2 - \alpha^3 t^3$

$(1 + \alpha t)$  қосмүшелік сызықтық ұлғаюдың биномы деп аталады. Ол дененің ұзындығы  $0^\circ$  ден  $t^\circ C$ -ға дейін қыздырғанда қанша есе ұлғайғандығын көрсетеді.

$l_t = l_0(1 + \alpha t)$  формуласы жуықтап алынған және оны ( $200^\circ C$ - $300^\circ C$ ) температурада пайдалануға болады. Температураның өзгерісі үлкен болғанда бұл формуланы қолдануға болмайды.



Егер дененің сызықтық өлшемдері ұлғайса, онда дененің көлемі де ұлғаяды. Қыздырған кездегі дененің көлемінің ұлғаюы көлемдік ұлғаю деп аталады. Көлемдік ұлғаю көлемдік ұлғаю коэффициентімен сипатталады және  $\beta$

арқылы таңбалаынады.  $\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 \Delta t}$ .

Қатты дененің көлемінің температураға тәуелділігі  $\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$  теңдеуден соңғы көлемді табамыз  $V_t$ .

$$V_t - V_0 = \beta V_0 t, \quad V_t = V_0 + \beta V_0 t, \quad V_t = V_0(1 + \beta t).$$

Қосмүшелік  $(1 + \beta t)$  көлемдік ұлғаюдың биномы деп аталады. Ол дененің көлемі 0 тан  $t^\circ\text{C}$ -қа дейін қыздырғанда қаншалықты ұлғаятынын көрсетеді. Кубтың көлемдік ұлғаюы:  $\Delta V = l^3 - l_0^3$ ,

$$l_t^3 = l_0^3 (1 + \alpha t)^3 = l_0^3 (1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3).$$

әте кіші болғандықтан:  $V_t = V_0(1 + \beta t)$ ,  $\beta = 3\alpha$ .



Сурет 45- Биметалл реттегіш сызбасы

Биметалл пластинканы қыздырған кезде ол майысады. Биметалл пластинкалардың бұл қасиеті оны температураны өлшеуде және регулировка жасауда қолдануға мүмкіндік береді. 45-суретте осындай биметалл реттегіштің схемасы көрсетілген. Биметалл доға 1 температураны өзгерткен кезде өзінің қисықтығын өзгертеді.

Оның бос ұшына металл пластинка 2 бекітілген, ол доға жазылған кезде контакт 3-ке тиеді, ал жиылған кезде одан алыстайды. Егер мысалы, контакт 3 және пластинка 2 қыздырғыш приборы бар электр желісінің 4, 5 ұштарына

қосылса, онда контакт мен пластинка тиіскен кезде электр желісі тұйықталады: прибор іске қосылады.

Биметалл доға 1 қызған кезде пластинка 2-ні контакт 3-тен ажыратады: тізбек үзіледі, қыздыру тоқталады. Салқындаған кезде доға 1, приборды қайтадан қосады.

## 4Электромагниттер және оларды автоматика мен техникада қолдану.

### 4.1 Электромагниттердің автоматтандыру мақсаты мен қолданысы

Магниттердің екі түрі болады. Біреуі – тұрақты магниттер, олар «магниттік-қатты» материалдардан жасалады. Олардың магниттік қасиеттері сыртқы көздерді немесе токтарды қолдануға байланысты емес. Екіншісіне ішінде сердечнигі бар «магниттік-жұмсақ» темірден жасалған электромагниттер жатады.

Магнит полюстері және магнит өрісі. Стерженьдік магниттің қасиеті оның ұштарына жақындаған сайын күштірек болады.

Егер магниттің бір полюсына магниттелмеген темірді жақындатсақ, онда ол уақытша магниттеледі. Мұнда магниттің полюсына жақын жатқан магниттелген білеушенің полюсі таңбасы жағынан қарама-қарсы, ал алыс жатқаны – аттас болады.

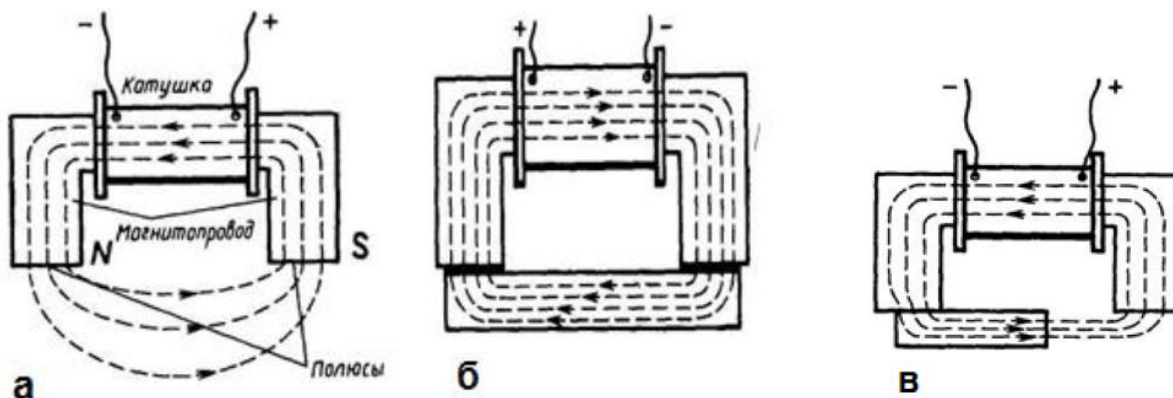
Осыдан келіп олар тартылады. Кейбір материалдар (мысалы, болат) тұрақты магниттің немесе электромагниттің маңайында болса, онда олар өздері әлсіз тұрақты магнит бола алады. Болат стерженьді тұрақты магнитті оның бойымен жүргізе отырып магниттеуге болады.

Магнит ағынының тығыздығы, немесе магнит индукциясы ( $B$ ), бірлік элементар ауданнан өтетін индукция сызығының санына тең. Магниттік индукция арқылы магнит өрісінің ондағы тогы бар өткізгішке әсер ететін күш анықталады. Егер бойымен  $I$  тогы жүретін өткізгіш, индукция сызықтарына перпендикуляр болса, онда Ампер заңы бойынша өткізгішке әсер ететін  $F$  күші өріске де, өткізгішке де перпендикуляр болады және магнит индукциясына, ток күшіне және өткізгіштің ұзындығына пропорциональ болады. Осылайша, магнит

өрісі  $B$  үшін мына өрнекті жазуға болады:  $B = \frac{F}{Il}$ , мұндағы  $F$  – ньютонмен алғандағы күш,  $I$  – ампермен алғандағы ток,  $l$  – метрмен алғандағы ұзындық. Магнит индукциясының өлшем бірлігі тесла (Тл)

Фарадейдің пікірінше, тек қана электрлік емес, сонымен қатар магнит өрісі де кеңістікті толтыратын күш сызықтары болып табылады. Магнит өрісінің күш

сызықтарының саны, яғни магнит ағыны:  $\Phi = \int_S B_n ds$ , мұндағы  $B_n$  –  $B$  магнит өрісінің ауданның  $ds$  элементіне проекциясы. Магнит ағынының өлшем бірлігі вебер деп аталады (Вб);  $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$ .



Сурет46 - Электромагниттер

Фарадей өзгертін магнит өрісіндегі өткізгіш орамында пайда болатын ЭҚК жөніндегі заңды да тұжырымдады. Бұл заңға сәйкес, мұндай ЭҚК орамнан өтетін толық магнит ағынының өзгерісінің жылдамдығына пропорционал болады.  $\varepsilon = -\frac{dF}{dt}$  формуладағы минус таңбасы ЭҚК-інің жасаған тогының магнит өрісінің бағыты магнит ағынының өзгерісін азайтуға қарай бағытталған. Егер катушка N орамнан тұрса, онда:  $\varepsilon = -N \frac{dF}{dt}$

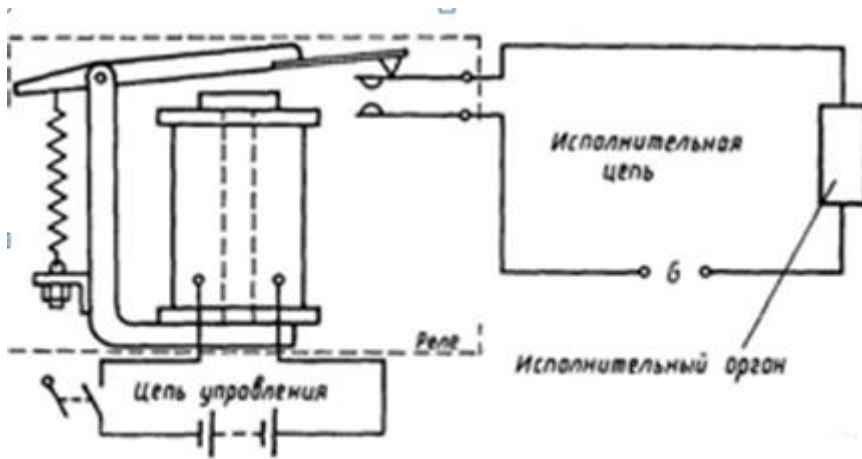
Бұл қатыс тізбек арқылы өтетін магнит ағыны қандай себептен өзгерсе де дұрыс болады.

Кең қолданысқа ие болған қарапайым қондырғы *электромагнит* деп аталады.

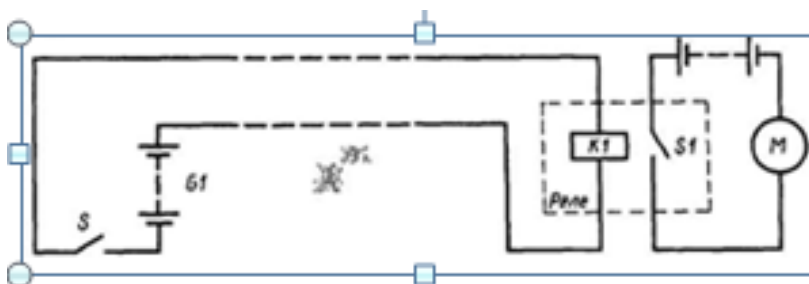
Электромагнит магнит өткізгішке оралған сым катушкадан тұрады. (46-сурет). Магнитөткізгіштің ұштары электромагниттің полюстері болып табылады. Егер магнитөткізгіштің пішіні 46, а-суреттегідей болса, онда оған тартылған ферромагнетикмагнитөткізгішті толық тұйықтауы (46,б-сурет), немесе белгілібір саңылау қалдырады (46, в-сурет).

Егер магнитөткізгіштұйықталған болса, онда ферромагнетик магнитөткізгішке ең үлкен күшпен тартылады. Электромагниттің маңызды қасиеті (тұрақты магнитпен салыстырғанда) осы күштің катушкадағы токты ажыратқанда жоғалып кетуі болып табылады. Темірден жасалған нәрселерді транспортировкаға көмектесетінэлектромагниттік крандардың жұмысы осыған негізделген. Ол автоматикада да қолданылады.

Мұнда электромагниттің полюстеріне арнайы ферромагниттік пластина тартылады, ол *якорь* деп аталады. Якорь арқылы электромагниттің магнит ағыны тұйықталады.Якорьды электромагниттің полюстеріне тарту белгілібір қимылды орындау үшін, мысалы, контактыларды қосу не ажырату үшін қажет болады.



Сурет47-Электромагниттік реле



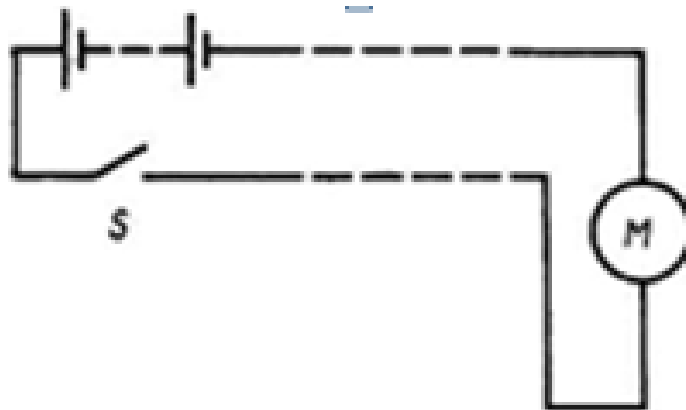
Сурет48- Реле көмегімен электр қозғалтқышын қашықтан басқару

Тартқыш якорі бар электромагниттің ерекшелігі якорьдың қадамының қысқалығы болып табылады.

Электроавтоматикада датчиктерден келген әлсіз сигналдар, қуатты орындаушы органдардың жұмысын басқаруы қажет: қосу немесе ажырату. Бұл реле деп аталатын ерекше қондырғының көмегімен орындалады.

Реле бірауақытта екі электр тізбегіне кіреді (47-сурет): әлсіз токты басқару электр тізбегіне және үлкен қуатты тұтынушы – орындаушы мүше қосылған тізбекке кіреді. Реле әлсіз токтың көмегімен үлкен қуатты ток жүретін тізбекті тұйықтайды немесе ажыратады.

Датчиктен немесе коммутациялық қондырғыдан алыс тұрған қуатты орындаушы мүшені басқару кезінде релені қолданудың маңызы зор. (47-сурет). Бұл жағдайда басқарушы әсіз токты тізбек ұзынырақ болады. Бұл тізбекте ток күшінің мәні аз болғандықтан энергия шығыны аз болады. Шығын орындаушы тізбекте де аз болады, өйткені өткізгіштің ұзындығы аз болады да кедергі де аз болады.

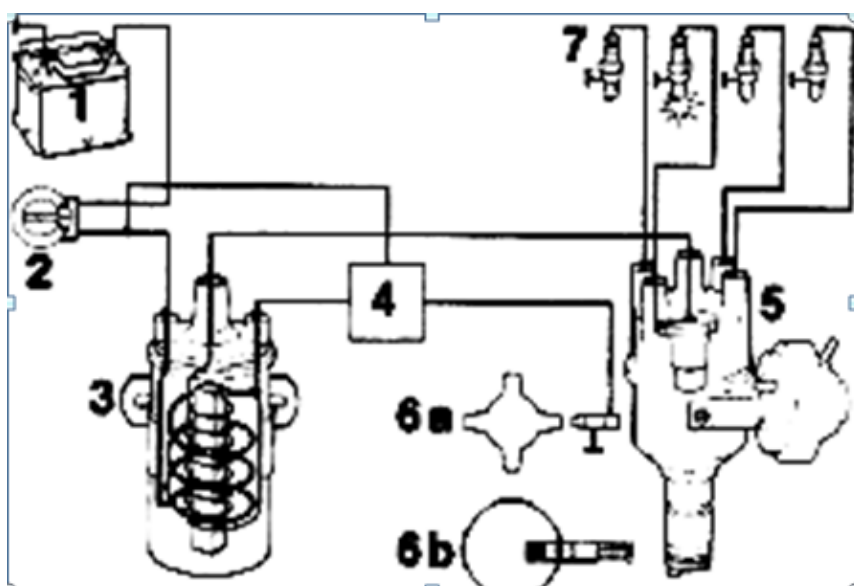


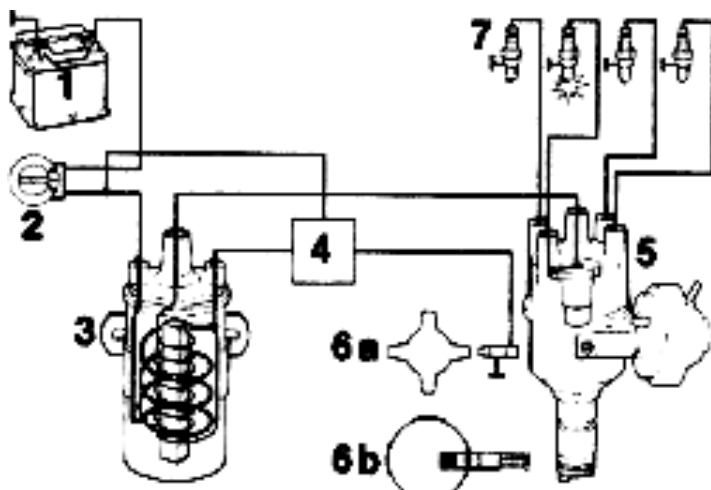
Сурет49- Қарапайым ажыратқыштың көмегімен электр қозғалтқышын қашықтан басқару

Егер қуатты тұтынушыны басқару релесіз орындалса (49-сурет), онда өткізгіштің ұзындығы да, кедергісі де үлкен болып, энергияның шығыны көп болар еді. Басқару тізбегіндегі кернеу релені қолданған кезде аз болады, бұл өз кезегінде оператордың жұмысын қауіпсіз етеді.

Реленің ерекшелігі оның жұмысының секірмелі сипатында. Ток күші басқару тізбегінде белгілі бір мәнге жеткенде орындаушы тізбектегі ток күші секірмелі түрде өзгереді.

Көптеген автомобильдер осы уақытқа дейін кәдімгі батареялық тұтандыру жүйесімен жабдықталған. Мұнда ток аккумуляторлық батареядан (немесе генератордан) тұтандыру катушқасының бірінші орамасы арқылы өтеді. Тағайындалған моментте ажыратқыш контактісі алшақтайды да магнит ағынын жауып тұрған тізбек ажырайды және екінші орамада жоғары ЭҚК пайда болады. Кернеу тұтандыру катушқасынан жоғары кернеу өткізгіші арқылы тұтатқыштың таратқышына, ал одан тұтандыру шамдарына беріледі.





Сурет 50- Контактсыз-транзисторлық тұтандыру жүйесі

**Контактсыз-транзисторлық тұтандыру жүйесі:**

1 - аккумуляторлық батарея; 2 – тұтатқыштың выключателі; 3 - тұтатқыштың катушкасы; 4 - электрондық блок; 5 – тұтандыру распределителі (центрден тепкіш және вакуумдық механизмдері бар); 6a - индукциялық типтегі импульстік генератор; 6b - Холл эффектiсiне негiзделген (альтернативті вариант) импульстік генератор; 7 – тұтандырғыш свечалар.

Төменде 1 минут ішіндегі ұшқындық разряд пен төрттактылы двигательдегі иінді біліктің айналу жиілігі келтірілген:  $f=z \cdot n/2$

Мұндағы  $f$  - ұшқындық разрядтың жиілігі;  $z$  - цилиндрлердің саны;  $n$  – двигательдің иінді білігінің айналу жиілігі.

Иінді біліктің айналуының аз жиілігінде ажыратқыш контактілерінің тұйық жағдайындағы ұзақтығы жеткілікті түрде үлкен болады, ол катушкадағы жиналған барлық энергияны толық қолдануға мүмкіндік береді. Одан жоғарырақ айналу жиілігінде контактілердің тұйық периоды қысқарақ болады да жиналған энергияның аз болуына байланысты, тұтану катушкасының шығысына кішірек кернеудегі ток беріледі. Тұтату катушкалары, тұтату шамдарының двигательдің иінді білігінің айналуының максимал жиілігінде де қалыпты жұмыс істеуі үшін жеткілікті болатын жоғары ЭҚК-ін алу үшін жасалынады. Изоляциялайтын детальдардағы ластану тұтану жүйесіндегі жүктің ұлғаюына әкеліп соғады және шекті жағдайларда тұтануды өткізіп алуға да әкеп соғады.

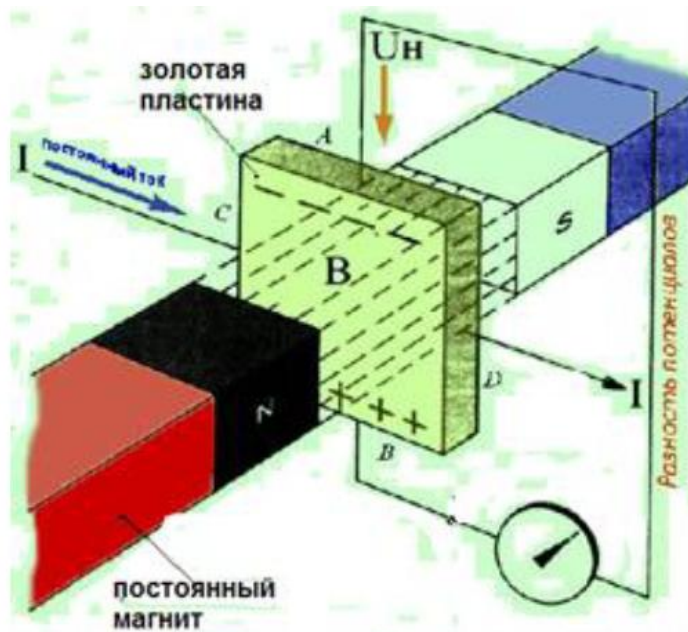
*Индукциялық типтегі импульстік генераторлар.* Тұрақты қоздырғышы бар айнымалы токтың осындай генераторы статор мен ротордан тұрады. Ротордың полюстерінің жұптарының саны двигательдің цилиндрлерінің санына сәйкес келеді. Генератордағы пайда болған айнымалы токтың жиілігі мен амплитудасы, двигательдің иінді білігінің айналу жиілігінің өзгерісіне сәйкес өзгереді. Басқарудың электрондық блогы (БЭБ) айнымалы токтың кернеуі жөніндегі ақпаратты өңдейді және оны тұтатуды басқару үшін қолданады.

**Индукциялық типтегі импульстік генераторы бар тұтатқыштың ажыратқышы:**

1 - тұрақты магнит; 2 - сердечнигі бар жұмыстық обмотка; 3 - өзгеретін ұшқындық аралық; 4 - босатушы сигналдың дискісі (триггер).

### Холл эффектісі

Америка физигі Э. Холл мынадай эксперимент (1879) жасады, ол алтыннан жасалған М пластинка арқылы I ток өткізіп, оның жоғарғы және төменгі қырларындағы қарама-қарсы жатқан А және С нүктелердің арасындағы  $\Delta\phi$  потенциалдар айырымын өлшеді. Бұл нүктелер М өткізгіштің бідей көлденең қимасында жатыр. Сондықтан,



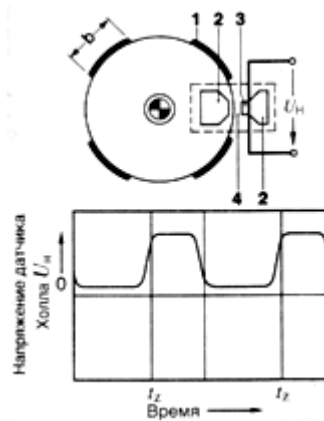
Сурет 51- Холл датчигі

күткендегідей,  $\Delta\phi=0$  болады. Тоғы бар пластина оның бүйір қырларына перпендикуляр болатын біртекті магнит өрісіне қойылғанда А және С нүктелерінің потенциалдары әртүрлі болды. Бұл құбылыс Холл эффектісі деп аталды. А және С нүктелерінің арасындағы  $\Delta\phi$  потенциалдар айырымы I ток күшіне, B индукцияға пропорциональ және пластинканың b еніне кері пропорциональ екендігі тағайындалды, яғни,  $\Delta\phi = \phi_A - \phi_C = RIB/b$  мұндағы, R-Холл тұрақтысы.

Бұдан кейінгі зерттеулер Холл эффектісінің олардың материалына қарамастан, барлық өткізгіштер мен шала өткізгіштерде байқалатынын көрсетті. Токтың немесе B векторының бағытын қарама-қарсы өзгерткенде потенциалдардың  $\phi_A - \phi_C$  айырымының таңбасы да қарама-қарсы өзгереді.

R Холл тұрақтысының сан мәні M пластинканың материалына тәуелді болады, мұнда бұл коэффициент бір заттар үшін оң, ал басқалар үшін теріс болады.





Сурет 52-Холл датчигі бар тұтану таратушысы

**Холлдатчигі бар тұтатқыштың ажыратқышы:**

1 –еніб болатын қалақша; 2 – магниттік өтімділігі әлсіз элементтер; 3 – Холлдатчигі; 4 – ауа саңылауы;  $\mathcal{E}/n$  - Холл датчигіндегі кернеу.

*Холлдың импульстік генераторлары.* Осы генератордың жұмыс істеу принципі Холлэффектісіне негізделген. Айналу жылдамдығының өзгерісін сезгіш магнит өрісі электрлік зарядталған шала өткізгіштік қабатта кернеулік импульсін туғызады да, ол одан әрі басқарудың электрондық блогына жіберіледі. Импульстік генераторлардың механикалық ажыратқыштарға қарағанда едәуір артықшылығы бар, өйткені олар тозбайды, яғни көп күтімді талап етпейді. Сондай-ақ олар тұтану моментін дәл басқаруды қамтамасыз етеді.

Темір жүрекшелері бар және үздіксіз режимде жұмыс істейтін ампер-орам саны өте үлкен ірі электромагниттердің магниттеуші күші де үлкен болады. Олар полюстердің арасында 6 Тл-ға дейін магниттік индукцияны туғызады; бұл индукция тек қана механикалық кернеумен, катушкаларды қыздырумен және сердечникті магниттік қанықтырумен шектеледі. Импульстік магниттік өрістерді туғызатын қондырғыларды, сонымен қатар сумен салқындатылатын бірқатар алып электромагниттерді (сердечниксіз), П.Л.Капица (1894–1984) Кембридже,КСРО ҒА физика мәселелері институтындажәне Ф.Биттер (1902–1967) Массачусетс технологиялық институтындақұрастырды.

*Магниттік дефектоскопия.* Ферромагниттік бұйымдардың үлкен класын өндіру технологиясында және оларды қауіпсіз қолдануда олардың сапасын оларды бұзбай бақылау әдісі де бар. Бұлардың ішіндегі маңызды орынды бақылаудың магниттік әдісі алады, олар бақылаудың жоғары сенімділігін және жылдамдығын, ақпаратты контактысыз алуды қамтамасыз етеді және адамдар үшін экологиялық қауіпсіз болады.

## 4.2 Оптика және оны техникада қолдану. Радиоактивті заттарды техникада қолдану.

Жарық электромагниттік тербелістер шкаласының диапазонында радиотолқындар менү- сәулеленудің арасында жатқан электромагниттік тербелістер екендігі белгілі. Осылайша оптикалық сәулелену электромагниттік тербелістер шкаласының  $10^{-2}$  до  $10^7$  нм (1 см) диапазонында, яғни, инфрақызыл (0.1 мм- 770 нм), көрінетін (770- 380 нм), ультракүлгін (380 – 5 нм). рентген сәулелері 5 нм –  $10^{-2}$  нм аралығында болады.

Спектрдің әртүрлі бөлігі ғылым мен техникада әртүрлі қолданысқа ие болды.

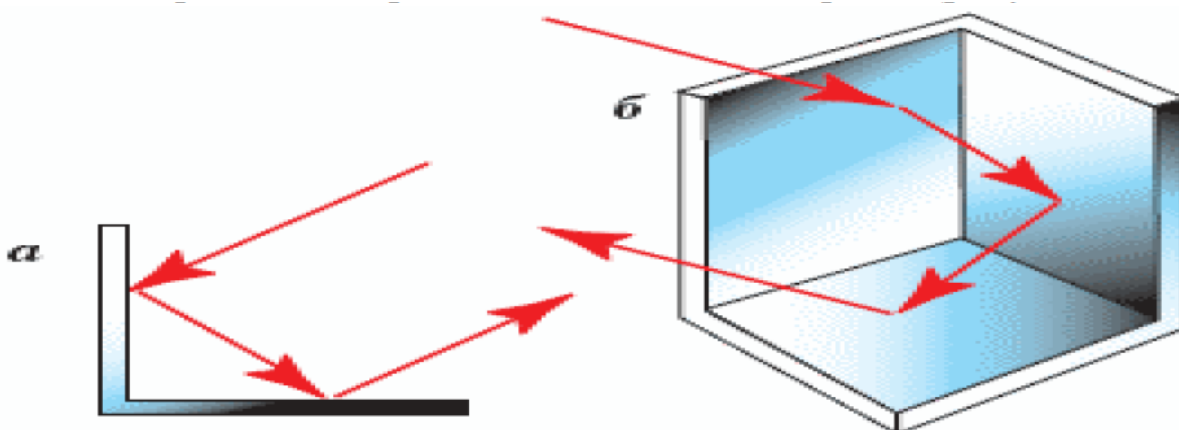
Жылулық сәулелену көрінетін жарықты шығарумен қоса жүреді, бірақ бұл энергия спектрдің көрінбейтін бөлігімен салыстырғанда аз болады.

Жылу өткізгіштік және конвекцияарқылы жылу беру на температураға пропорционал болады, ал сәулелікжылулық ағын температураның төртінші дәрежесіне пропорционал болады да, Стефана – Больцман заңына бағынады:

$$q = \sigma A(T_1^4 - T_2^4),$$

мұндағы  $q$  – жылу ағыны (джоуль/секунд, яғни Вт),  $A$  – сәуле шығарушы дененің бетінің ауданы ( $m^2$ ), ал  $T_1$  және  $T_2$  – сәуле шығарушы дененің және осы сәулені жұтатын ортаның температурасы(Кельвинмен).

Шағылу заңы техникада қолданылады. Үшжақты айналық бұрыштық шағылдырғыштар радиолокациялық техникада қолданылады.



Сурет53 -Бұрыштық шағылдырғыштың жұмыс принципі

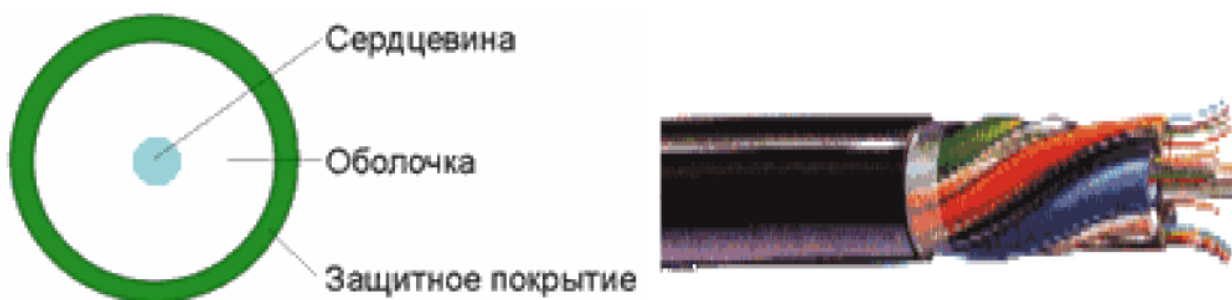
Талшықтық-оптикалық байланыс желісі (ТОБЖ) мыналардан тұрады:

- *таратқыш* - жарық сигнал көзі;
- *қабылдағыш* - жарықсезгіш элемент;
- *таралу ортасы* - оптоталшық.

Оптогалшықтық байланыс желісінің маңызды жетістіктері:

- *электромагниттік әсерлерге орнықтылығы;*
- *оптикалық талшықты кабельдің сәулеленуі болмайды;*
- *массалық-габариттік параметрлері қолайлы;*
- *санкцияланбаған араласудан қорғалуы.*

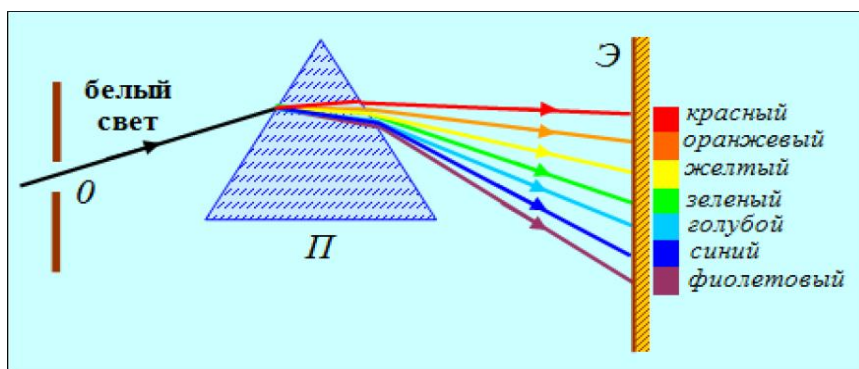
Қазіргі оптикалық талшық екі компоненттен тұрады: *өзекше*(core) және қабықша(cladding). Талшық сыртынан қорғаушы жабындымен жабылады. ТОБЖ-дағы оптогалшық кабелі ондаған және жүздеген талшықтан



Сурет54-Оптикалық талшық қимасы және талшықты-оптикалық кабель

тұрады.

Өзекше де, қабықша да шыныдан немесе пластикадан жасалады. Көбінесе өзекшемен қабықша айрықша кварц шынысынан жасалады. Мұнда қабықша ретінде пайдаланылатын шынының сыну көрсеткіші өзекшенің сыну көрсеткішінен кіші болуы керек. Практикада шынының сыну көрсеткіші легирлеуші қоспалар арқылы реттеледі. Оптикалық талшықтарда өзекше мен қабықшаның сыну көрсеткіштерінің айырымы шамамен 1%-дың маңайында болады..



Сурет55- Шыны призмадағы жарықтың дисперсиясын көрсету

**Жарық дисперсиясы** деп ортада таралған жарықтың фазалық жылдамдығының  $v$  жиілікке байланыстылығын айтады. Мұнда  $v=c/n$  болғандықтан, жарық дисперсиясы деп ортаның  $n$  сыну көрсеткішінің жарық толқынының жиілігіне тәуелділігін айтуға болады. Жарық дисперсиясы ақ жарық

призма арқылы өткенде айқынырақ байқалады. Призмдан өткенде жарық әртүрлі түске бөлінеді. Алынған спектрді призмалық деп атайды.

Сыну көрсеткіші үшін:

$$n = 1 + A \frac{v_0^2 - v^2}{(v_0^2 - v^2)^2 + \beta^2 v^2}, \quad (3)$$

мұндағы  $A=2Ne^2/m$ , мұнда  $N$  – атомдардың концентрациясы,  $e$ ,  $m$  электронның заряды және массасы.

54-ші суретте  $n$ -нің  $v$ -ға тәуелділігі берілген,  $\beta = 0$  болғандағы (штрихталған сызық) және  $\beta$ -ны ескергенде (тұтас сызық).  $A$  және Саймақтары нормаль дисперсиялар аймақтары деп аталады, және бұлар үшін:

$$dn/dv > 0 \quad \text{немесе} \quad dn/d\lambda < 0$$

Ваймағы, аномаль дисперсия аймағы деп аталады, және ол үшін:

$$\frac{dn}{dv} < 0 \quad \text{немесе} \quad \frac{dn}{d\lambda} > 0$$

Аномаль дисперсия аймағында жарық өте көп жұтылады. Техникада осының негізінде спектрлік құралдар қолданылады.

Техникада жасанды радиоактивтік изотоптардың көмегімен өлшеу әдісі кеңінен қолданылады. Осы әдістің негізінде резервуардағы материалдың радиоактивтік сәулелерді жұту принцип жатады. Радиоактивтік көзден шыққан сәуле шоқтары резервуар арқылы түзу сызық бойынша өтеді. Сәулелендіргішке қарсы жатқан резервуардың қабырғасына қабылдағыш қойылады. Ол қабылданған сәулені электр импульсіне айналдырады. Радиоактивтік сәулелерді резервуардың ішіндегі материалдың жұтуына байланысты қабылданған сәуленің интенсивтілігі деңгейдің биіктігіне байланысты.

Белгілі бір тозу кезінде радиоактивті тіркеме ашылады да изотоптар мен радиоактивті зат жағармайға қосылады.

## 5 Радиоактивтілік

### 5.1 Радиоактивті заттардың техникада қолданылуы.

**Өздігінен жарық беретін бояулармен материалдар. Қолданылуы тозуды бақылау үшін радиоактивті изотоптар және т.б тозу көрсеткіштері. Гамма ақауларын анықтау**

Көптеген ондаған жылдар радиация, өнеркәсіптік ауданда сәтті қолданылып келеді. Атом энергиясын пайдаланып, осы саланың көптеген маңызды тапсырмаларын шешуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, мұнай өңдеу, өңдеу өнімдерін қайта өңдеу мәселесін, ауыр көмірсутектер және күрделі молекулалы басқа заттар құрылымы, зиянды заттардың ағып кетуін бақылау және басқа да тапсырмалар. Сонымен қатар, өнеркәсіпте радиоактивті изотоптар:

- ✓ жаңа полимерлер алу;
- ✓ құрылыс материалдарын өндіру;
- ✓ инженерлік коммуникациялардағы жасырын ақауларды анықтау;
- ✓ пластмасса, қағаз және басқа материалдардың қалыңдығын анықтау;
- ✓ жағармай материалдарын зерттеу;
- ✓ әртүрлі құрылыс және тау-кен жұмыстарына арналған шешімдер
- ✓ бақыланатын ядролық жарылыстар

Радиациялық әдістің артықшылықтары жоғары деп атауға болады орындау жылдамдығы немесе басқа тапсырматолық немесе мүмкіндігі ішінара автоматтандыру өндірістік процестер, төмен шығындар (сәйкес басқалармен салыстырғанда энергия көздері) орнату интеграциясы радиациялық емдеу қазірдің өзінде орнатылған технологиялық желілерді айтуға болады.

Бірқатар жағдайларда өндіру, қашықтан өлшеуді жүзеге асыру қажет балқытылған металдың деңгейі, улы және реактивті немесе криогендік сұйықтықтар.

Ең кең таралған жасанды радиоактивті заттардың көмегімен өлшеу әдістері изотоптар. Негізгі әдіс сіңіру принципіне тиісті материалдың радиоактивті сәулеленуі, резервуарда қамтылған. Шығарылған сәулелер шоғы радиоактивті көз, резервуар арқылы түзу сызықпен сызықтар өтеді. Эмитентке қарама-қарсы резервуар қабырғасында, қабылданған сәулелерді түрлендіретін қабылдағыш электрлік импульстар орналасқан. Радиоактивті заттардың сіңірілуіне байланысты резервуардың ішіндегі материалдың сәулелері алынған қарқындылық сәулелену деңгейінің биіктігіне байланысты.

Қабылдағыштың шығысында пайда болатын импульстар, жиілік радиация интенсивтілігіне пропорционалды шамаға келтіріледі релесі бірден жұмыс істейтін коммутациялық құрылғы уақыт бірлігіндегі импульстардың саны алдын ала анықталған мәнге градуировка кезінде жетеді және анықталады.

16.2-сурет – Радиоизотоптық деңгейді бақылау құралы 1 – өлшенген бос немесе сұйық орта; 2 – сәуле шығаратын құрылғы; 3 – көтеру механизмі (кұрт, таспа немесе тістері бар тартпа); 4 - резервуардың қабырғасы; 5- Гейгер есептегіші; 6 - жүйеде тепе-теңдікті сақтауға арналған электрондық блок; 7- электр қозғалтқышы; 8 - сәулелену сенсоры; 9 - механикалық беріліс қорабы; он - индукциялық датчик; 11 – индикатор (жазба) құрылғысы; 12 және 13 -синхронды қабылдағыштар.

## **5.2 Сұйықтық деңгейін анықтау үшін радиоизотоптарды қолдану.**

Қабырғалары қалың болса, радиоактивті сәулеленуді пайдалану үшін бізге жоғары энергетикалық препарат қажет. Іс жүзінде болуы үшін мүмкіндігінше әлсіз дәрілермен және, тиісінше, олармен айналысаңыз ең аз радиациялық қорғаныс, сәуле шығарушы арасындағы қашықтық және қабылдағыш минималды болуы керек.

Техникалық сұйықтардың химиялық реакциялар кезінде мысалы басқа майлау сұйықпен арасқан кезде, сол процестерді орындау үшін қоланылатын

Радиоактивті изотоптар радиоизотоптар деп аталады. Радиоизотоптардың олардың сәулеленуі бойынша алуға болады. Кез келген физикалық немесе химиялық реакциядағы тағбалы атомдар немесе басқаша тағбалы изотоптар әдісі деп аталатын әдіс қолданылады.

Радиоактивті йод, мысалы қалқанша бездің ауруын емдеу үшін қолданады және радиоактивті изотоптарын өнеркәсіпте металл құймалардың торларындағы ақауларды анықтау үшін жиі және кең қолданады.

## **5.3 Өздігінен жарық беретін бояулар мен материалдар**

Мысалы: Домна пештерінде күмбездер, шахталы әк пештері. Бұған қабырғаның қалыңдығын азайту арқылы қол жеткізуге болады, түтіктерді пайдалану арқылы эмитент пен қабылдағышты орнату орындары, алдыңғы жағынан тығыздалған.

Радиациялық қуаттың әлсіреуі ауаны сіңіруге байланысты радиоактивті эмитент квадраттық заң бойынша жүреді. Сіңу дәрежесі қатты және сұйық заттардың радиоактивті сәулеленуіне байланысты ең алдымен олардың тығыздығына байланысты.

Нақты не екенін алдын ала көрсетейік дәл осындай әдіс гамма-дефектоскопияны жүргізу кезінде қолданылады, - жасырын қабықшаларды, ағып кетулерді, сызаттарды анықтау аяқталды.

Деңгейді анықтауға арналған құрылғыны (16.3-сурет) қарастырайық қалыптарға құйылған болат, арнайы қалып, болат салқындап, дайындамаға айналады. Радиоактивті өлшегіш құрал таяқшадан тұрады ол кобальт 60 препараты, сцинтилляциялық есептегіш және арнайы күшейткіш.

**Гамма ақауларын анықтау**

Дереккөздер радиация және есептегіштер қойылады, кристаллизатор арқылы орналасқан аймақ, болат құю процесі, өтуі мүмкін және санауыш ұстауы радиоактивті изотоптар, көзге келетін олардың сәулеленуі.

Қалыңдығы және мөлдір тығыздық материалды анықтайтын сіңіру дәрежесі радиоактивті сәулелену демек, санауыш ұстаған изотоптардың саны. Сағат оны өлшеу аймағында болат деңгейін көтеру немесе төмендету пішіндегі биіктігі аздықөпті болады, радиоактивті сәулеленудің қабаттасуы және бір мезгілде өзгеруі санауышпен түсірілген гамма кванттар саны болып табылады.

Демек, санауышқа соғылған гамма кванттар саны өлшем ретінде қызмет етеді, биіктік қалыптағы сұйық, болаттың деңгейі. Ашылған кезде және гамма ақауларын анықтау кезінде дайын өнімдердің ақауларын тексеру гамма кванттар санының өзгеруі оның болуы туралы сигнал болып табылады, кез келген ақаудың өнімі - жарықтар, тығыздағыштар, қабықтар және т.б.

Есептегішке жеткен гамма кванттар жарық тудырады. Кірістірілген натрий йодид кристалында жыпылықтайды, жиіліктің қарқындылығына пропорционалды радиоактивті сәулеленеді. Кристаллмен бірге оптикалық реттелген фотокөбейткіш түтік жарықтың жыпылықтауын тудыратын фотосезімтал бөлігі екінші реттік электрондардың түзілуі болады.

Содан кейін, жұмыс нәтижесінде арнайы көбейткіштер, күшейткіштер және толық түрлендіргіштер қарсылық, сәйкес импульстар алынады.

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=4&v=XIIViaNITIW&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=XIIViaNITIW&feature=emb_logo)

a – фотографиялық әдіс - дефектоскопия; b – фотолюминесценттік ақаулар әдісі

Гамма-сәулелердің әртүрлі заттардың қалыңдығына ену қасиеті металдардағы жасырын ақауларды анықтауда қолданылады, құрылыс материалдары, пластмасса және керамика. Осының негізінде гамма ақауларын анықтаудың бірнеше әдістері.

Фотографиялық әдіс. Бір жағынан бақыланатын жақ 1 радиоактивті сәулелену көзінде орналасқан 2, қорғанысқа орналастырылған қорғасын қаптамасы 3 ашу тесігі 4, ал бөліктің қарама-қарсы жағында фотопластинка 5 кассетаға 6 орналастырылған. Гамма сәулелері, бөлігінің қалыңдығынан өтіп, ішінара сіңіріледі.

Егер гамма-сәулелер жолында бос орынға тап болса (қабық, жарықшақ, тесік) немесе бөгде денеге, сіңіру дәрежесі өзгереді. Бұлардың барлығы бұзушылықтар фотопластинаға бекітіледі және көрсетіледі «мөлдір» үлгідегі біртекті емесердің сұлбасы. Әдіс дәл көру қажет болған жағдайда, яғни ақаулы топография қолданылады. Бұл жағдайда маңызды асқынуды тудыратын сәулелену концентрациясы, қорғаныс құрылғылары және қондырғының көлемін ұлғайтуы.

Иондау әдісі біріншіге ұқсас, тек орнына зерттелетін үлгінің қарама-қарсы жағындағы фотопластинкалар иондану камерасы немесе бөлшектерді санауыш (Гейгер-Мюллер есептегіші) орналастырылған, күшейткіш немесе санау құрылғысы және механикалық санауыш немесе көрсеткіш құрылғысы. Арасынан өткен бөлшектер «мөлдір» деталь есептегіш (камера) және одан кейін түсіріледі, импульстік күшейткіш алыммен бекітіледі. Көбейту немесе импульстар санының азаюы болса, егжей-тегжейлі біркелкі емес, болып белгі береді.

Фотоәдістен айырмашылығы, бұл жағдайда деталь мобильді болуы мүмкін, бірақ үздіксіз бақылауды жүзеге асырады, импульстарды санау қиын, өйткені мерзімді өткен импульстардың санын бекітуі. Фотолюминесценттік әдіс трансиллюминация техникасына ұқсас.

Айырмашылығы мынада тек фотопластинаның немесе бөлшектердің есептегішінің орнына сцинтилляция деп аталатын (сцинтилляция - әсерінен жарқырау түріндегі кристалдардың жарқырауы, жарқырауы радиоактивті сәулелену) есептегіш. Қалыңдығы арқылы өтетін бөлшегі 4 үлгі, кристалға түсіп, оның жарқырауын тудырады - жарқыл, кристалдың артында орналасқан фотокөбейткіш 5 арқылы қабылданады. Кристалдың жарқырауына байланысты фототоктың өзгеруі күшейткіш 6 арқылы күшейтілген және гальванометрмен бекітілген

7. Жарқырау кристалдар (нафталин, шеелит, мырыш сульфиді, натрий йодиді) және басқалары) гамма-сәулеленудің әсерінен болады, оларға түсетін гаммафотон сәулесінің қарқындылығына пропорционал. Кристалл өте әлсіз жарқырағандықтан, үшін люминесценцияны тіркеу, фотокөбейткіш қолданылады - бұл жерде FEU-19 дизайны, одан кейін тұрақты күшейту ток.

<https://svarkalegko.com/tehnology/radiographicheskiy-metodkontrolya.html>

Кейбір жағдайларда жарық көздерінің энергиясы басқа көздеріне тәуелсіз болып, ал энергия міндетті түрде көздерінде болуы керек. Мұндай жарық көздері және тиісінше, бояулар өздігінен жарықтандырғыш деп аталады.

Мысалы, қауіпті өндірістер, жерасты шахталары, суасты қайықтары мұндай бояулар авариялық шығудың бағыттарын көрсетеді, ол үшін люктер мен әртүрлі басқару элементтері төтенше жағдайды қалыптастыруға қажет.

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=19&v=qjS731IHtO](https://www.youtube.com/watch?time_continue=19&v=qjS731IHtO)

Y&feature=emb\_logo

Жарқыраған бояулар үшін және әлсіз жарық көздері ретінде тұрақты жарық композициялары (SPD) аздаған радиоактивті заттың қоспасы бар фосфорлар қолданады. Бастапқыда фосфорға табиғи  $\alpha$ -радиоактивті заттар қосылды (Ra немесе Th). Жұмыстың мерзімі мұндай SPD радиациялық зақымданумен шектеледі  $\beta$ -эмиттері бар фосфор SPD, кейбір изотоптар ретінде  $\beta$ -бөлшектердің энергиясын пайдаланылады. Газ тәрізді K<sub>g</sub>85 ішінен люминоформен қапталған баллондарды қолдануға әзірлейміз.

Тіркеуге арналған люминофорлар сцинтилляциядағы ядролық сәулелену үлкен түрінде қолданылатын есептегіштер бейорганикалық немесе органикалық монокристалдар, сондай-ақ пластмассалар және сұйық ерітінділер деп аталатын ол-сцинтилляторлар.

Аспап жасауда және сағат жасауда салалар жиі фосфорлар қолданылады. Жарқыраған радиолюминесцентті теру аспаптар мен сағаттардың белгілі бір артықшылықтары бар, бірақ олар үшін өндіріс радиоактивті материалдарды пайдаланады.

<https://mydiscoveries.ru/kakie-veshhestva-svetyatsya-v-temnote>

Түтін детекторлары дабыл жүйесінде альфа эмитенттерін пайдаланылады. Радиоактивті препараттарда күшті гамма-сәулеленуін металл құймаларының ішкі құрылымын зерттеп олардағы ақауларды анықтап қолданылады. Радиоактивті



изотоптарды қолданудың ауыл шаруашылығында қазір кенейіп жатыр. Өсімдік тұқымдарын сәулелендіру (мақта, қырыққабат, шалғам және т.б.) бастап гамма-сәулелердің шағын дозаларымен радиоактивті препараттардың айтарлықтай өсуіне өнімділік әкеледі.

Сәулеленудің үлкен дозалары өсімдіктерде мутациялар және микроорганизмдер тудырады, кейбір жағдайларда жаңа құнды қасиеттерімен бар мутанттарды (радиоселекция) тудырады. Солай өсірілген бидайдың, бұршақтың және басқа да дақылдардың бағалы сорттары, сондай-ақ алынған өндірісте қолданылатын жоғары өнімді микроорганизмдер антибиотиктер.

Радиоактивті изотоптардың гамма-сәулеленуі сонымен қатар зиянды жәндіктермен күресу және азық-түлікті сақтау үшін өнімдерде қолданылады. Ауылшаруашылық технологиясында «Тектелген атомдар» кеңінен қолданылады.

Мысалы, фосфордың қайсысы тыңайтқыштар өсімдікке жақсы сіңеді екенін анықтау үшін радиоактивті фосфор тыңайтқыштарын  $^{32}\text{P}$  белгілейді. Өсімдіктерді зерттеу радиоактивтілік бойынша тыңайтқыштың әртүрлі сорттарынан оларды сіңіретін фосфор мөлшерін анықтауға болады.

Радиоактивтілікті қолданудың қызықты жердің әдісі - археологиялық және геологиялық олжалардың мерзімін белгілеу радиоактивті изотоптардың концентрациясы.

Ең жиі қолданылатын радиокөміртекті анықтау әдісі. Көміртектің тұрақсыз изотопы тудырған ядролық реакциялар нәтижесінде атмосферада ғарыштық сәулелер пайда болады. Бұл изотоптың аз пайызы тұрақты изотоппен бірге тұрады.

Өсімдіктер және т.б. организмдер ауадағы көміртекті тұтынады және олар екеуін де изотоптары ауадағыдай пропорцияда жинақтайды. Өсімдіктер өлгеннен кейін олар көміртекті тұтынуды тоқтатады және  $\beta$  ыдырау нәтижесінде тұрақсыз изотоп біртіндеп жартылай ыдырау периоды 5730 жылдар азотқа айналады.

Салыстырмалы концентрацияны дәл өлшеу арқылы ежелгі организмдердің қалдықтарында радиоактивті көміртек болуы мүмкін олардың қайтыс болған уақытын анықтауға болады.

Жаңа технологияны сынау кезінде жылдамдық пен үйкеліс жұптарының тозу дәрежесін білу қажет. Бұл қызмет көрсету операторлары, интервал майды ауыстыру, машинаны майорға тоқтату немесе профилактикалық қызмет көрсету оларға ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді.

Әлемдегі практикада машина жасау және пайдалану тәжірибесінде кен таралған радиоактивті изотоптар әдісін тапты.

Әдістің мәні өзгертуге негізделген майлау майының радиоактивті сәулеленуінің шамасы мен үйкеліс беттерін майлауы.

Материалдық радиоактивтілік кезінде металға радиоактивті изотоптарды енгізу арқылы, балқыту немесе бөлшектерді радиоактивті қабатпен жабу заттар арқылы бөлшектер жасалады.

Құрамындағы тозу өнімдерінің радиоактивтілігі май сүзгісінде жиналатын майлау майы радиометриялық әдіс өлшеумен байланысты.

Әдіс майдың сынамасын алуға негізделген, мұнда жинақталған тозу өнімдері, олар металл бөлшектері, металл оксидтері және химиялық өнімдер металдардың

жағармайлардың белсенді компоненттерімен әрекеттесуі материалдар пайдаланылған.

Бұл әдіс машиналар және олардың құрамдас бөліктері бөлшектеу қажеттілігін болдырмайды. Ол зертханаларда қолданылады және интегралдық тозуды өлшеуге арналған жұмыс жағдайлары әртүрлі машиналардың түйіндерінде, мысалы, технологиялық жабдықтар, көліктер, іштен жанатын қозғалтқыштар, беріліс тісті дөңгелектер және т.б.

Әдістің дәлдігі сезімталдықпен анықталады мұнай құрамындағы металл қоспаларының мөлшерінде (10-6 ... 10-8 1 см<sup>3</sup> майдағы г).

Үлгі майдағы тозу өнімдерінің құрамы орташа мәнді сипаттауы қажет. Бұл үшін, мысалы, картерден сынама алу кезінде майды ағызып, мұқият араластырып жүргізеді.

Механизмдердің маңызды бөліктерінде тозу шегі апатқа әкелуі мүмкін, мысалы, авиацияда, тозу шекті көрсеткіштері қолданылады. Бұл үшін денеде бөлшектерді тозу тереңдігі шегіне дейін, орнату радиоактивті элементті, содан кейін радиоактивті дәнекерлеу немесе желіммен қапталады. Көбінесе бұл мақсаттар үшін олар егжей-тегжейлі диаметрі 0,5-1 мм бұрғылайды, онда радиоактивті кірістірулер жасайды

елгілі бір тозу кезінде белгілі бір изотоптардың радиоактивті кірістірулері және радиоактивті зат майлау майына түседі, басталу туралы сигнал береді. Бұл әдісті суретте көрсетіңіз.

Активтендіру талдауының спектрлік және радиометриялық әдістерде ортақ ерекшеліктері бар. Тозу өнімдерінің мазмұны мұнай олардың радиоактивтілігімен талдау арқылы анықталады үлгінің нейтрондармен сәулеленуінен кейінгі гамма-сәулеленуінің спектрлері.

Беттік белсендірудің тағы бір жолы бар. Негізі радиоактивтіліктің төмендеуін өлшеу әдісі берілген аумақта орналасқан бөліктің бетінің тозуы сәулелену арқылы тереңдігі 0,05 ... 0,4 мм радиоактивті жерде бетінің ауданы немесе оған зарядталған бөлшектердің енуі (нейтрондар, протондар, альфа бөлшектері).

Бөлшектердің тозуы салыстыру арқылы калибрлеу кестесіне сәйкес анықталады радиоактивтіліктің төмендеуімен және оның радиоактивтілігін төмендету үлгілер бөлігі сияқты бірдей жағдайларда белсендірілген.

Тарировочный кестесі процесті модельдеу үлгілердегі тозу кезінде құрастырылады. Радиоактивтілікті өлшейді қабаттары дәйекті түрде (ұнтақталған) материалдың қабағын жояды .

Әртүрлі әдістермен бөлшектердің радиоактивтілігін анықтау үшін гамма-сәулелену өлшеуге негізделген .

Негізгі компоненттердің күйін автоматты бақылау және металл өңдеу кезіндегі станоктағы процестер.

Кесетін құралдың тозуын өлшеу әдістері

а) тікелей өлшеу әдістері. Бұл әдістер тозу параметрлерін тікелей өлшеу, сонымен бірге тозу бақыланады (алдыңғы жағында пайда болған тесік бойымен беттер), кесу жиегінен тесіктің ортасына дейінгі қашықтық, тесіктің тереңдігі, артқы бетіндегі тозу жолағының ені, құралдың көлемін немесе массасын азайту, өлшемді

тозу кесу жиегі, партиядағы бөлшектердің мөлшерінің таралуы және т. б. мыналарды қамтамасыз етеді.

Көрсетілген параметрлерді радиоактивті, оптикалық-теледидарлық, лазерлік, электромеханикалық, ультрадыбыстық немесе пневматикалық әдістер анықталуы мүмкін.

<http://school4mama.ru/qa/2011663952-metody-opredeleniyavelichiny-iznosa-detaley-mashin.html>

Радиоактивті әдіс радиоактивті датчиктерге қолдануға негізделген. Кесу тақтасы нейтрондармен сәулеленеді және процесте кесу құралдың ұсақ радиоактивті бөлшектері стружкамен бірге кетеді. Радиоактивтілік деңгейі қай жерде өлшенеді, сол жерден өлшеудің басы арқылы стружка өтеді. Радиоактивтілік деңгейі стружка аспаптық материалдың көлеміне байланысты демек, құралдың толық тозуынан да байланысты. Радиоактивті бөлшектерді тозу аймағының шекаралары бойынша орналастыру ұсынылады. Радиоактивтілік тозуның құлауы аймағының білдіретіні радиоактивті бөлшектердің орналасуынан әрі қарай таралғаны.

Бұл әдістердің кемшіліктері төмен дәлдік, күрделі өлшеу аппаратурасы, кескіш құралдармен жұмыс істеу мүмкін еместігі, радиоактивті заттармен жұмыс істеу қажеттілігі. Сондықтан іске асырудың қарапайымдылығына карамастан, бұл әдіс аса таратылмады.

Стерильділік-көптеген медициналық препараттардың сапасының негізгі критерийі. Радиостерилизация кезінде заттар, картон қораптарға герметикалық оралған, бірнеше рет олар конвейер жүйесі арқылы Со-60 көзінің алдынан өтеді.

Со-60 шығаратын Радиация қаптамаға енеді. Өнімдердегі микробтық қоздырғыштарды өлтіретін материал және сол арқылы оларды стерильді етеді. Әдеттегі әдістермен салыстырғанда, радиостерилизацияның келесі артықшылықтары бар:

Минималды радиациялық қондырғының үздіксіз жұмысы, техникалық қызмет көрсету және күтім;  
жоғары сенімділік; жоғары кепілдік стерильділік сапасы; ұлы заттарды қолданбау химиялық заттар; көптеген пластикалық заттарды өңдеу мүмкіндігі бір реттік пайдалану.

<https://ru.coursera.org/lecture/elementy-atomnoj-i-yadernoj-fiziki/ispolzovaniie-radioaktivnykh-istochnikov-i-prieparatov-v-promyshliennosti-iAlhOp>

<https://www.net-film.ru/film-55401/>

## **6 Зертханалық жұмыстар**

### **6.1 Аэродинамикалық кедергінің ауа ағынының жылдамдығына, дене пішіні мен қимасына тәуелділігін анықтау**

#### **Сабақтың оқу мақсаты:**

Қозғалатын дене ортасымен көрсетілетін аэродинамикалық кедергіні зерттеу техникалық бейіндегі мамандарды дайындаудың маңызды міндеті болып табылады. Жекелеген бөліктердің немесе барлық механизмдердің немесе аппараттардың ортадағы қозғалысы ортаның кедергісін еңсеруге арналған энергия шығындарымен жүреді. 80 км/сағ жылдамдықпен жеңіл автомобиль қозғалысы кезінде аэродинамикалық кедергіні еңсеруге кететін қуат 40 км/сағ жылдамдығымен салыстырғанда 4 есе көп. Гидродинамикалық кедергі құбырлар бойынша сұйықтықтардың қозғалысына үлкен ықпал береді.

Қазіргі заманғы өндіріс инженері аэро және гидродинамикалық кедергі мәселелеріне үнемі тап болады. Бұл автокөлік, құбыр көлігі, әртүрлі араластырғыштар, шашыратқыштар, аэродинамикалық елеуіштер және т.б. болуы мүмкін. Осы беріліп отырған зертханалық жұмыс болашақ мамандар дайындауда маңызы зор болып табылады.

#### **Негізгі материал.**

"Аэродинамикалық кедергінің әуе ағынының жылдамдығына, дене пішіні мен қимасына тәуелділігін анықтау" зертханалық жұмысын табысты орындау және тапсыру үшін Бернулли теңдеуін, тұтқырлықты, үздіксіздік теңдеуін, ток түтігін, сұйықтықта және газдағы денелердің қозғалысын білу қажет. Алдыңғы кедергіні, көтеру күшін, миделдік қиманы анықтау. Дененің сыртынан құйын пайда болу салдары ретінде қарсы кедергінің пайда болу себептерін және құйын пайда болуын азайту тәсілдерін білу қажет. Тең иықты емес таразыларды пайдалана отырып аэродинамикалық кедергі күштерін анықтау үшін рычагтағы күштердің тепе-теңдік шарттарын және оларды анықтау тәсілдерін білу қажет.

#### **Сабаққа дайындық жұмыстары.**

С.Э. Хайкин. «Физические основы механики» М.:1971 (540-545 б.)

Ю. Мацкерле. «Современный экономичный автомобиль» М. Машина жасау. 1987. (19-22, 40-59 б.).

Г.С. Ландсберг. «Элементарный учебник физики» т.1. М.: Ғылым, 1975. (387-393, 406-410 б.).

В.И. Грабовский. «Курс физики» М.: Жоғары мектеп. 1980 (80-88 б.).

Төмендегі сайттардан да қызықты мәліметтер табасыздар

<http://nauka/student.ru/>, [/Phys.Web.ru](http://Phys.Web.ru), және осы сияқты басқа сайттардан да гидромеханика, аэромеханика, аэродинамикалық кернеу кілт сөздерін пайдаланып таба аласыздар.

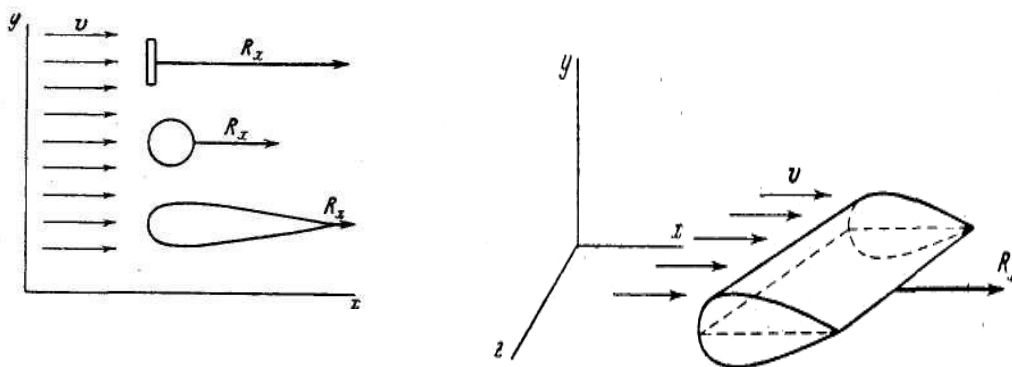
#### **Кіріс бақылауы.**

1. Ток сызығына анықтама беріңіз. Олар қандай қасиеттерге ие?
2. Ток түтігіне анықтама беріңіз. Оның қасиеттері қандай?
3. Бернулли заңын жазыңыз және жауап беріңіз. Қосылыстар қалай аталады?

4. Ортада дене қозғалысы кезіндегі тұтқырлықтың рөлі қандай?
5. Тұтқырлық коэффициенті және кинематикалық тұтқырлық. Олардың қозғалысқа қарсы тұрудағы рөлі.
6. Беттік кернеу және көтеру күші кернеу күшін құраушысы ретінде.
7. Кернеу күшінің дененің қозғалыс жылдамдығына және ағын жылдамдығына тәуелділігі.
8. Кернеу күшінің дененің түріне тәуелділігі.
9. Мидель қимасы және оның қозғалысқа кедергі келтіретін үлесі.
10. Үлгілердің әрқайсысында аэродинамикалық кедергіні зерттеу бойынша эксперименттердің күтілетін нәтижелерін сипаттаңыз.
11. Неге беттік кернеу күшін өлшеу кезінде бірқатар жағдайларда таразылардың тербелісі кезінде алынған деректерге сенуге болады? Неге бұл тербелістер болады?
12. Беттік кернеу күшін қалай есептеу керек?
13. Неге қарсы кедергіні өлшеу кезінде біз мидель қимасының ауданын ескермейміз?
14. Егер аэродинамикалық таразылар бағыттамаcының тербелісі орын алса, өлшенген шамалар үшін қандай мәндер қабылданады.
15. Модельді (үлгіні) ауыстыру кезінде тепе-теңдік жағдайын неге реттеу қажет?
16. Эксперименттерді орындау тәртібін атаңыз.
17. Эксперимент кезінде қателер қай жерде жасалуы мүмкін екенін көрсетіңіз.
18. Үлгіден ауа үрлегішке дейінгі қашықтықты ең тиімді өлшеу жолдары.

**Құралдар, жабдықтар, материалдар.**

Ауаүрлегіш, таразылар, түрлі таразылар, мидельдік қимасы бар түрлі пішіндегі денелер.



Сурет56- Аэродинамикалық көтергіш күші

**Теориялық кіріспе және бастапқы мәліметтер.**

Аэродинамиканың маңызды міндеттерінің бірі сұйықтықтағы немесе газдағы қатты денелердің қозғалысын зерттеу, атап айтқанда, осы орта қозғалатын денеге әсер ететін күштерді зерттеу болып табылады. Бұл мәселенің практикалық мәні анық - ол ауа мен суда дене қозғалысының барлық жағдайларында пайда болады.

Егер жазық пластинка сұйықтықта өз бетінше қалыпты қозғалса, онда пластинканың бетіне қалыпты әсер ететін қысым күші өзгереді. Қалыпты қысымның өзгеруінің қозғалысымен байланысты пластинканың алдыңғы жағына қысым артқы

қысымға қарағанда көп, сондықтан бірдей әсер ететін қалыпты қысымдар қарсы қозғалысқа бағытталған.

*Қалыпты қысымның өзгеруі нәтижесінде дене қозғалысы кезінде пайда болатын бұл күш орта кедергісі деп аталады.*

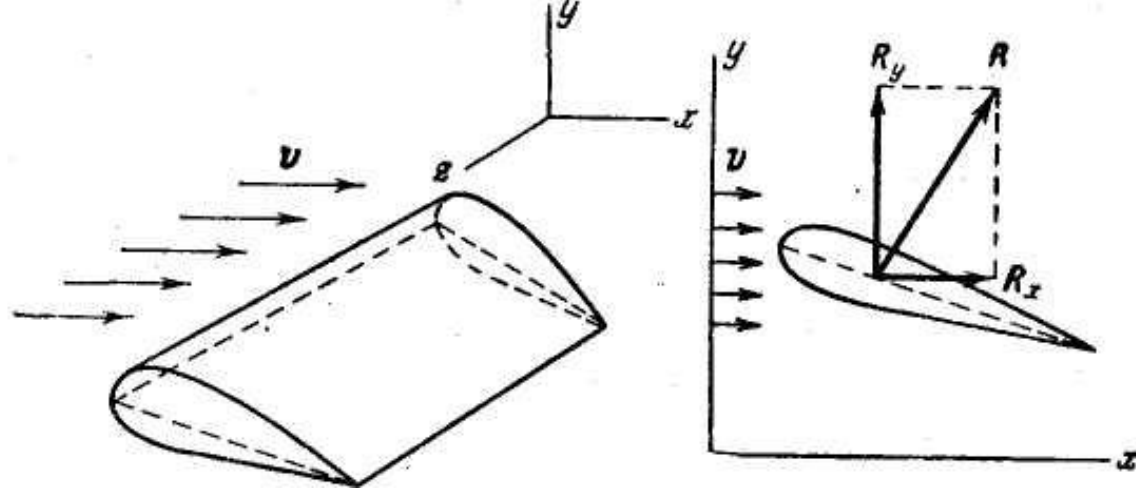
Бұл күштерді теориялық есептеу өте күрделі мәселе болып табылады. Сондықтан, орта қозғалатын денеге әсер ететін күштерді эксперименттік зерттеудің мәні зор, бірінші жағдайда дененің жылдамдығымен, екінші жағдайда ағынның шамасы бойынша тең болса және бағыт бойынша қарама-қарсы болса, онда орта қозғалыстағы дене қозғалмайтын денеге қандай күшпен әрекет ететіндігі туралы тұжырымдарды пайдаланады. (Осы пайымдаудың негізінде екі дененің арасында пайда болатын барлық физикалық құбылыстар осы денелердің салыстырмалы қозғалыс жылдамдығына ғана байланысты болуы мүмкін.)

Сондықтан ауадағы қозғалыс кезінде пайда болатын күштерді анықтау үшін дене аэродинамикалық құбырдағы динамометрлердің көмегімен бекітіледі, онда ауаның біркелкі ағыны пайда болады. Динамометрлердің көрсеткіштері бойынша дененің әр түрлі бағыттардағы күші туралы айтуға болады, бұл күштердің дененің пішіні мен бетінің жай-күйіне, олардың ағындағы орналасуына және ақыр соңында ағынның жылдамдығына тәуелділігін зерттеуге болады.

Тәжірибе көрсеткендей, ағын өзі ағатын денеге әсер ететін күштің шамасы мен бағыты денелердің пішініне, олардың ағындағы бағдарына және ағынның жылдамдығына байланысты. Симметрия жазықтығы бар және осы жазықтықтың координаттық жазықтыққа параллель орналасқан денелер бағыты (симметрия ұғымынан күтуді қажет ететін) ағынның бағытына сәйкес келетін ағын жағынан күш сынайды (57-сурет). Бұл  $R_x$  күші беттік кернеу деп аталады.

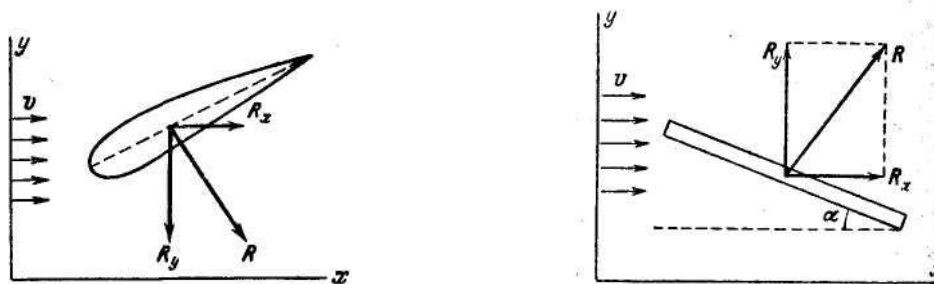
Бұл дене үшін алдыңғы кедергі ағынның жылдамдығын арттырумен тез өсуде, ал әр түрлі дене үшін олардың өлшемдері мен пішініне байланысты. Бірдей көлденең өлшемдері бар денелер үшін, мысалы диск, шар және сигар тәрізді денелер сияқты- беттік кедергі диск үшін ең үлкен, сигар тәрізді денелер үшін ең кіші болады (56- сурет). Бұл, егер дененің симметриясы болмаса немесе оның симметрия жазықтығы ағынға қатысты көлбеу орналасса, ағын жағынан денеге әрекет ететін  $R$  нәтиже күші ағынның бағытымен сәйкес келмейді (57 сурет).

Сурет 57- Мандайлы күш



С  
 онда  
 ағынн  
 ың  
 бойым  
 ен  
 бағытт  
 алған  
 $R_x$

құраушысынан басқа ағынға перпендикуляр бағытталған  $R_y$  құраушысы бар.  $R_x$ -  
 жоғарыда қарастырылған беттік кедергі.  $R_y$  құрамдас бөлігі көтеру күші деп  
 аталады. Атауы шартты түрде:



Сурет 58-Күштің жіктелуі

$R_y$  құрамдас бөлігі міндетті түрде жоғары бағытталған емес. Егер дене  
 ағынмен ағатын болса, оның симметрия жазықтығы ағынмен тұйық бұрыш түзеді,  
 онда  $R_y$  "көтеру" күші төмен бағытталған. Көтеру күші, беттік кедергісі сияқты  
 ағынның жылдамдығына, дене пішіні мен өлшеміне және оның ағынға қатысты  
 орналасуына байланысты.

Мысалы, ағынның бойымен немесе оған перпендикуляр орналасқан жазық  
 пластинка тек алдыңғы кедергіні сынайды (әрине, екі жағдайда да әртүрлі). Осы  
 пластинкаға көлбеу (5-сурет), беттік кедергі және көтеру күші әрекет етеді.  
 Пластинкалар көлбеуінің өзгермеген бұрышында ағынның оңға қарай көтеру күші,  
 ал беттік кедергісі ағынның жылдамдығының ұлғаюымен өседі.

Бұл ретте көтергіш күш пен беттік кернеу шамамен бірдей ағын  
 жылдамдығына байланысты (ағын жылдамдығының квадратына пропорционалды  
 түрде өседі) және олардың ағын жылдамдығының өзгеруі кезінде қатынасы  
 өзгеріссіз қалады.  $R_y$  "көтеру" күші төмен бағытталған (4-сурет).

Қондырғының басты бөлігі сезгіш таразылар болып табылады, олар иықты  
 иінтіректі болып табылады және мыналардан тұрады:

- а) шкаласы бар рамкалар1;
- б) 2 қапсырмалар;
- в) қарсы салмағы 4 бар 3 бағыттамаалар;
- г) 10 барабан және 9 бекіту бұрандасы;
- д) зерттелетін денелері бар 5 ұстағыштар;
- е) 11 ось;
- ж) салмағы 0,1-ден 1 грамға дейін 6 жүк тиегіштер;

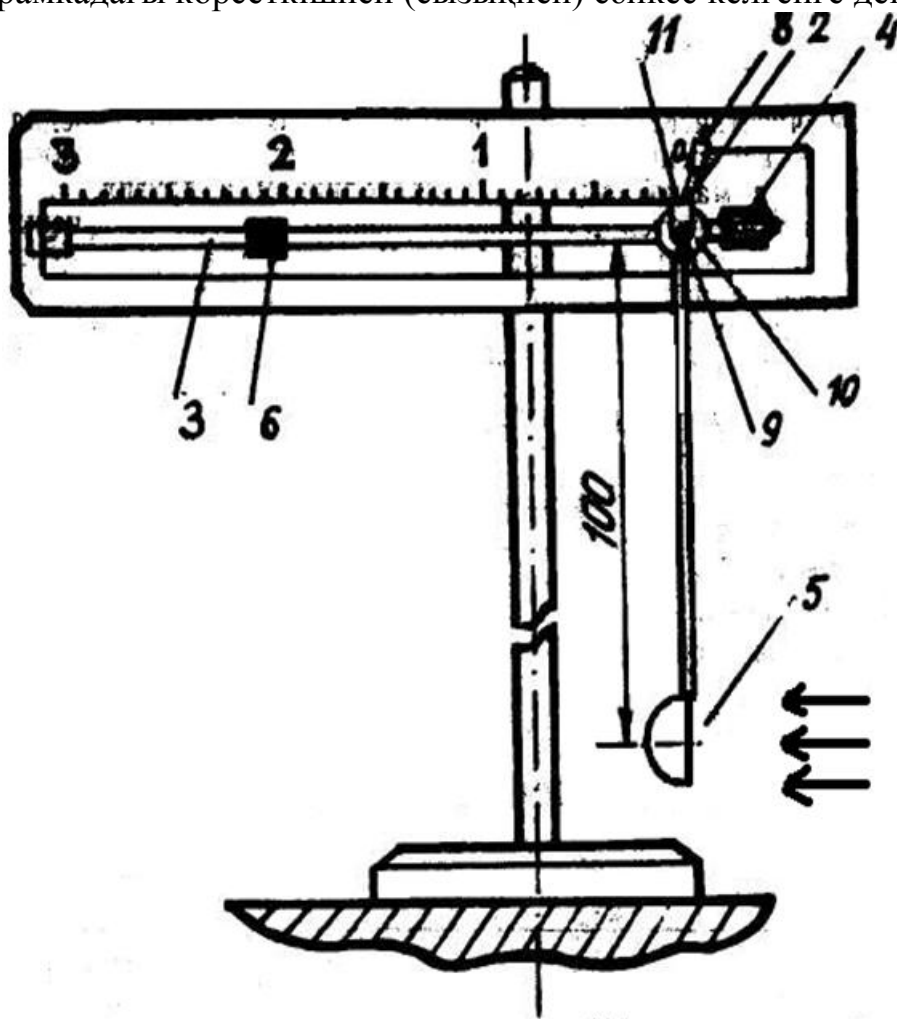
з) 8 компенсатор.

Зерттелетін денеге әрекет еткен кезде суретте көрсеткіштерімен белгіленген 5 күш, 3 көрсеткіш тепе-теңдіктен шығады. 6 жебені жүк тиегіштерді іріктеу және жылжыту арқылы бағыттамааның шеті рамкадағы көрсеткішпен сәйкес келгенге дейін бастапқы жағдайға қайтарады.

Күштің шамасы жүктің жағдайы және шкаланың бөлінуі бойынша анықталады.

*Аспапты жұмысқа дайындау.*

Кері салмақты ось бойымен 4 жылжыта отырып, бағыттамааның 3 қалпын оның ұшы рамкадағы көрсеткішпен (сызықпен) сәйкес келгенге дейін реттеңіз.



Сурет 59-Таразы компенсатор

Зерттелетін денесі бар ұстағышты төменнен 10 барабанға тірелгенге дейін қою және үлкен күш салмай, 9 винтпен жабу.

8 компенсатормен 3 көрсеткішінің күйін оның соңғы жақтағы көрсеткішпен сәйкес келгенге дейін реттеңіз.

*Әрекет етуші күшті өлшеу тәртібі.*

Күштің әсерінен 3 көрсеткіш тепе-теңдік жағдайынан ауытқиды. 6 жүк тиегін 3-көрсеткіш бойынша **ұқыпты және абайлап** жылжыта отырып, оны бастапқы қалыпқа қайтарамыз. Мысалы, егер салмағы 1 г болатын 6 жүк шкаланың 25-ші



бөлінісінде болса, онда зерттелетін денеде әрекет ететін 5 күш мынаны құрайды:  $25/10 = 2,5$  Н мұнда 10 см - бағыттама тірек осінен зерттелетін дененің ортасына дейінгі қашықтық (тұрақты көлем); 25 см - бағыттама тірек осінен жүкке дейінгі қашықтық (тәжірибе нәтижесінде алынды). Зерттелетін денеге әсер ететін, әртүрлі массасы бар жүктердің басқа ережелерімен теңестірілетін күшке ұқсас анықталады. Егер екі жүк қолданылатын болса, онда осы жүктердің ортасы, бағыты бойынша тіркеледі. Аэродинамикалық кедергі күші жылдамдық квадратына пропорционал және мына формула бойынша есептеледі:

$$F_{\text{кед}} = S v^2 \frac{\rho}{2} C_x$$

Мұнда  $F_{\text{кед}}$ -аэродинамикалық кедергі күші,

$S$ -жылдамдыққа перпендикуляр бағытта дененің алдыңғы проекциясының ауданы (мидель қимасы),

$v$  - ауаға қатысты қозғалыс жылдамдығы,

$\rho$  - ауа тығыздығы

$C_x$ -аэродинамикалық кедергі коэффициенті.

Егер денені бірдей мидель қимасымен алып, оларды бір жылдамдығы бар ауа ағынына қойсаңыз және ауа тығыздығы жылдамдыққа байланысты емес екенін ескере отырып, барлық тұрақты шамаларды бір  $k$  коэффициентімен білдіруге болады. Демек,  $F_{\text{кед}}$  кедергісінің күшін өлшей отырып, шамасы салыстырмалы бірліктерде көрсетілген  $C_x$  аэродинамикалық кедергінің коэффициентін анықтауға болады. Осылайша, дене пішініне байланысты көп және аз ағындарға бөлінуі мүмкін.

Ауа ағынының жылдамдығы ауа үрлегіштен арақашықтықты ұлғайтқанда азаятындықтан, ауа қозғалысы жылдамдығының дененің аэродинамикалық кедергісіне әсерін бағалауға болады. Ауа үрлегіштің кесіндісінен 10-20 см қашықтықта жылдамдық сызықтық заң бойынша азаятын деп санауға болады. Сондықтан ауа үрлегіштен қашықтықты өлшей отырып, жылдамдыққа байланысты аэродинамикалық кедергі күшінің өзгеруін шамамен бағалауға болады.

### **Жұмысты орындау тәртібі.**

1. Эксперимент үшін келесі пішінді денені пайдалану:

- бірыңғай дөңес жартылай шар,
- шар,
- диск,
- конусты жартылай шар
- кіші ауданды жазық пластинкасы

1. Таразы ұстағышта дөңес жартылай шарды, дөңес ағынмен нығайтады. Қарама-қарсы салмақ көмегімен көрсеткіш шкалада белгімен сәйкес келеді. Зерттелетін денеге қарсы ауа үрлегішті ауа ағынымен толық қамти алатындай етіп орналастырады.

Ауа үрлегішті іске қосады және сыналатын денеге ағынның әсер етуі салдарынан ол ауытқиды және таразылар тепе-теңдіктен шығады. Аэродинамикалық тепе-теңдіктің тұтқасына жүктемелер жиынтығынан немесе бірнеше жүктемедегі ең үлкен жүктемені іліңіз. Ауа үрлегішке дейінгі қашықтықты ұлғайтып немесе азайта отырып, шкаланың 28-30 бөлінісінде орналасқан жүк кезіндегі тепе-теңдік жағдайында көрсеткіш елеусіз ауытқуына қол жеткізеді. Бұл ауа үрлегішке дейінгі қашықтық базалық болады

Содан кейін ағынның жылдамдығын азайтып, ауа үрлегішті нөлдік нүктеден базалық санағанда екі (содан кейін 3, 4 және 5 рет) қашықтыққа жылжытады, және тағы да таразыны тепе-теңдікке келтіреді, жүк иінтіректі иінтірекпен жылжытады. Зерттелетін денені ол бекітілген өзекше ауа үрлегішпен бір сызықта жататындай етіп орналастыру керек. Алынған мәліметтерді кестеге енгізу және аэродинамикалық кедергінің ауа қозғалысының жылдамдығына тәуелділігіне катысты қорытынды жасау қажет.

Бұл жағдайда ағынның қозғалу жылдамдығын қашықтықтан ауа үрлегішке дейін өзгертуді сызықтық деп есептеуге болады, яғни қашықтықты екі есе арттыру кезінде ағынның жылдамдығы да төмендейді.

1-кесте. Аэродинамикалық кедергі күшінің ауа үрлегішке дейінгі арақашықтықтан тәуелділігі

Қашықтық (см)	Жүк салмағы (г)	Кедергі күші (Н.)
Жолдар саны тәжірибе санына сәйкес		

2. Аэродинамикалық кедергінің сол ағынның жылдамдығымен дене пішініне тәуелділігін анықтау үшін таразы ұстағышында түрлі денелерді қоса берілген кешеннен жүйелі түрде нығайтады. Біз базалық қашықтықты анықтау үшін ағынға қарай иілген бетке бағытталған жартылай сфера тәжірибесін орындадық. Енді аэродинамикалық таразыларды базалық қашықтыққа орнату қажет және барлық тәжірибелерді ауа үрлегіштен осы қашықтықта орындау қажет.

Бұл ағын жылдамдығының шамасы және басқа жиынтық денелерімен барлық тәжірибелер үшін қалады. Олар осы жылдамдық кезінде ауа ағынына аз кедергісі бар, сондықтан жүк тасушының жағдайы аспаптың шкаласынан тыс шықпайды. Осыдан кейін жартылай сфераны ағынға қарай дөңес жағымен бұрады, бұл ретте аэродинамикалық кедергі күші азайғанын байқайды.

Жүк тиегін иінтірекпен жылжыта отырып, таразыларды тепе-теңдікке келтіреді және кедергі күшінің шамасын табады. Содан кейін басқа денелердің аэродинамикалық кедергісін дәл осындай тәсілмен табады.

Өлшеу нәтижелерін тиісті кестеге енгізу және ауа қозғалысының тұрақты жылдамдығы кезінде аэродинамикалық кедергінің дененің түріне қарай тәуелділігін шығару.

2-кесте. Ағынның өзгермейтін жылдамдығы кезінде аэродинамикалық кедергі күшінің дененің түріне тәуелділігі.

Дененің түрі және бағыты (эскиз)	Қашықтық(см)	Жүк салмағы (г)	Аэродинамикалық кедергі күші (Н)
Жолдар саны тәжірибе санына сәйкес			

Салыстыру үшін таразыда шағын дөңгелек пластинканы орнатады және аэродинамикалық кедергінің шамасын анықтайды. Тәжірибе көрсеткендей, оның әуе ағынының кедергісі жақсы ағатын дене сияқты бірдей шамаға ие, мидель қимасы 9 есе көп.

### **Орындауға нұсқаулық.**

Аэродинамикалық кедергінің ауа ағынының жылдамдығына тәуелділігін анықтау бойынша эксперимент ағынға иілген жағы қараған дискіні немесе жартылай сфераны пайдалана отырып орындалады. Қашықтықты өзгерту эксперимент процесінде **негізгі еселік қашықтық арқылы ауа үрлеу арқылы жүргізілсін!**

Барлық денелер үшін қарсылық күшінің дененің түріне тәуелділігін зерттегенде эксперимент геометриясы бірдей болуы тиіс, яғни эксперимент барысында ауа үрлегіш те, **таразы да қозғалмайды**, тек қана нұсқауға сәйкес денелерді ауыстырады. Қадағалау барысында бағыттама таразыға тиіп кетпеуін қадағалаймыз!

### **Мақсатқа жетуді өзіндік бақылау.**

Егер алынған нәтижелер теориялық ұғымдарға сәйкес келсе, жұмыс дұрыс орындалған болып саналады, атап айтқанда:

а) параболизмге жақын тәуелділік байқалса, кедергі күші ара қашықтықтан ауа үрлегішке дейін;

б) салыстырмалы бірліктерде көрсетілген аэродинамикалық кедергі күштері шаманың азаюына қарай мынадай қатарды құрайды: иілген жартылай сфера, иілген жағымен ағысқа қараған, диск, дөңес жағымен ағысқа қараған, шар, тамшы тәрізді дене

### **Есеп беру түрі:**

Жалпы қабылданған пішіннің есебінде 1-кестеге сәйкес сызба болуы керек. Қорытындылар қисық сызықтың әрекетін негіздеп, аэродинамикалық сүйреу күшінің дене пішініне тәуелділігі туралы толық түсіндірме беруі керек.

### **Бақылау**

Алынған нәтижелер бойынша қорытынды жасаңыз.

Қорытындыда базалық формулаға кіретін барлық физикалық шамалардың алынған нәтижелеріне әсерін сипаттау қажет. Алынған нәтижелердің теориялық негізден ауытқуы кезінде ауытқу себептерін көрсету және негіздеу.

**Үй тапсырмасы.** Дене формасы есебінен аэродинамикалық кедергі күшінің азаюы немесе ұлғаюы іске асырылатын техникалық құрылғылардың немесе олардың бөліктерінің мысалдарын келтіру.

"Аэродинамика және гидродинамика" тақырыбы бойынша 10 сөзден кем емес кроссвордты құру

### **Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары.**

1. Аэро(гидро)динамикалық кедергі қандай физикалық құбылыспен түсіндіріледі?
2. Дөңгелек құбыр қимасы бойынша сұйықтық немесе газ жылдамдығы қалай өзгереді?
3. Тұтқырлық күштерінің салыстырмалы рөлін қандай физикалық шама сипаттайды?
4. Қандай сұйық немесе газ қозғалысы ламинарлы деп аталады, қандайы турбулентті?
5. Рейнольдстың сыни саны? Ол нені білдіреді?
6. Кинематикалық тұтқырлық дегеніміз не?
7. Беттік кедергінің көлемін қалай өзгертуге болады?
8. Денеге әсер ететін күштерді қозғалыс ағынында көрсетіңіз.
9. Градиент жылдамдығы дегеніміз не?
10. Қозғалатын ағындағы қысым қалай бөлінеді?

### **6.2 Эйлер теңдігін экспериментальды тексеру.**

#### **Сабақтың мақсаты:**

##### **Техника**

саласында күштің бағытын өте жиі өзгертіп отыруды қажет етуді немесе күштік байланысты бір полядан басқа поляға тапсыру.

Күштік байланысты тапсыру денелер арасындағы байланыспен жүзеге асырылады.

Байланыс ролінде және мықты элементтері ролына алады - цепь, арқан, белдік, тартпа және т.б.

Күштерді тапсыру кезінде негізгі процессі болып күш көздерінің өзара байланысы және осы күшті бағыттайтын элементі табылады. Мысалы, арқан, белдік көмегімен күштерді тапсыру кезінде заңды күш болып олардың шкивпен байланысқан табылады. Шкивтің жоғарғы қабаты мен белдік, арқан арасындағы пайда болған күш күштің беру шамасын анықтайды. Осы күштің шықтық үйкеліс күші болып табылады, себебі шкивтің жоғарғы қабатымен берілетін топ арасында тоқырау пайда болады. Берілетін күштің шамасын дәл сондай болуы қажет, шықтық үйкеліс күшімен анықталады. Осындай факторлардан осы күштің шамасы анықталады және Эйлер формуласы берілетін күш шамасы үйкеліс коэффициентінен және айналу бұрышына тәуелді.

Сонымен,

ұсынылып отырған зертханалық жұмыс инженерлік профилдік мамандық бойынша да маңызды рөл атқарады.

#### **Базалық мәлімет.**

«Эйлер теңдігін экспериментальды тексеру» зертханалық жұмысын жақсы орындап және тапсыру үшін Ньютон-Амантон теңдігін, үйкеліс күшінің анықтамасын, күш қимылының бағытын, үйкеліс күшінің ішкі және сыртқы факторлардан байланысы,

қозғалыс көрсеткішін білу қажет. Ішкі және сыртқы үйкелістің пайда болу себептерін білу қажет, импульстің ауыстыру теңдігін, үйкелістің азаю немесе көбею әдістерін білу.

Үйкеліс күшінің анықтамасы үшін күштің қосылуы және бөлінуін білу қажет, логарифмдік теңдеулердің шешілуі және логарифмдік теңдеу әдістерін білу, бұрыштардың радианмен өлшеу, тригонометриялық функциялардың анықтамасын білу.

### **Сабаққа дайындалу.**

1. С.Э.Хайкин. «Механиканың физикалық негіздері» М. 1971. (192-205б.б.)
2. Ю.Мацкерле. «Қазіргі заманғы үнемдеу автокөлігі» М. Машиностроение. 1987 (16-19,31-40,298-299б.б.)
3. Г.С.Ландсберг. «Физика оқулығы» 1т.М..Наука. 1975 (148-154)
4. В.И. Грабовский «Физика курсы» М. Жоғарғы мектеп. 1980 (37-39б.б.)
5. И.В.Савельев, Жалпы физика курсы, М. Наука. 1986. (66-70б.б.)

<http://nauka/student.ru/>, /Phys.Web.ru, сайттарында көпқызықты мағлұматтар көрсетілген, іздестіру жүйесінде үйкеліс, үйкеліс күші, Эйлер формуласы сөздерін қолдана отырып ақпараттар табуға болады.

### **Кіріс бақылау**

1. Әрүлгіде коэффициенттер делену бойынша эксперимент нәтижесін көрсету.
2. Денелердің үйкелеу кезіндегі пайда болған физикалық процесстерді түсіндіру.
3. Эйлер формуласын талдап, жазу.
4. Тыныштық үйкелісі және сырғу үйкелісінің коэффициенттері қандай факторларға абағынышты.
5. Арқан тартуының күші неге арқан айналымының бұрышын көбейткенде неге өзгереді?
6. Дененің жоғарғы қабатының үйкелісін өңдеу сапасына рттыруда үйкеліс күшінің өзгеруі?
7. Үйкеліс күші және үйкеліс коэффициенті қысым күшіне және байланыс көлеміне қалай абағынышты?
8. Неге тәжірибе өткізу кезінде блок әрдайым қозғалыста болуы қажет?

### **Аспаптар, құрылғы-жабдықтар, материалдар.**

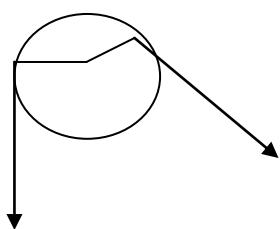
1. Электр қозғалысы бар блок, ілмешектегі жүк жинағы, динамометр.

### **Эйлер теңдеуін тексеру және зерделеу.**

Техникада илгіш жүйелер - жіп, арқан, сым көмегімен күштерді тапсыруға кең жайылған. Көп жағдайда күштердің тапсырылуы бұл тартуды күшейту. Энергия көзінен арқанға күшейтуді тапсыру оны блокқа, полистпас немесе барабанға орындыру жолымен жүзеге асырылады. Сонымен қатар тапсыру күші блок және арқан арасындағы үйкеліс күші болып табылады. Көліктерде валдардың және шкивтардың механикалық тоқтату кезінде қолданылатын құ

сәертүрлі ленталық тежеу жұмысы істейді.  
кіржуу машинасы, центрифуга және т.б.

Мысалы, тігін машинасы,



Р  
теңжүктің салмағы айналмайтын блокқа ілінген арқанмен байланып тұр. Р жүгін Т күші ұстап тұрғанда құлау кезінде жүк күші тең емес екені дегін көруге болады. Егер арқан мен блок арасындағы үйкеліс болмаған жағдайда, Т тартысының күші Р жүгінің салмағын тең болар еді. Бірақ бұл жағдайда үйкеліс бар, және Р салмағымен күшті ұстап тұру үшін арқанға күшті салу керек

$$T = P - F_{тр} \quad (1)$$

Үйкеліс күшінің шамасы блокты арқанмен орнатып алу бұрышына байланысты. Біз бен жоғарыда аталған жағдайда арқан тартыс күшінің шамасы Эйлер формуласымен анықталады

$$P = T e^k \quad (2)$$

Бұндағы  $e$  - логарифм негізі,  $k$  - үйкеліс коэффициенті,  $\varphi$  - радианмен көрсетілген блокты арқанмен айналындыру бұрышы. Толық айналымда блок айналасындағы арқан айналым бұрышы  $2\pi$  тең, екі айналымда  $4\pi$  тең. Егер арқан блок тасырғымаса, онда тыныштық үйкелісінің күші бар, ал арқан сырғыған уақытта үйкеліс күші сырғу үйкелісінің күші болып табылады.

Сондықтан сырғу үйкелісінің күші тыныш үйкеліс күшінен төмен. Аталған күш арқан қозғалған кезде механикалық жұмысты ішкі энергияға айналдырады, осыдан блок пен арқан қызады, үйкеліс күшінің жұмысын атқарады. Осы принциппен ленталық тежеулер құрылған.

(2) теңдеудің үйкеліс коэффициенті тұрақты шамада,  $T$ ,  $P$  және  $\varphi$  өзгерте отырып, тәжірибе кезінде қателер кезінде тұрақты шама болуға тиісті анықтауға болады.

Теңдеудің екі бөлігін логарифмдеу арқылы

$$\ln P = \ln(T e^k \varphi), \text{ немесе}$$

$$\ln P = \ln T + k \varphi \ln e, \ln e = 1,$$

$$\ln P = \ln T + k \varphi$$

$$k \varphi = \ln P - \ln T \Rightarrow$$

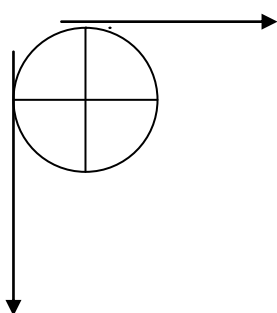
$$\ln P - \ln T$$

алуға болады

### Жұмысты орындау тәртібі.

#### 1. Эйлер теңдеуін экспериментальды тексеру

$$\theta(2\pi)$$



Р күшінің шамасы «О» жағдайында бекітілген динамометрмен анықталады. Бұл жағдайда жіптің блокқа үйкелу күші жоқ. Динамометрді әртүрлі жағдайда бекіткенде жіппен блок айналымының бұрышы өзгертеміз, алдына блокты айналындыра отырып, динамометр бойынша жіптің тарту күшін анықтау.

Жіпке қатысты үйкеліс күші бір қатаршамаға Эйлер формуласымен анықталатын тартыс күшіназайтады.  
 Блоктың айналымы жіпкесырғу үйкеліс күшінің сәсетуі қажет. Тыныштық үйкеліс күші әрдайымы штегі күшкетең.

Әдіс №	Айналым бұрышы	P (H)	T (H)	Үйкеліс коэффициенті (к)

Алынған нәтижелер салыстырылып, қорытындылар шығарылсын.

**Орындауға нұсқаулар.**

Эйлер формуласын зерделеу кезінде блоктағы жіптің шиеленісіп қалмауын, құрылғының дұрыс қалыптатуруына қағалау. Қажет жағдайда құрылғыны алып тастау. Динамометрдің жүк және бағытты көрсеткіші құрылғының негізінетімеуі және бос қозғалуына қағалау.

Тәжірибені кем дегенде үш салмақпен өткізу және айналымның әр бұрышына жіптің барлық ұзындығын қолдану.

**Өзін-өзі бақылау, мақсатқа қол жеткізу.**

Жұмыс дұрыс орындалды деп есептеледі, егер Эйлер теңдеуі тексеру жұмысы кезінде әртәжірибеде анықталған үйкеліс коэффициент көрсеткіштері 10 пайыздан аспай көрсетілсе.

**Есеп түрі:**

Жалпы қажетті нысан есебінде алынған тәжірибе нәтижелері және таблица түрінде, үйлесу және үйлеспеу себебі түсіндірілсін.

**Бақылау.**

Жұмыстың толық және уақытында орындалғаны үшін, қорғау және бақылау және қосымша сұрақтарға жауап бергені үшін 3 балл беріледі. Мәнсіз қателіктері бар жұмыс, бірақ жақсы қорғалған жағдайда 2 балл беріледі. Егер жұмысқа қателіктермен істелсе және бақылау және қосымша сұрақтарға толық немесе нақты жауап берілмесе 1 балл беріледі.

Жұмыс оқытушы белгіленген уақыттан кештапсырылса, «сыналды» бағасы және жұмысы үшін балл берілмейді.

**Ұйтапсырмасы.**

Үйкеліс күшінің азаюы немесе көбеюі болатын техникалық құрылғы және оның бөлшектерін мысал ретінде келтіру.

## **Бақылаусұрақтары**

1. Үйкеліскүшінің болуынкандай физикалық құбылыстар мен түсіндіруге болады? бар
2. Жылжымалы жіппен айналып тұрған блоктағы денеге қандай күштер әсер етеді?
3. Үйкеліскүшінің шамасына қандай факторлар әсер етеді?
4. Эйлер теңдеуін жазыңыз, ол нені білдіреді?
5. Кинематикалық үйкеліс дегеніміз Қандай үйкелістың ныштық үйкелісі болып табылады? не?
6. Үйкеліскүшін қалай өзгертуге болады? Үйкеліс коэффициенті?
7. Айнамайтын блоктан жіппен асылып тұрған денеге күштердің әсеретуі?
8. Үйкеліс коэффициенті қандай мағынаны қабылдайды? Неге?
9. Тәжірибе жүзінде формуласы қолданылатын техникалық құрылғыны және өмірден мысал қарастыру. Эйлер
10. Үйкеліскүшін мүлдем жоғалтуға болады ма?
11. Өзара байланысу ақытынан үйкеліскүші бағынышты ма? Жылдамдық ше?
12. Не үшін көтермелі-көлік машиналарының (көтермелікрандар, лифт және т.б.) арқанын майлайды?

## **6.3 Эксперимент басталар алдында штангенциркульмен Нақты денелердің деформациясының ерекшеліктерін зерттеу**

### **Оқу мақсаты:**

Машиналарды, механизмдерді, ғимараттар мен құрылыстарды пайдалану барысында конструкция материалына әртүрлі механикалық жүктемелер әрекет етеді: қысу, созылу, жылжу, иілу және айналдыру. Пайдалану процесінде материалдың мінез-құлқын болжау үшін әр түрлі материалдардың механикалық сипаттамаларын анықтай білу және олардың мінез-құлқын әртүрлі жүктеменің әсерінен болжай білу қажет.

**Зертханалық жұмыстың мазмұны:** жұмыста материалдардың механикалық қасиеттері және иілу жүктемелерінің әрекеті кезіндегі материалдардың іс-әрекеті оқытылады. Механикалық кернеудің иілу жүктемелері кезінде иілу шамасына тәуелділігі және серпімді әсердің (тура және кері) пайда болуы зерттеледі.

### **Сабакқа дайындық:**

В.М. Поезжалов УМК «Прикладная физика», Костанай, 2006, стр. 24 – 27.

Р. И. Грабовский, Курс физики, С-Петербург, Лань, 2002, стр. 36, 168 – 177.

К.Х. Бекмагамбетова Электротехническое материаловедение. - Алматы: Ғылым, 2001, стр. 68-70.

<http://edu.ru>

### **Кіріс бақылауы:**

1. Бұл жұмыста қандай деформациялар зерттеледі?
2. Бұл жұмыс үшін материалдарды таңдау немен негізделген?
3. Бұл жұмыста қандай параметрлер өлшенуі тиіс?

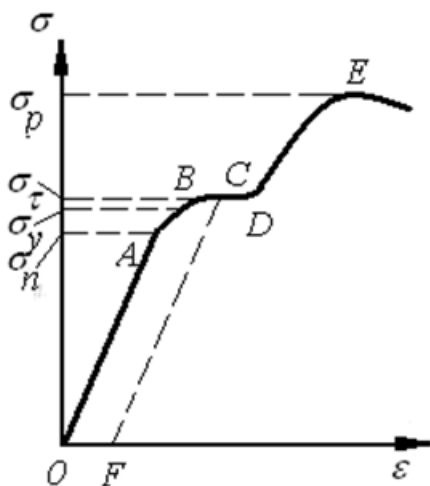


4. Бұл жұмыста қандай шамалар белгіленуі тиіс?
5. Деформациялық жүктеме қалай анықталады?
6. Деформация шамасы қалай және қандай құралмен анықталады?
7. Иықтың ұзындығы қалай және қандай бірліктерде өлшенеді? Неліктен?
8. Орнату жұмыс күйіне қалай келтіріледі? Жұмысты жүргізу тәртібін сипаттаңыз.
9. Егер жүктеменің серіппелі күшін тексеру кезінде қолданылатын ең аз жүктеме?
10. Неге жүктемені соққысыз және жұлқусыз тегіс қолдану керек?
11. Үлгінің иілу шамасын қалай анықтау керек? Қандай бірліктерде?
12. Индикаторда "0" қалай орнатуға болады? Егер индикатордың көрсеткісі толық шеңберді аяқтаса, оның майысуы деген не?

**Жабдықтар, аспаптар, материалдар:**

статикалық иілуді зерттеуге арналған қондырғы, сызғыш, штангенциркуль, жүктер жинағы, материалдардың үлгілері.

**Теориялық кіріспе және бастапқы деректер:**



Сурет 60-Созылу диаграммасы

Ағылшын физигі Р. Гук эксперименталды түрде кіші деформациялар үшін салыстырмалы ұзаруы  $\varepsilon$  және  $\sigma$  кернеуі бір-біріне тура пропорционалды:  $\sigma = E\varepsilon$ , мұнда  $E$  пропорционалды коэффициенті Юнга модулі деп аталады. Өрнектен Юнга модулі бір бірлікке тең салыстырмалы ұзаруды тудыратын кернеумен анықталады

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{E \cdot S}; \quad \text{отсюда} \quad F = \frac{E \cdot S}{l} \Delta l = k \Delta l$$

Бұл жерде  $l$  — жүктемеге дейінгі үлгінің ұзындығы;  $\Delta l$  — үзілу процессінің алдында үлгінің ұзаруы ( $\Delta l = l_p - l$ ).  $l$  және  $\Delta l$  бірдей бірліктермен есептелу керек,  $k$  — серпімділік коэффициенті. Бұл өрнек сондай-ақ өзекшеге әсер ететін күшке пропорционалды серпімді деформация кезінде өзекшенің ұзаруы болады.

Қатты денелердің деформациясы белгілі шегіне дейін Гука заңына бағынады. Деформация мен кернеу арасындағы байланыс біз металл үлгі үшін сапалы қарастырамыз кернеу диаграммасы түрінде ұсынылады. Суреттен көретініміз

сызықтық бағыныштылық  $\sigma$  ( $\varepsilon$ ), Гук орнатқан, тек пропорционал шегіндегі тар ауқымда орындалады ( $\sigma_p$ ). Кернеудің одан әрі ұлғаюы кезінде деформация әлі де серпімді ( $s$  ( $\varepsilon$ ) тәуелділігі сызықсыз болса да) және серпімділік шегіне дейін ( $\sigma_y$ ) қалдық деформациялар пайда болмайды.

Денедің серпімділік шегінен кейін қалдық деформациялар және күштің әрекеті тоқтағаннан кейін дененің бастапқы күйіне қайтуын сипаттайтын кесте пайда болады,  $V$  қисығымен емес, оған параллельді  $CF$  бейнеленеді. Белгілі қалдық деформация пайда болатын кернеу ( $\sim 0,2\%$ ), ағымдылық шегі деп аталады ( $\sigma_{st}$ ) — Қисықтағы  $C$  нүктесі.  $CD$  аймағында деформация кернеудің ұлғаюынсыз өседі, яғни дене "ағады". Бұл аймақ ағымдылық аймағы деп аталады (немесе пластикалық деформация аймағы). Ағымдылық саласы маңызды материалдар тұтқыр деп аталады, олар үшін іс жүзінде жоқ — нәзік.

Одан әрі созылғанда ( $D$  нүктесі) дененің бұзылуы болады. Бұзылғанға дейін денедің пайда болатын максималды кернеу беріктілік шегі деп аталады ( $\sigma_p$ ).

Нақты қатты денелер үшін кернеу диаграммасы әр түрлі факторларға байланысты. Бір қатты дене күштің қысқа мерзімді әсері кезінде өзін нәзік ретінде көрсете алады, ал ұзақ, бірақ әлсіз Күштерде ақпалы болады.

Нақты қатты денелер үшін кернеу диаграммасы әр түрлі факторларға байланысты. Бір қатты дене күштің қысқа мерзімді әсері кезінде өзін нәзік ретінде көрсете алады, ал ұзақ, бірақ әлсіз Күштерде ағады.

Материал беріктігінің шегі  $P_p$ ,  $P_c$ ,  $P_{из}$  бұзатын жүктеменің  $S_0$  материал үлгісінің бастапқы көлденең қимасының ауданына қатынасымен анықталады.

Созылу кезіндегі беріктік шегі мынадай формула бойынша есептелінеді

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0},$$

Бұл жерде  $P_p$  — қиратушы жүк,  $H$ ;  $S_0$  — жүктемеге дейін өлшенген үлгінің ең аз көлденең қимасының бастапқы ауданы,  $m^2$ .

Қысу кезіндегі беріктік шегі мынадай формула бойынша есептеледі

$$\sigma_c = \frac{P_c}{S_0};$$

*Статикалық иілу кезіндегі беріктік шегі эмпирикалық формула бойынша есептеледі*

$$\sigma_{из} = 1,5 \frac{Pl}{bh^2},$$

(1)

Мұндағы  $P$  — қиратушы жүк,  $H$ ;  $l$  — тіректер арасындағы аралық,  $m$ ;  $b$  — үлгі ені,  $m$ ;  $h$  — үлгі қалыңдығы,  $m$ .

Нақты денелерде пайда болатын күштер деформация шамасына ғана емес, деформацияның өзгеру жылдамдығына да байланысты. Бұл күштер үйкеліс күштеріне ұқсас (олар әдетте "ішкі үйкеліс" деп аталады). Қатты денелердегі ішкі үйкеліс, қатты денелердің қасиеті деформация процесінде денеге хабарланған

механикалық энергияға қайтымсыз айналады. Ішкі үйкеліс құбылыстардың екі түрлі топтарымен — дөңес және пластикалық деформациямен байланысты.

Дөңес қалдық деформациялар іс жүзінде болмаған жағдайда дененің деформациясы кезінде серпімділік қасиеттерінен ауытқу болып табылады. Денедің соңғы жылдамдықпен деформация кезінде жылу тепе-теңдігінен ауытқу пайда болады.

Мысалы, материалы қыздыру кезінде кеңейетін біркелкі қыздырылған жұқа пластинкамен майысу кезінде созылған талшықтар салқындайды,

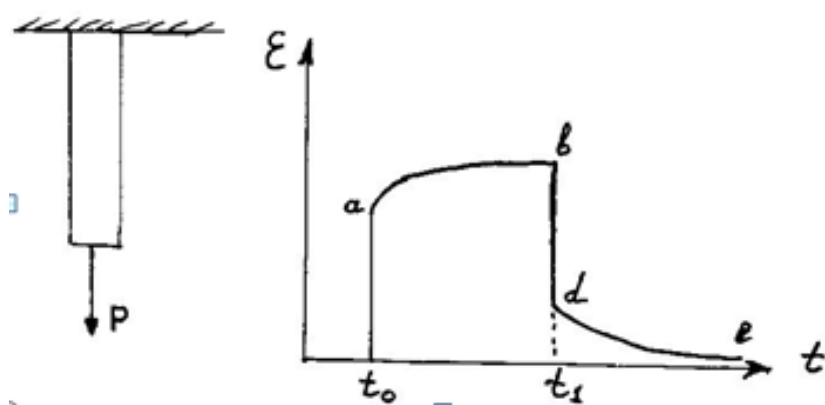
сығылған-қызады, соның салдарынан температураның көлденең өзгеруі пайда болады, яғни серпімді деформация жылу тепе-теңдігінің бұзылуына әкеледі. Жылу өткізгіштік арқылы температураны кейінгі теңестіру серпімді энергия бөлігінің жылу бөлігіне қайтымсыз ауысуымен қоса жүретін процесс болып табылады.

Бұзылған тепе-теңдікті қалпына келтіру процесі релаксация деп аталады. Осыған байланысты кез келген нақты денедің қалдық деформациялардың болуы. Нақты дене өз пішінін толық қалпына келтірмегендіктен, ол толық және деформацияға жұмсалған барлық жұмысты бермейді. Алайда, көптеген нақты денелер үшін шағын деформациялар кезінде қалдық деформациялар аз, олар елемеуге және деформацияны туындатқан күшпен жасалған барлық жұмыс тұтас серпімді деформация энергиясына айналады деп санауға болады.

Әртүрлі компоненттердің атомдары біркелкі үлестірілетін қорытпаның серпімді деформациялануы кезінде олардың өлшемдерінің айырмашылығымен байланысты атомдардың затта қайта бөлінуі мүмкін.

Диффузия арқылы атомдардың тепе-тең таралуын қалпына келтіру релаксациялық процесс болып табылады. Ауыр емес немесе релаксациялық қасиеттердің көріністері, аталғандардан басқа, серпімді әсер ету болып табылады, - өзгермеген кернеулі күйдегі денелердің деформацияланған жай-күйінің өзгеруі.

Қарапайым жағдайда, кейінірек тұрақты созылатын  $P$  әсерінен болатын цилиндрлік үлгіде бақылауға болады (суреттен қараңыз). ақыт өте келе өзектің деформациясы өседі (қисық  $AB$ ), сонымен қатар жалпы жағдайда серпімді де, пластикалық деформациялар да өседі. Бұл құбылыс тікелей салдары деп аталады.



Сурет 70- Созылмалы деформация

Созылмалы деформацияның өсуі - бұл серпімділік әсерінің, пластикалық деформацияның пайда болуы. Егер  $t_1$  уақыттың кейбір сәтінде жүктеме алынып

тасталса, онда үлгі серпімді деформация (*bd*) шамасына бірден қысқарады, содан кейін (*de*) - т.с.с үлгінің баяу қысқаруы байқалады.

Серпінділігі жоқ серпінді әсер денелерде байқалады, бұл жерде кернеулі жағдайы серпімділік шегінен асып түспейді және баяу қайтымды процестерге жатады. Әдетте материалдардың серпімді әсері нақты денелердің қатты - кернеулі жай-күйінің біркелкі еместігімен және кернеулі жай-күйдің тегістеуге ұмтылуымен түсіндіріледі; ол серпімді гистерезис құбылысын түсіндіреді. Металдар үшін серпімді әсері аз, бірақ органикалық заттарда (тері, тоқыма талшықтары, пластикалық массалар) ол айтарлықтай шамаға ие болуы мүмкін. Әрекеттен кейінгі істермен реологияны айналысады.

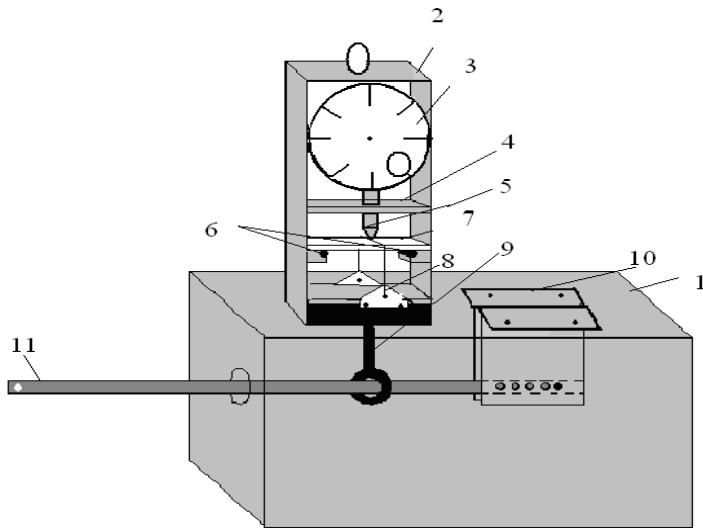
Қасымова Әлиямен жасалған майысуды сынауға арналған қондырғы трапеция түріндегі платформадан тұрады. Платформаның жоғарғы негізіне П-тәрізді металл баған бекітіледі, оның жоғарғы бөлігінде деформация шамасын өлшейтін индикатор болады. Төменде сыналатын үлгіні орналастыратын айналмалы тіректері бар екі сөре орнатылған.

П-тәрізді тіректің негізінде тірек беті бар тартқыш орнатылған. Платформаның ішінде ол екінші рычагпен, ал сыртта – сырға көмегімен үлгімен біріктірілген. Сырға ілгек түрінде сымнан жасалған.

Металл тік бұрышты өзек ұсынатын иінтірек платформаның ішкі бөлігіне металл корпусының бүйірлік жақтағы тесік арқылы өтеді және тіректегі кез келген саңылаулардың жұбы рөл атқаратын мойынтіректе бекітіледі. Тірек мойынтірегіндегі иінтіректің қалпының өзгеруімен үлгіге әрекет ететін күш салу орнын реттеу жүргізіледі.

3-суретте орнату схемасы көрсетілген.

- 1-жаппай платформа
- 2 – П-тәрізді тіреу
- 3-индикатор
- 4-индикатор жалосы
- 5-индикаторға арналған бекіту
- 6-айналмалы тіректері бар сөрелер
- 7-үлгі
- 8-серга
- 9-тірек беті бар тартқыш
- 10-рычагты бекіту
- 11-рычаг

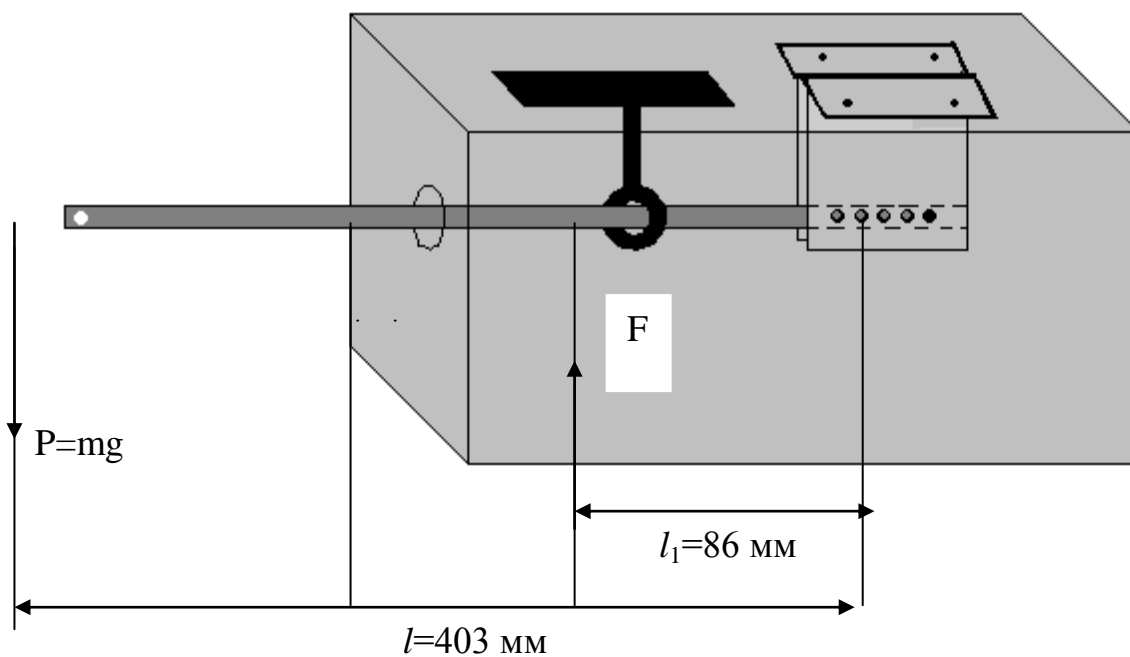


Сурет80 – Қондырғының сұбасы

Тұрақты қондырғылар өлшенеді, атап айтқанда: эксперименттерді жүзеге асыру үшін қажетті алынған нүктелер арасындағы қашықтықтың мәні. Платформаның ішкі бөлігінде қашықтық өлшенеді:  $l_1=86,0$  мм, (4-сурет), содан кейін үлгілердің ұзындығын, ені мен қалыңдығын өлшейді (ұзындығы тірек нүктелерінің арасындағы қашықтық ретінде өлшенеді). Әрбір өлшем үлгінің әр жерінде 3 рет жасалып, орташалануы керек.

Рычаг көлденең орналасқандықтан, жүктерді рычагқа ілу кезінде ауырлық күші  $P=mg$  әсер етеді, иығы  $l=403$  мм.

Назар аударыңыз:  $l_1$  шамасы әртүрлі өлшемдердің үлгілерін және әртүрлі материалдардан зерттеу үшін өзгертілуі мүмкін.



Сурет90 – Рычагты бекіту сызбасы.

Күш сәтінің теңдігіне қарай мына теңдеуді жазамыз:

$$mgl - Fl_1 = 0$$

$$mgl = Fl_1, \text{ осыдан } F = \frac{mgl}{l_1}. (2)$$

Егер иініртіктің жағдайы тіркелген және өзгермейтін болса, онда Н - да көрсетілген материал үлгісінде әрекет ететін күш шамасы (1) формуласы бойынша анықталатын болады, бұл жерде  $l = l_1 + l_2 + l_3$  - иініртіктің осьтен жүкті бекіту үшін құлаққа дейінгі ұзындығы. Формулада (2) рычаг ұзындығының қатынасы қолданатындықтан, өлшемдерді миллиметрмен алуға болады.

Үлгінің майысу көлемін анықтау үшін үлгіні сөрелерге орналастырады. Осыдан кейін иініртікті белгілі массаның жүктерімен кезектеседі. Әрбір жүктемеге сәйкес үлгілердің майысу шамасын анықтайтын индикатордың мәндері белгіленді. Бұл қондырғы өлшеуді жүргізу кезінде ең аз уақыт пен ең аз жүк санын талап ететіндей есеппен әзірленген.

### **Жұмысты орындау тәртібі**

#### **Бірінші бөлім. «Деформация процесін зерттеу»**

1. Үлгілердің геометриялық өлшемдерін штангенциркулмен өлшеу. Олар бір-біріне жақын болуы керек. Материал ретінде зерттеу үшін ағаш - талшықты плита (ДВП) алынады немесе фанера материалды таңдау талшықтардың созылу және сығылу процестерінің көрнекілігімен түсіндіріледі.
2. Үлгіні сөрелерге б қою.
3. Индикатор ұшын серьгоға тигізіп, оны индикатор ұстағышын бұрап «0» күйіне орнатыңыз
4. Рычагқа 11 белгілі масса жүктемелерімен кезекпен салыңыз.
5. 30 секунд ішінде деформация өзгергенге дейін, деформация мөлшерін өлшеуді жүргізу
6. Үлгі бұзылғанға дейін жүктемені біртіндеп арттыру.
7. (2) формула бойынша  $f$  деформациялық жүктемені есептеу.
8. Үлгіні бұзу сәтінде деформациялық жүктеме мәнін пайдалана отырып, (1) формула бойынша  $\sigma$  иілу материал беріктігінің шегін анықтау.
9. Алынған мәндер бойынша тәуелділік графигін салу, бұл жерде-үлгінің иілу шамасы.
10. Үлгіде сызылған сызықтардың түрін қарап, үлгі деформациясының көлемі мен бағыты туралы қорытынды жасаңыз.

#### **Екінші бөлім "Серпінді әсерді зерттеу»**

1. Үлгіні бұзу сәтінде деформациялық жүктеме мәнін пайдалана отырып, шамамен 0,9 бұзатын жүктемеге тең эксперимент үшін талап етілетін жүктемені есептеу.

2. Өткен эксперименттің 1-3 тармағында сипатталғандай жаңа үлгіні орнату.

3. Үстел үстінде орнатылған ілгішке есептелген жүктемені жинау және жүлқусыз және итерусіз, бірақ тез, оларға иінтіректі жүктеңіз. Жүктеме түскен сәтте үлгінің деформация шамасын бірден өлшеңіз.

4. Әрбір 10 секунд сайын үлгінің деформация шамасын өлшеуді жүргізу

5. Деформация ұлғаюды тоқтатқанда, 10 минут күтіңіз және иінтіректен барлық жүктемені тез және бір уақытта алып тастаңыз және деформация мөлшерін бірден анықтаңыз.

6. Әрбір 5 секунд сайын үлгінің деформация шамасын ол өзгермейінше өлшеуді жүргізу керек.

7. Алынған нәтижелер бойынша уақыт өзгерісінің кестесін құру. Қалдық деформация шамасын анықтау.

#### **Жұмысты орындау бойынша нұсқаулар:**

1. Иінтіректі бекіту нүктесінің жағдайына назар аударыңыз 11. Қажет болған жағдайда есептерге түзетулер енгізу.

2. Үлгіні мұқият қарап дайындаңыз.

3. Жүктеме болмаған жағдайда индикатордың бағыттамасы нөлде тұруы тиіс.

4. Жүктеменің өзгеруі соққысыз жүргізіледі.

5. Деформация шамасын өлшеуді бір адам, ал қалған манипуляцияларды – екіншісі адам жүргізу керек.

6. Серпімді әсерді зерттеген кезде өлшеуді тең уақыт аралығында жүргізу керек.

#### **Мақсатқа қол жеткізу**

Егер өлшеу нәтижелері бойынша жасалған графиктер теориялық бөлімде келтірілгендерге жақын болса, жұмыстың мақсаты қол жеткізілген болып саналады. Олай болмаған жағдайда жұмыс барысын талдау, қатенің себебін табу және қажет болған жағдайда жұмысты қайта жасау қажет.

#### **Есеп түрі**

Жұмыстың орындалуы туралы есеп жалпы қабылданған түрде оқытушы көрсеткен мерзімде ұсынылады. Есепті тапсыру кезінде алынған нәтижелерді жұмыс бойынша қорытындылармен негіздеу, бақылау сұрақтарына және зерттеу тақырыбы бойынша қосымша сұрақтарға жауап беру қажет.

#### **Бақылау нәтижесі**

Алынған нәтижелер бойынша қорытынды жасаңыз.

Қорытындыда негізгі формулаға енгізілген барлық физикалық шамалардың алынған нәтижелерге әсерін сипаттау қажет. Алынған нәтижелер теориялық негізделуден ауытқу жағдайында және ауытқу себептерін көрсетіңіз.

#### **Үй тапсырмасы**

Зертханалық жұмысты орындау кезінде алған білімдерін, іскерліктері мен дағдыларын бекіту үшін әртүрлі материалдарда деформациялық кернеулерді табу есебін шешу қажет.

#### **Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары**

1. Созылу, сығылу және статикалық иілу механикалық беріктігі немен сипатталады?
2. Әртүрлі материалдардан жасалған бұйымдардың созылу, сығылу, статикалық иілу жұмыстарының мысалдарын келтіріңіз.
3. Созылу, сығылу және статикалық иілуді сынау кезінде беріктік шегін есептеу үшін формулаларды келтіріңіз.
4. Бұзылған үлгіге жүргізілген сызықтардың арасындағы қашықтық қалай өзгерді?
5. Неліктен сыну сызығы дәл осындай формаға ие?
6. Эксперимент нәтижесінде алынған нәтижелерді түсіндіріңіз.

#### **6.4 Техникалық сұйықтықтың тұтқырлығының температураға тәуелділігін зерттеу**

##### **Оқу мақсаты:**

Техникалық сұйықтықтар (жанар-жағармай материалдары, салқындатқыш сұйықтықтар, шаю және осыған ұқсас материалдар) үшін аса маңызды сипаттамалардың бірі тұтқырлығы болып табылады, сонымен бірге сұйықтықтың тұтқырлығы сұйықтықтың температурасына үлкен дәрежеде байланысты екені белгілі. Техникалық сұйықтықтың құндылығы оның тұтқырлығы температураға байланысты аз дәрежеде жоғары болады. Бұл, ең алдымен, механизмдердің жанармай және экономикалық өнімділігі байланысты болатын майлау материалдарына қатысты. Сондықтан температураның өзгеруі кезінде тұтқырлықтың қалай өзгертетінін және ол қалай өлшенетінін білу инженерлік бейіндегі маман дайындаудың маңызды бөлігі болып табылады.

**Зертханалық жұмыстың мазмұны:** шартты тұтқырлықты анықтауға арналған аспаптардың құрылысымен және оны анықтау әдістерімен танысу. Вискозиметрдің құрылымын білу, температураға байланысты техникалық сұйықтықтың тұтқырлығын анықтау.

**Зертханалық жұмыстың мазмұны:** шартты тұтқырлықты анықтауға арналған аспаптардың құрылысымен және оны анықтау әдістерімен танысу. Вискозиметрдің құрылымын білу, температураға байланысты техникалық сұйықтықтың тұтқырлығын анықтау.

##### **Кіріс бақылау сұрақтары:**

1. Бұл жұмыста қандай шама анықталады?
2. Сұйықтық температурасын қалай өлшеуге болады?
3. Неге бұл жұмыста біз тазартылған судың тұтқырлығын өлшемейміз?
4. Вискозиметрді термостаттау қалай жүргізіледі? Қажет болған жағдайда не істеу керек?
5. Вискозиметрден сұйықтықты қандай ретпен құяды және төгеді?
6. Неге тұтқырлықты өлшеу алдында сұйықтықты араластыру керек?
7. Бұл жұмыста қандай параметрлер өлшенуі тиіс?
8. Сұйықтықтың ағып біту уақытын өлшеуді қалай жүргізуге болады?
9. Сұйықтық қанша уақыт тұндыруы керек және қандай жағдайда?
10. Тәжірибенің басы мен соңы қалай анықталады?



**Жабдықтар, аспаптар, материалдар:** ВЗ-4 вискозиметрі, секундомер, өлшеуіш цилиндр, түрлі температурадағы техникалық сұйықтық.

### **Теориялық кіріспе және бастапқы деректер:**

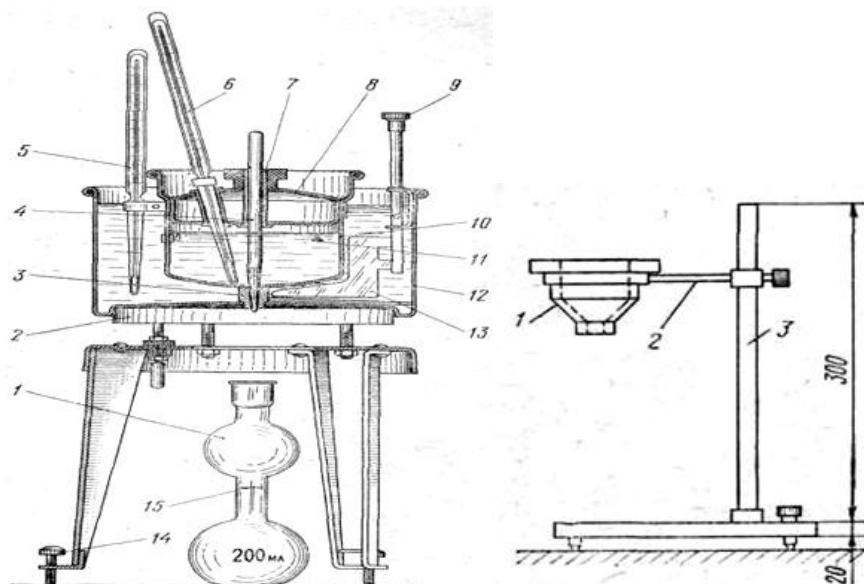
Тұтқырлығы сұйықтық бөлшектерінің салыстырмалы қозғалуы кезінде ішкі үйкеліс коэффициенті болып табылады. Егер сұйықтықтың тұтқырлығы үлкен болса, онда сұйықтық қою, оның бөлшектері аз қозғалысқа ие; егер тұтқырлығы аз болса, онда сұйықтықтың бөлшектері өте жылжымалы. Осылайша, тұтқырлық майлау жүйесіндегі және гидравликалық жүйенің қысымын, салқындату жүйесіндегі салқындатқыштың қозғалу қарқындылығын, демек салқындату тиімділігін анықтайды. Сұйықтықтың майлау және сіңіру қабілеті тұтқырлыққа байланысты. Сұйық диэлектриктің тұтқырлығы неғұрлым аз болса, оның бөлшектері кеуекті диэлектриктерге және орамдардың арасында тереңірек өтеді.

Тұтқырлықты арнайы аспаптар-вискозиметр көмегімен өлшейді. Вискозиметрдің жұмысы оның түбіндегі цилиндрлік тесіктер (шүмектер) арқылы ыдыстан сұйықтықтың белгілі бір көлемінің өту уақытын өлшеуге негізделген. Сұйықтықтың көп өту уақыты тұтқырлықты көрсетеді. Мысалы, қозғалтқышқа құйылатын салқындатқыш сұйықтықтың тұтқырлығы қозғалтқыштың цилиндрлерінен жылуды жақсы шығару үшін мүмкіндігінше аз болуы тиіс. Жоғары тұтқырлықты майы қосымша кедергіге ие және берілістің пайдалы әсер коэффициентін азайтады, майлау интенсивтілігі және үйкелетін беттерден жылу алу майдың тұтқырлығына байланысты. Майлы ажыратқыштарда аз тұтқырлық майы электр сөндіргіш механизмдерінің қозғалысына азырақ қарсыласады және доғаның жақсаруына және оның жойылуына ықпал етеді.

Тұтқырлық сипаттамаларының бірі шартты тұтқырлық болып табылады. Энглер градустарындағы шартты тұтқырлықтың шамасы ( $^{\circ}\text{Э}$ )  $20^{\circ}\text{C}$  кезінде 200 мл дистилденген судың өту уақытына берілген температурада зерттелетін сұйықтықтың 200 мл өту уақытының қатынасы болып табылады.

Тұтқырлықтың басқа сипаттамасы - кинематикалық тұтқырлық. Кинематикалық тұтқырлықтың бірлігі стокс ( $1 \text{ Ст} = 10 \text{ м}^2/\text{с}$ ) болып табылады. Бір жүз Стокс-сантискс ( $\text{сСт}$ ).  $20^{\circ}\text{C}$  кезінде кинематикалық тұтқырлық шамамен  $1 \text{ сСт}$  тең.

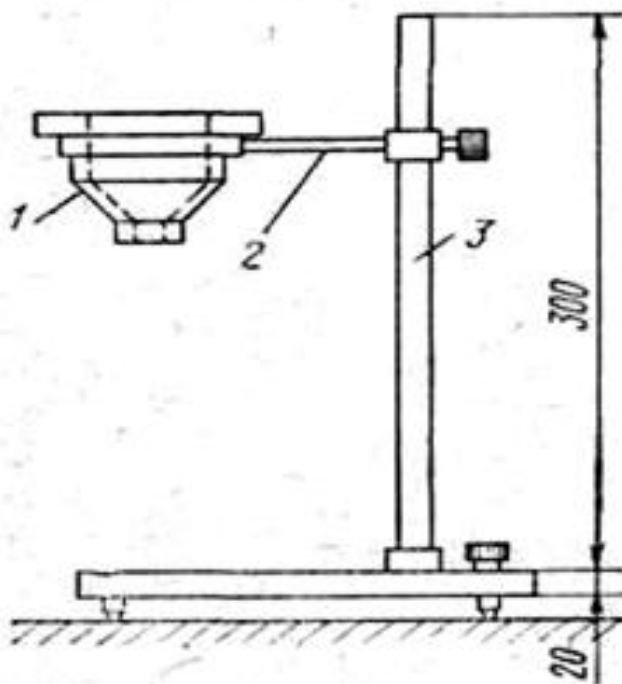
Сұйық диэлектриктердің шартты тұтқырлығын анықтау үшін ВУ әмбебап вискозиметрі қолданылады (сурет. 1). Оның негізгі бөлігі - жезден жасалған ыдыс 10, оған сыналатын сұйықтық құйылады. Ыдыс 10 сумен, маймен немесе басқа сұйықтықпен және монша деп аталатын жез ыдыстың 12 (моншаның) ішіне орналастырылған. Ыдыстың 10 қақпағында 8 екі тесік бар: термометрге 6 арналған тесік және ағаш 7 немесе фибралық стерженьге 4 арналған тесік.



Сурет 1- ВУ әмбебап вискозиметрі

Ұшы бар өзек 4 цилиндрлік каналдың 3 ағызу тесігін жабады, оның ішкі диаметрі 2,8 мм және биіктігі 20 мм. Монша 12 электр қыздырғыш 2 құралының көмегімен қыздырылады. Араластырғыш 13 моншада сұйықтықты араластыруға арналған. Моншаның температурасын бақылау 5 термометр арқылы жүзеге асырылады.

1 - өлшегіш колба, 2 - электр қыздырғыш аспап, 3 - ағынды тесік, 4 - өзек, 5 - моншадағы сұйықтықтың температурасын өлшеуге арналған термометр, 6 - сыналатын сұйықтықтың температурасын өлшеуге арналған термометр, 7 - өзекке арналған тесік, 8 - қақпақ, 9 - араластырғыштың тұтқасы, 10 - латунды ыдыс (сыналатын сұйықтыққа арналған резервуар), 11 - көрсеткіш (латунды штифт), 12 - монша, 13 - араластырғыш (қалақша), 14 - орнату бұрандасы, 15 - 220 мл көлемге арналған белгі.



Сурет 100- ВЗ-4 вискозиметр- ВЗ-4 вискозиметрі

1-ыдыс, 2-ұстауыш 3-штатив

Тұтқырлықты анықтау үшін конструкция бойынша ВЗ-4 вискозиметрін қолдануға болады, ол сұйықтықтың тұтқырлығын қыздырмай анықтауға мүмкіндік береді. 1 вискозиметр ВЗ-4 ыдыс (сурет. 2) металдан немесе пластмассадан жасалған. Конус тәрізді түбінде тығынмен жабылатын диаметрі 4 мм ағынды тесік бар. Ыдыс 2 ұстаушының көмегімен 5 штативпен бекітілген. Вискозиметр 100 мл сыналатын сұйықтықты сыйдырады, оның тұтқырлығы 1 ыдыстан сұйықтықтың осы мөлшерінің өту уақытымен (секундпен) анықталады

### **Жұмысты орындау тәртібі**

1. Вискозиметрді пайдаланған кезде ВЗ-4 бақылау инелері 3 сұйықтықтың бетіне әрең тиетіндей зерттелетін сұйықтықтың осындай мөлшерін құяды. Тірек бетін көлденең орнату. Сұйықтық температурасын термометрмен өлшеу. Егер сұйықтықта ауа көпіршіктері болса, онда сұйықтықтар 5 минут ішінде тұндырылады. Нәтижелер кестеге жазылады. Алайда, тәжірибеде "өзіңіз үшін" және біздің зертханалық жұмысымызда бұл өлшеу жүргізілмейді. Неліктен? Содан кейін зерттелетін сұйықтықпен вискозиметрді толтырады және әртүрлі температураларда сұйықтықтың өту уақытын анықтайды. Термостаттаушы сұйықтықты вискозиметр қуысына, ал зерттелетін сұйықтықты вискозиметр стаканына құяды. Штифтті алып тастайды және оның өту уақытын секундпен есептейді, ол кестеге жазылады. Бұл уақыт техникалық сұйықтықтың шартты

тұтқырлығын сипаттайды. Тәжірибе өте жақын температура мәндерінде үш рет қайталанады.

2. Өлшеу және есептеу нәтижелерін 1-кестеге жазу.
3. Сұйықтықтың шартты тұтқырлығының температураға тәуелділік графигін құру.
4. Қорытынды жасау.

Кесте 1- Өлшеу нәтижелері

№	Өлшенеді		есептеледі
	Сұйықтық температурасы °C	Ағын уақыты с	Шартты тұтқырлық

### **Жұмысты орындау бойынша нұсқаулар:**

1. Вискозиметр таза болуы тиіс.
2. Сұйықтықты үстелді былғамай абайлап құю..
3. Вискозиметрдің герметикалығын тексеру. Температураны тікелей тұтқырлықты өлшеу алдында өлшеу.
4. Вискозиметрде сұйықтықта ауа көпіршіктері болған жағдайда 5 мин бойы тұру қажет.
5. Сұйықтықты қыздыру су ыдысында жүргізіледі және араластырады.
6. Сұйықтық құйылған ыдыста құйылады.
7. Әр түрлі температурада бірдей техникалық сұйықтықты қолданатын тәжірибелер үшін: мұздатылған, бөлме температурасы, электр плитасында 55-60 градусқа дейін қыздырылған.
8. **ЫСТЫҚ СУМЕН, ТЕРМОМЕТРМЕН ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ПЛИТАСЫМЕН ЖҰМЫС БАРЫСЫНДА АБАЙ БОЛЫҢЫЗ!**

### **Мақсатқа жету**

Егер өлшенген шаманың теориялық мәні кестелік немесе бақылаулық мәннен 10% - дан аспайтын болса, жұмыстың мақсаты қол жеткізілген болып саналады. Олай болмаған жағдайда жұмыс барысын талдау, қатенің себебін табу және қажет болған жағдайда жұмысты қайта жасау қажет.

### **Есеп беру түрі**

Жұмыстың орындалуы туралы есеп жалпы қабылданған түрде оқытушы көрсеткен мерзімде ұсынылады. Есепті тапсыру кезінде алынған нәтижелерді жұмыс бойынша қорытындылармен негіздеу, бақылау сұрақтарына және зерттеу тақырыбы бойынша қосымша сұрақтарға жауап беру қажет.

Алынған нәтижелер бойынша қорытынды жасаңыз.

Қорытындыда базалық формулаға кіретін барлық физикалық шамалардың алынған нәтижелеріне әсерін сипаттау қажет. Алынған нәтижелердің теориялық негізден ауытқуы кезінде ауытқу себептерін көрсету және негіздеу.

### **Үй тапсырмасы**

Зертханалық жұмыстарды орындау кезінде алған білімдерін, іскерліктерін және дағдыларын бекіту үшін жоғары оқу орындарына арналған физика бойынша кез келген тапсырмадан алынған сұйықтықтың тұтқырлығын табу тапсырмасын шешу, сұйықтықтың тұтқырлығы қолданылатын техникалық құрылғылардың мысалдарын келтіру қажет.

### **Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары**

1. Машиналық майдың оның таңбалауында тұтқырлығы ескеріледі.
2. Неге техникалық талаптарға сәйкес келмейтін тұтқырлығы бар майды қолдануға болмайды.
3. Майдың тұтқырлығы механизмнің жұмысына қалай әсер етеді?
4. Автотракторлық майлар мен техникалық сұйықтықтардың тұтқырлық дәрежесі олардың майлау қабілетіне және жылуды бұру және беру қабілетіне қалай әсер етеді?
5. Тұтқырлықты анықтаудың тағы қандай әдістері бар (вискозиметрден басқа)?
6. Неліктен іс жүзінде вискозиметрдің тұрақты мәнін емес, вискозиметрден сұйықтықтың бақылау көлемінің өту уақыты ретінде тұтқырлықты анықтауға болады?
7. СИ жүйесінде тұтқырлық немен өлшенеді және Энглердің градустарында шартты тұтқырлығы мен осы бірлік арасындағы арақатынасты қалай анықтауға болады?
8. Вискозиметр тұрақтылығы дегеніміз не?
9. Майлау майы бар қаптамада SAE 30W 10 көрсетілген. Бұл нені білдіреді?
10. Майларды таңбалаудың қандай әдістерін өзіңіз білдіңіз?

## **6.5 Майлау сапасының жылжымалы подшипнигімен тіректегі энергия шығындарының әсерін зерттеу**

### **Сабактың оқу мақсаты:**

Белгілі, үйкеліс күштерін азайту үшін сұйықтықтар қолданылады. Майлау құрамы, консистенциясы, жұмыс температураларының диапазоны және басқа да көптеген факторлар бойынша ерекшеленеді. Нақты механизмде пайдалану үшін майды таңдау маңызды міндет болып табылады. Машина жұмысының жөндеуге дейінгі ұзағырақ жұмыс істеуі, оның сенімділігі мен механикалық шығындардың шамасы, яғни машина өз қозғалысына тұтынылатын энергия таңдау дұрыстығына байланысты. Өндірістік емес шығындар машинаның жалпы ПӘК-ін азайтады, отын мен энергия шығынын арттырады.

Машиналардың біркелкі жүрісін қамтамасыз ету және жылдам қуатты арттыру үшін техникада (тракторлар, престаер, илемдеу орнақтары, гильотинді қайшылар,

ұсақтағыштар және т.б.) маховикті доңғалақтың кинетикалық энергиясы кеңінен қолданылады. Жүктеме кенеттен ұлғайған кезде машина тоқтамайды, айналмалы маховиктің кинетикалық энергиясы есебінен жұмыс істейді. Бұл жұмыста жылжымалы подшипнигінде орнатылған осындай маховиктің жұмысы зерттеледі.

Бұл жұмыс механикалық энергияның бір түрінің екінші түріне өту процестерін таныстыруға және түсінуге, инерция моментін және үйкеліс күшін анықтау үшін аспаптармен жұмыс істеу дағдысын әзірлеуге, үдемелі және айналмалы қозғалыстар динамикасының негізгі теңдеулерін қолдана отырып, есеп жүргізе білуге бағытталған. Жұмысты орындау барысында студенттер майлау түрі шодшипниктегі үйкелісті жеңуге механикалық шығындарға қалай әсер ететінін қарастырады. Бұл білімдер, іскерліктер мен дағдылар теориялық механиканы, машиналар мен механизмдер теориясын, машиналар мен жабдықтарды одан әрі зерделеуге қажет етеді, үдемелі және айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі заңдарын қолдануды ұғынуға, осы заңдарды техникада қолдануға мүмкіндік береді.

### **Зертханалық жұмыстың мазмұны.**

Тіректе үйкеліс күшін еңсеруге арналған механикалық шығындардың шамасын және осы шығындардың үйкеліс торабында майлау түріне тәуелділігін эксперименттік анықтау қажет.

### **Негізгі материал.**

Жұмысты табысты орындау және тапсыру үшін үйкеліс процесінің қалай жүретінін, оның түрлері мен үйкеліс күшін өзгерту тәсілдерін, энергияны сақтау заңдарын, үдемелі және айналмалы қозғалыстардың теңдеуін білу қажет.

### **Сабакқа дайындық:**

И.В. Савельев. Курс физики, т. 1. «Ғылым» 1989г., 103-110 б.

В.М.Поезжалов. Прикладная физика. А.Байтұрсынов атындағы КМУ. 45-48 б.

### **Кіріс бақылау сұрақтары**

1. Подшипниктің қондырғыдағы орнын көрсетіңіз.
2. Консольде маховикті қалай алып тастауға және оны қалай орнатуға болады? Мұны қалай қауіпсіз түрде жасауға болады және оны алып тастау және орнату процесінде неден қорқу керек?
3. Подшипникті бөлшектеуге және майлау қалдықтарынан подшипникті қалай тазартуға болады?
4. Подшипникте майлау қандай мөлшерде және қалай бөлінеді?
5. Қалай подшипникті жинау керек?
6. Подшипникте құрғақ үйкелуді қалай қамтамасыз етеді?
7. Жылжымалы подшипникте біліктің орналасу тығыздығын қалай өзгертуге болады? Бұл буда энергияны жоғалтуға қалай әсер етеді?
8.  $h_1$  және  $h_2$  биіктігін қалай өлшеуге болады?
9. Биіктікті өлшейтін өлшеу аспабының қателігін қалай анықтауға болады?
10. Үйкеліс күшін азайтумен жүкті көтеру биіктігі қалай өзгереді? Ұлғаюымен?

11. Егер жетек сымы үлкен немесе кіші диаметрлі білікке оралатын болса, жүкті түсіру уақыты қалай өзгереді?

12. Өлшеу жүргізу үшін маховикті доңғалақты қай уақытта тоқтату керек?

### **Аспаптар, материалдар, жабдықтар:**

Серіппелі дөңгелек, сызғыш, белгілі массаның жүгі.

### **Теориялық кіріспе және бастапқы деректер:**

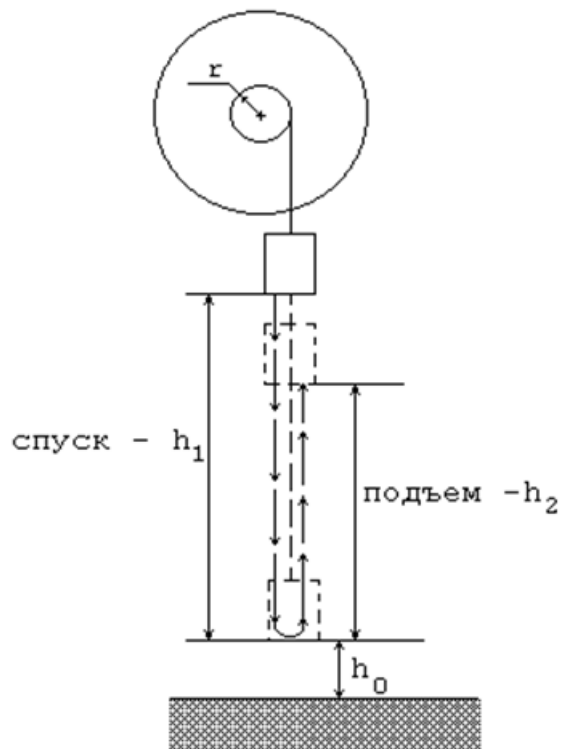
Жүйенің тиімді жұмыс істеуі үшін (аз үйкеліс және тозусыз) үйкеліс элементтері олардың қозғалысы кезінде майлау қабатымен үнемі және толық бөлінуі және қозғалыс болмаған кезде толығымен бөлінуі қажет.

Құрғақ үйкеліс режимінде жанасатын беттердің сырғанауға қарсы шығыңқы жерлері бір-біріне үйкеледі және тозады. Дәрежесі мен сипаты бойынша фрикциялық тозу қалаушыдан үйкеліске, тұнбаға және қирауға дейін кең шектерде өзгеруі мүмкін. Кітаптардың, соның ішінде оқу-жаттығулардың көпшілігінде, бұл құбылысты жою үшін үйкелетін бөлшектер арасындағы кеңістік сұйықтықпен толтырылып, құрғақ үйкеліс беттер арасындағы жанасуды болдырмайтын сұйықтыққа ауыстырылады. Тәжірибе көрсеткендей, майлау рөлі айтарлықтай тереңірек және байланыс аймағында болып жатқан процестер неғұрлым күрделі. Үйкеліс бөлігінде шекаралас үйкеліс деп аталатын жеткіліксіз майлаумен жүретін процестерді қарастырайық.

Шектес үйкеліс жағдайында машиналар мен механизмдердің жұмысы екі себеп бойынша жұмыс жасамағаны абзал: энергияның жоғалуына және қажалатын элементтердің тозуының салдарынан істен шығу қауіпіне байланысты.

Әрбір сұйықтық майлау рөлінде бола алмайды. Майлау материалының химиялық қасиеттеріне коррозия, шайырлы қалдық пен көміртекті шөгінділердің түзілуі сияқты жағымсыз құбылыстардың дамуы айтарлықтай тәуелді. Сондай-ақ, кейбір химиялық майлар үйкеліс пен тозудың азаюына ықпал етеді. Шекаралық үйкеліс жағдайында майлаудың химиялық қасиеттері физикалық (тұтқырлықтан, тығыздықтан, тұтану мен қатаю температурасынан) әлдеқайда маңызды. Сұйық үйкеліс жағдайында көрініс кері. Мысалы, шекаралық үйкеліс кезінде үлкен рөл ойнамайтын майлаудың тұтқырлығы сұйықтық үйкеліс режимінде өте маңызды. Негізгі фактор шекаралық үйкеліс (жұқа пленка) жағдайында майлау материалдары молекулаларының химиялық құрылымы болып табылады.

Аспап білікке орнатылған маховик доңғалақтардан және есептеуіш сызғыштан тұрады. Білікке бау оралады, оның соңына қарай  $m$  жүк массамен бекітіледі.



Сурет 101- Маховик доңғалығы

Маховикті доңғалақ жүк арқылы қозғалысқа енгізіледі.  $h_1$  биіктігіндегі жүк потенциалды энергияға ие болады  $E = mgh_1$ , бұл жерде  $m$ -жүк массасы.

Егер жүктің құлау мүмкіндігін ескерсек, онда потенциалды энергия  $mgh_1$  кинетикалық энергияға өтеді  $\frac{mv^2}{2}$ , айналмалы құралдың кинетикалық энергиясы  $\frac{I\omega^2}{2}$  және тіректегі үйкелісті азайту жұмысы  $A = Fh_1$ .

Энергияның сақталу заңы

$$mgh_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + Fh_1 \quad (1)$$

Бұл жерде  $F$ -үйкеліс күші.

Үйкеліс күшін мына тұжырымдырға сүйене отырып есептеуге болады. Инерция бойынша айналып, серіппелі доңғалақ жүкті биіктікке көтереді. Бұл ретте жүйе энергияға ие болады. Егер тіректе үйкеліс күші болмаса, баудың серпімділік күші және маховиктің және жүктің ауа туралы үйкеліс күші болса, онда жүк бұрынғы  $h_1$  биіктігіне көтеріледі. Жіптің серпімді күші мен ауаның үйкеліс күші үйкеліс шығындарынан салыстырмалы түрде аз және оларды елемеуге болады. Осыны ескере отырып, қозғалыс кезінде потенциалдық энергияның азаюы үйкеліс күштерінің жұмысымен бірдей  $h_1 + h_2$ , ал энергияның кемуі үйкеліс күшін еңсеру жұмысына тең:



$$mgh_1 - mgh_2 = F(h_1 + h_2)$$

Бұдан шығатыны 
$$F = \frac{mg(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} \quad (2)$$

$$h_1 - h_2 = \Delta h, \text{ болғанда}$$

$$h_2 = h_1 - \Delta h$$

Бұл формуланы (2) формулаға қойсақалатынымыз

$$F = \frac{mg\Delta h}{2h_1 - \Delta h} \quad (3)$$

$\Delta h$  қабырғадағы сызғыш бойынша өлшенеді. Жүктің бастапқы деңгейі "0" деңгейіне сәйкес болуын қадағалау қажет»

Жұмыс кезінде құрғақ подшипник үшін үйкеліске механикалық шығын мөлшерінің тәуелділігін зерттеу қажет, сұйық майлаумен майланған және қою майлаумен майланған сумен майланған подшипник үшін.

### Жұмысты орындау тәртібі

Жұмыста зерттеледі: а) құрғақ үйкеліс,

б) майлау ретінде сулы үйкеліс,

в) сұйық машина майы бар үйкеліс,

г) қою консистентті майлайтын үйкеліс

№к/с	$\Delta h, \text{м}$	$h_2, \text{м}$	$F_i, \text{Н}$	$F_{cp}, \text{Н}$	$\Delta F_i$	$\Delta F_{cp}$	$F \pm \delta\%$
1							
2							
3							
4							
5							

1. Жүкті жіптен алып, оны еденге қойыңыз.

2. Маховикті абайлап және ұқыпты алып, оны үстелге қойып, ағаштың үстінен сырғымауы үшін тіреуішті қамтамасыз етеді.

3. Бөлшектерді шатастырмай, подшипниктердің әрқайсысын бөлек бөлшектеніз.

4. Шүберекпен біліктің екі мойны мен екі подшипникті майлаудан мұқият сүртіңіз. Содан кейін бетін құрғақ, таза шүберекпен немесе қағазбен сүртіңіз.

5. Өз орнына подшипниктерді орнату арқылы қондырғыны жинаңыз.

6 Жүкті  $h_1$  биіктігіне (жүктің салмағы 3,85 кг) дейін көтеріп, білікке байлау.

7. Жүкті босату және маховик тоқтаған сәтте жүк көтерілетін  $h_2$  биіктігін анықтау ( $h_1$  және  $h_2$  анықтау кезінде еденнен жүкті түсірудің төменгі нүктесіне дейінгі  $h_0$  арақашықтығын ескеру қажет).

8. Эксперимент нәтижелерін кестеге жазып, кемінде бес рет өткізу керек.

### ЭКСПЕРИМЕНТ б).

1. Майландырғыштарды подшипниктерде ашып, шприцпен 2 мл су құйыңыз.

2.7, 8 және 9-тармақтарға сәйкес өлшеу жүргізу. Нәтижелерді 2-кестеге енгізу.

### **ЭКСПЕРИМЕНТ в).**

1. Подшипникте және шприцте майды ашыңыз әрбір май сатысына сұйық машина майының 5 тамшысынан енгізу. Май барлық подшипниктерді майлауды қадағалау керек. Бұл үшін май 0,5 мл-ден құю керек. Бұл ретте артық май киімге түспейтінін қадағалау қажет.

2.7, 8 және 9-тармақтарға сәйкес өлшеу жүргізу. Айналғанда маховик майды айналу жазықтығында шашыратуы мүмкін екенін есте сақтаңыз. Нәтижелерді 3-кестеге енгізу.

### **ЭКСПЕРИМЕНТ г).**

1. Зертханалық жұмысты 2, 3, 4, 5 тармақтарына сәйкес орындау. Таза бетте қою консистентті майлаудың аз мөлшерін жағып, оны жұқа біркелкі қабатпен бөліңіз. 6, 7, 8, 9-тармақтарда әрекет ете отырып, энергия шығындарын өлшеуді жүргізу, ал нәтижелерді 4-кестеге енгізу.

Сұйық машина майымен үйкелісті анықтау бойынша эксперимент орындалғаннан кейін студенттер подшипникте үйкеліс күшін анықтау бойынша эксперимент жасай алады. Ол үшін В) тармағы бойынша өлшеуді орындағаннан кейін подшипникті бөлшектейді және подшипниктің жоғарғы сегментіне екі есе бүктелген қағаз жолағын салады. Подшипниктерді жинап, ол қатты айналады деп сенеді. Содан кейін подшипникті май арқылы майлайды және эксперимент жүргізеді. Бұл экспериментті өткізген студенттер қосымша баллдармен марапатталады.

Эксперимент нәтижелерін өңдеу және қорытынды жасау.

### **Жұмысты орындау бойынша нұсқаулар:**

1. Айналып тұрған маховикті доңғалақты күрт тоқтатпау.
  2. Айналып тұрған маховикті доңғалақты жіп көмегімен тоқтатпау.
  3. Қабырғаға бекітілген кронштейнге маховикті алу және орнату кезінде мұқият және ұқыпты болыңыз.
  4. Жіптің біркелкі оралуын қадағалаңыз.
  5. Өзіңізді және киімді май тамшыларының түсуінен сақтаңыз.
  6. Жинау мен бөлшектеуді газет төселген үстелде ғана өткізіңіз.
- Тәжірибе аяқталғаннан кейін жүкті кронштейнге қойыңыз.

### **Мақсатқа жету**

Егер үйкеліс күштерінің эксперименталды өлшенген мәндері процесс туралы теориялық ұғымдарға сәйкес келсе, жұмыстың мақсаты қол жеткізілген болып саналады. Олай болмаған жағдайда жұмыс барысын талдау, қателіктің себебін табу және қажет болған жағдайда жұмысты қайта жасау қажет.

### **Есеп беру түрі:**

Жұмыстың орындалуы туралы есеп жалпы қабылданған түрде оқытушы көрсеткен мерзімде ұсынылады. Есепті тапсыру кезінде алынған нәтижелерді жұмыс бойынша қорытындылармен негіздеу, бақылау сұрақтарына және зерттеу тақырыбы бойынша қосымша сұрақтарға жауап беру қажет.

### **Қорытынды бақылау.**

Алынған нәтижелер бойынша қорытынды жасаңыз.

Қорытындыда базалық формулаға кіретін барлық физикалық шамалардың алынған нәтижелеріне әсерін сипаттау қажет. Алынған нәтижелердің теориялық негізден ауытқуы кезінде ауытқу себептерін көрсету және негіздеу.

### **Үй тапсырмасы.**

Зертханалық жұмысты орындау кезінде алған білімі мен дағдыларын бекіту үшін мінсіз майлардың және нақты майлардың қасиеттерін сипаттау қажет. Нақты майлардағы қандай да бір "мінсіз" қасиеттер неге орындалмайтынын көрсету.

### **Бақылау сұрақтары мен тапсырмалары.**

1. Өткізілген тәжірибелердегі үйкеліс күштерінің жұмысын қалай анықтауға болады?

2. Егер жылжымалы подшипниктің орнына тербелу подшипнигі пайдаланылса, тәжірибе нәтижелері қалай өзгереді?

3. Үйкеліс күші жоқ маховикті доңғалақтардың қозғалыс сипаты қандай болады?

4. Егер бір дискіні алып тастаса, тәжірибе нәтижелері қалай өзгереді? Ал егер тағы бір дискіні қоссаңыз?

5. Маховикті доңғалақтың қозғалысы үшін энергияның сақталу заңын жазыңыз?

6. Қандай күш үйкеліс күші деп аталады?

7. Тәжірибе жүргізгеннен кейін тіректегі подшипниктің температурасы қалай өзгереді? Бұл энергия қайдан алынады? Қайда кетеді?

8. Кинетикалық энергияның анықтамасын беру. Потенциалдық энергияның анықтамасын беру? Механикалық энергияның сақталу заңын айтыңыз.

9. Тәжірибе нәтижелерін түсіндіріңіз және техника саласынан мысалдар келтіріңіз.

10. Айналмалы қозғалыстың кинетикалық энергиясының формуласын жазыңыз?

## **6.6 Автокөлік құралдарының пайдаланылған газдарының параметрін өлшеу және принциптерін зерттеу**

### **Сабақтың оқу мақсаты:**

Қозғалтқыштың заманауи диагностикасы бойынша, газ анализаторын қолданбауына мүмкін емес. Қозғалтқышта отын-ауа қоспасы дайындалады. Қоспа отын мен ауа салмақ 1:14,7 қатынасында қозғалтқышта толығымен жануы керек. Осы қатынасты Лямбда дейді. Пайдаланылған газдардың құрамын өлшеу диагностикаға қозғалтқыш пен отын жүйесінің күйін бағалауға көмектеседі.

Лямбда=1 артық болса, ауаның тым көп болғанын немесе қоспасы «кедейлігін» айтады. Лямбда=1 кем болса, жанармайы көптігін және қоспасы «бай» болғанын білдіреді. Барлық заманауи компьютерлік жүйелер қозғалтқышты басқаруына қоспаны тамаша пісіруіне бағдарламаған.

Дұрыс жану шарты-қозғалтқыштың механикалық бөлігінің, оталдыру жүйесінің, қозғалтқыштың сору және шығару жолдарының мінсіз күйі. Бірақ абсолютті тамаша жануын тіпті идеалды ауа-отын жүйесімен де мүмкін емес.

Жану процесін газ анализаторының көмегімен пайдаланылған газдардың құрамдас бөліктерінің құрамы бойынша бағалауға болады. Қазіргі заманғы 4 компонентті газ CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>-газоанализатормен талдап, лямбда коэффициентты санайды.

Отынның ауыр сорттарымен жұмыс істейтін дизельдік қозғалтқыштар үшін қозғалтқыштың номиналды жұмысының көрсеткіші, қозғалтқыштың жұмыс кезінде түзілетін күйе бөлшектерінің мөлшері болып табылады.

Пайдаланылған газдың құрамдас бөліктерін талдау, негізінде диагностикалау кезінде қозғалтқыштың қалай жұмыс істейтінін, қоспаны қалай дайындалатынын, сору және шығару жүйелерінде қалыпты емес ауаның ағып кетуін және қозғалтқышта майдың шығыны бар-жоғын сенімді анықтауға болады.

Бұл жұмыстың тақырыбы пайдаланылған газдардың негізгі параметрлерін өлшеу принциптерімен танысу.

### **Негізгі материал:**

Пайдаланылған газдардың құрамын талдау және улы компоненттерді анықтау үшін электронды өлшеу құралдарымен бірге заманауи химиялық, физикалық және физико-химиялық әдістер қолданылады.

Шығарылған газдардың газ талдауларын жасау кезінде қозғалтқыштарды дәл баптау үшін де (газ арналарының, жану камерларының және т.б. оңтайлы нысындарын таңдау), жұмыс жағдайында диагностика және техникалық қызмет көрсету кезінде отын жабдығы мен басқа қозғалтқыш компоненттерін реттеу үшін қажет. Сонымен бірге пайдаланылған газдардағы зиянды заттардың қолайлы концентрациясында қажетті қуат пен минималды отын шығынын алуды қамтамасыз ету керек.

Қозғалтқыштарды сынау және диагностикалау кезінде пайдаланылған газдардан зиянды заттардың шығарындыларының мөлшері конструктивті жұмыс принципі бойынша ерекшеленетін арнайы газ анализаторлық құрылғылардың көмегімен анықталады.

Автомобильдік газ анализаторлары іштен жанатын бензин қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының құрамын бағалауға және шығарылатын газдардың параметрлерінің қоршаған ортаны қорғау стандарттарына сәйкестігін тексеруге арналған, CO (көміртек оксиді), CO<sub>2</sub> (көміртек диоксиді), O<sub>2</sub> (оттегі), CH<sub>4</sub> (көмірсутек).

Автомобильдік газ анализаторлары техникалық параметрлерді анықтай алады және қозғалтқыш майының температурасы туралы ақпаратты, қозғалтқыштың айналу жиілігі туралы ақпаратты бере алады. Алынған мәліметтер негізінде автомобиль газ анализаторлары артық ауа коэффициентін анықтай алады, оны лямбда деп атайды.

Автокөлік пайдаланылған газдардың параметрлерін талдауға қабілетті құрылғылардың екі түрі бар, бұл газ анализаторлары-бензин қозғалтқыштарымен жұмыс істеуге арналған және түтін өлшегіштері(дымометры)-автомобильдердің дизельдік қозғалтқыштарымен жұмыс істеуге арналған.

Автомобиль газ анализаторлары параметрлер саны бойынша бірнеше топқа бөлінеді: параметрлерді анықтайтын екі компонентті газ анализаторлары CO және CH<sub>4</sub>, төрт компонентті автомобиль газоанализаторлары анықтайтын параметрлері CO, CP, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>. Бес компонентті автомобиль газоанализаторлар келесі параметрлермен жұмыс істейді, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Кейбір газоанализаторлар тағы бір параметрмен анықтайды, ол HC(гидроарбид).

Функционалдық мүмкіндітеріне қарай газоанализаторлары қозғалтқыштың айналу жиілігі мен май температурасы сияқты қосымша параметрлерді анықтауға қабілетті, ол газоанализаторларға бөлінеді. Техникалық мүмкіндіктеріне сәйкес автомобиль газ анализаторлары басып шығаруға арналған кірістірілген, шағын принтермен жабдықталған құрылғыларға бөлінеді.

Параметрлерді анықтау дәлдәгә бойынша автомобильдік газоанализаторлары жоғары дәлдәктегі газоанализаторлары болып бөлінеді.

Барлық заманауи газоанализаторлар компьютерге немесе ноутбукке қосылу мүмкіндігі бар, содан кейін оған пайдаланылған газдарды талдау туралы кейінгі ақпаратты шығару ыңғайлы. Газоанализаторлар автомобильге техникалық қызмет көрсету орында ыңғайлы жұмыс істеу мақсатында портативті құрылғылар(тұтқамен жабдықталған) түрінде жасалады, өйткені олар аз орын алады. Сонымен қатар, автомобиль газоанализаторларының қызмет ету мерзімі айтарлықтай ұзақ 5-10 жыл.

Инфрақызыл газ анализаторлары. Олардың әрекеті 1-15 мкм диапазондағы газдар мен булардың молекулаларының инфрақызыл сәулеленуді таңдамалы жұтуына негізделген. сәулеленуді Молекулалары кемінде екі түрлі атомнан тұратын, барлық газдарды жұтады. Себебаптағы жоғары.

Әртүрлі газдардың молекулалық жұтылу спектрлерінің жоғары селективтілігі сияқты газ анализаторлары және олардың зертханаларда және өнеркәсіпте кеңінен қолданылуына әкеледі. Өлшенетін концентрациялар диапазоны 10<sup>-3</sup> – 100%.

Дисперсиялық газ анализаторлары монохроматорлардың көмегімен алынған бір толқын ұзындығының сәулеленуін пайдаланады(призма, дифракциялық тор). Дисперсиялық емес газоанализаторларында құрылғының оптикалық сұлбасының ерекшеліктеріне байланысты(жарық сүзгілерін, арнайы сәуле қабылдағыштарды және т.б. пайдалану) монохроматты емес сәулелену қолданылады.

## Сурет 8.1 Инфрақызыл газоанализаторының схемасы

Есепте схемада көрсетілген бөліктердің атауларын сандар арқылы анықтау қажет.

Көзден сәулелену жарық сүзгісі мен талданатын қоспа жіберілетін жұмыс кюветасы арқылы дәйекті түрде өтіп, арнайы қабылдағышқа түседі. Кең сәулелену спектрі бар қыздырылған спираль, сирек инфрақызыл лазер немесе сәуле

шығаратын жарықдиодты шам. спектрдің тар аймағында қолданылады. Егер монохроматты емес сәулелену көзі пайдаланылса, анықтаудың селективтілігіне селективті қабылдағыштың көмегімен қол жеткізіледі.

Инфрақызыл газ анализаторлары өнімнің сапасын бақылау, пайдаланылған газдарды талдау, үй ішіндегі ауа үшін кеңінен қолданылады. Олар, мысалы, үй ішіндегі ауадағы CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, азот оксидтері, SO<sub>2</sub>, CO және автомобильдің пайдаланылған газдарындағы көмірсутектерді анықтау үшін қолданылады.

Түтін өлшегіштері (Дымомеры)

Дизельдік қозғалтқыш жоғары артық ауа қатынасында жұмыс істейді ( $\alpha = 1,4-1,7$ ), нәтижесінде пайдаланылған газдардағы CO мөлшері шамалы және оннан бір пайызды құрайды.

Күйе дизельдік газдардың негізгі улы құрамдас бөлігі болып табылатыны анықталды, оның адам үшін қауіптілігі оның бөлшектерінің бетіне адсорбцияланған заттардың ішінде өткір улы зат бензапиреннің болуымен байланысты. Оның бөлшектерінің құрамында өткір улы зат бензапирен бар.

Дизельді қозғалтқыш жұмыс істегенде 1 тонна жанған отынға орта есеппен атмосфераға шамамен 20 кг күйе бөлінеді. Күйенің үлесіне 30-дан 90% дейін жетеді.

Құрамында бензапиреннің болуына байланысты токсикалық әсер бар. Дизельді пайдаланатын газдарды талдау ең улы компоненттер мен күйенің мөлшері артық ауа коэффициентіне кері пропорционалды екенін көрсетеді. Пайдаланылған газдардың уыттылығын практикалық анықтауда күйенің құрамы абсолютті (г/м<sup>3</sup>) немесе салыстырмалы (мысалы, жарық сіңіру қабілеті) мәндермен өлшенеді.

Газдардағы түтіннің құрамы мен олардағы күйенің құрамы арасында тікелей байланыс бар, бұл күйенің мөлшерін өлшеу үшін жарықты сіңіру қабілетін анықтау әдісін қолдануға мүмкіндік береді.

Бұл әдіс құрылғылардың жұмыс істеу принципіне негізделген. Дизельді қозғалтқыштардың электрмен жабдықтау жүйесін диагностикалау үшін қолданылады. Қызған газдардан оның бөлшектерін сүзуге негізделген күйенің құрамын өлшеу әдісі, ол сенімді емес нәтиже береді.

Ол газдардың түтіндіктерін шамамен бағалауға мүмкіндік береді.

Қара шкаласы бар эталонмен күйе бөлшектері тұнған сүзгі. Ол көзбен толтырылған өлшеуіш түтік арқылы өткенде. Жарық ағынының әлсіреуі оның пайдаланылған газдардағы бөлшектермен жұтылуына байланысты болады.

Мөлдірлік әдісі (метод просвечивания) пайдаланылған газдардың атмосфералық тығыздығын өлшеуге негізделген, ол газдармен толтырылған өлшеуіш түтік арқылы өткен кезде жарық сәулесінің (ағынның) әлсіреуімен сипатталады.

Жарық ағынының әлсіреуі пайдаланылған газдардың құрамындағы бөлшектер, жұтылуына байланысты болады.

8.2-сурет. Түтін өлшегіштің схемасы және пайдаланылған газдардың мөлдірлік коэффициентінің өзгеру графигі.

Зертханалық жұмыс есебінде диаграммада көрсетілген бөліктердің атын сандармен анықтау керек.

Пайдаланылған газдардың оптикалық тығыздығын анықтау әдісі ең көп қолданылады. Бұл жабдықпен қолданылатын жабдықтың құны әдетте басқа жүйелерге қарағанда жоғары, бірақ әдіс дәл нәтиже береді және кейінгі көрсеткіштердің (өлшемдердің) қайталануын қамтамасыз етеді.

Пайдаланылған газдардың мөлдірлігі, бір жағынан, оптикалық тығыздықтың (мөлдірліктің) төмендеуі нәтижесінде, ал екінші жағынан, жарық ағынын жұтатын пайдаланылған газдардың көлемі бірлігіне ілінген бөлшектердің массалық құрамы ретінде сипатталуы мүмкін.

Коэффициент жарық ағынының жұтылуын сипаттайтындықтан және бөлшектердің сіңіру қабілеті мен дисперсиясының функциясы болғандықтан, оның мәні бірқатар факторлардың жиынтығына байланысты: күйе бөлшектерінің, жанбаған булар мен тамшылардың массасының қатынасы. мұнай мен отын, бөлшектердің дисперсиясы мен пішіні, аэрозольдің әрбір түрінің сіңіру қабілеті және басқа факторлар.

### **Сабаққа дайындық**

Лекциялық материалды, сондай-ақ берілген материалды зерделеу қажет:

1. Поезжалов В.М. Физика в технике: Учебное пособие по элективной дисциплине с интернет-иллюстрациями / В.М. Поезжалов-Костанай: КГУ имени Ахмета Байтурсынова, 2021 С.178-185
2. Ю.Мацкерле. «Современный экономичный автомобиль» М. Машиностроение. 1987. (16-19, 31-40, 298-299)

Кез келген іздеу жүйесінде: пайдаланылған газдардың улылығы, түтін өлшегіштері, газ анализаторлары, автомобильдің пайдаланылған газдарының сапасын зерттеу, автотест, DO 1 кілт сөздерді пайдалана отырып, тақырып бойынша материалды оқып, тапсырмаларды орындау қажет.

### **Кіру бақылауы**

Зертханалық жұмысқа дайындық келесі сұрақтарға жауап бере отырып, типтік бланкі дайындаудан тұрады:

1. Газ анализаторды жұмысқа қалай дайындау керек?
2. Түтін өлшегішті жұмысқа қалай дайындау керек?
3. Аппараттың сынама алғышына темекі түтінін неліктен?
4. Біздің өлшеулерімізде түтін өлшегіштің тұрақсыз көрсеткіштері байқалады ма?
5. Неліктен біздің өлшеулерімізде түтін өлшегіштің тұрақсыз көрсеткіштері байқалады?
6. Неліктен аспаптардың көрсеткіштері жанып тұрған материалға (темекіге) ауа ағынына қатты тәуелді?

### **Құрылғылар, жабдықтар, материалдар**

DO 1 автокөлік газының мөлдірлігін өлшегіш, Мета, Автотест газ анализаторы, түтін шығаратын машина

### **Орындау тәртібі**

Мұнда тек түтіннің пайда болу тәртібі сипатталған, өйткені жұмыс принципі мен құрылғылармен жұмыс істеу нұсқаулары студент өз бетімен тауып, оқуы керек.

Бұл зертханалық жұмыста зерттеуге арналған түтін темекіні жағу арқылы шығарылады, яғни темекі түтіні құрылғылардың жұмысының иллюстрациясы ретінде пайдаланылады, ол түтін машинасының көмегімен алынады, ол төмен ағынды сорғы, кіріске жағылған темекі салынғанынады, өйткені газ анализаторының жеке сорғысы бар, содан кейін темекіні сынама алғышқа тікелей салуға болады.

Өлшенген мөлдірлікті көрсету үшін түтін аппараты қолданылады. Бұл жағдайда шылым шегетін адамның өкпесінің көмегімен алынған түтінді пайдалануға рұқсат етіледі.

### **Жұмыс істеу тәртібі**

1. Көміртек мен көмірсутектердің оксидтерін бақылауға арналған газ анализаторларының құрылғысы мен жұмыс істеу принципін оқу.
2. Нұсқаулыққа сәйкес газоанализаторын тарировканы жасау.
3. Пайдаланылған газ сынамаларын алу құрылғыларын қосыңыз және кем дегенде 30 секундтан кейін көміртек оксидін және көмірсутектердің мөлшерін өлшеңіз CO және CxHy.
4. Пайдаланылған газдардағы күйенің құрамын бақылау үшін түтін өлшегіштердің құрылғысы мен жұмыс принципін оқу.
5. Түтін өлшегішті нұсқаулыққа сәйкес тарировканы жасау.
6. Пайдаланылған газдардың үлгісін алу үшін түтін өлшегішті қосыңыз және кем дегенде 30 секундтан кейін үлгідегі күйенің мөлшерін өлшеңіз.

### **Мақсатқа жету үшін дисциплина**

Газ-аналитикалық жабдықтың жұмыс істеу принциптерін зерттеу жұмысында алынған нақты нәтижелер маңызды емес, өйткені зерттеуде пайдаланылған газдар емес, темекі түтіндері қолданылады.

### **Үй жұмысы**

Пайдаланылған газдардың құрамын өлшеуге арналған құрылғылардың сұлбаларын салу және 8.1 және 8.2-суреттерге сәйкес олардың бөлшектерін сипаттау.

### **Бақылау сұрақтарымен тапсырмалар**

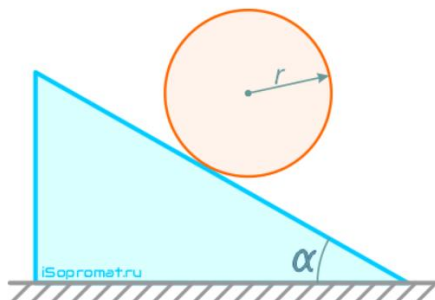
1. Автомобильдердің пайдаланылған газдарының құрамын білу, не үшін қажет?
2. Пайдаланылған газдардың құрамдас бөліктерін өлшеуге арналған құрылғылардың жұмыс принципі қандай?
3. Пайдаланылған газдардың сапасын тексеру әдістемесін сипаттаңыз
4. Техникалық жағдайы қозғалтқыштың қуаты мен отын шығынына қалай әсер етеді?
5. Неліктен дизельдер үшін осы ГОСТ-қа сәйкес CO және CxHy құрамын бақылау қажет емес?





## 7 Өздік жұмыс

**1 есеп.** Радиусы  $r = 5$  см цилиндр жазықтықта айнала бастайтын көлбеудің ең кіші  $\alpha$  бұрышын анықтаңыз, егер домалау үйкеліс коэффициенті  $\delta = 0,05$  см болса.



Сурет 102 – Цилиндр доалауы

Егер сырғанау үйкеліс коэффициенті  $f = 0,08$  болса, сырғанаусыз цилиндрді айналдыру үшін жеткілікті сырғанау үйкеліс күші бар-жоғын тексеріңіз.

Цилиндрге қатты дене ретінде  $G$  цилиндрінің салмағы, байланыс ретінде қызмет ететін көлбеу жазықтықтың  $N$  қалыпты реакциясы, сырғанау үйкеліс күші  $F_{тр}$ , сондай-ақ домалау кедергі моменті  $M_c$  әрекет етеді. Жазықтық күштер жүйесінің тепе теңдік теңдеулерін құрайық:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} &= 0, \quad -F_{mp} + G \sin \alpha = 0; \\ \sum F_{ky} &= 0, \quad N - G \cos \alpha = 0; \\ \sum M_A(\bar{F}_k) &= 0, \quad -G \cdot r \sin \alpha + M_{c \max} = 0. \end{aligned}$$

$M_c^{\max} = N\delta$  ескере отырып, екінші теңдеуден мынаны аламыз

$$M_c^{\max} = N\delta = \delta G \cos \alpha.$$

Үшінші теңдеу мына түрге ие болады:

$$-G \cdot r \sin \alpha + \delta \cdot G \cos \alpha = 0,$$

бұдан

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta}{r} = \frac{0,05}{5} = 0,01,$$

$$\Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} 0,01 = 0^\circ 35'.$$

Бірінші теңдеуден аламыз:

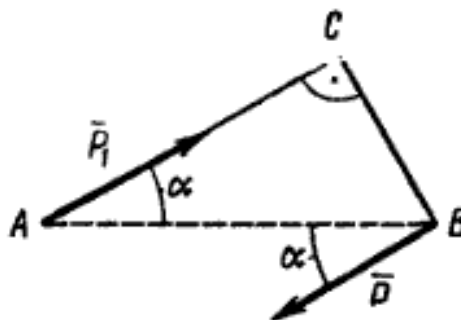
$$F_{mp} = G \sin \alpha = G \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha = 0,01 G \cos \alpha,$$

сырғанау үйкелісінің максималды күші

$$F_{mp}^{\max} = f N = f G \cos \alpha = 0,08 \cdot G \cos \alpha.$$

$F_{тр} \leq F_{тр}^{\max}$  шарты орындалғаны көрініп тұр, сондықтан цилиндр сырғанаусыз көлбеу жазықтықта айнала бастайды.

**2 есеп.** Егер  $P_1=P=20$  н,  $AB=0,5$  м және  $\alpha=30^\circ$  болса, қос күш моментін анықта.



Сурет 104- Қос күш моменті

**Шешімі:**

1. Қос күш моментін анықтау кезінде алдымен күш иінін дұрыс анықтап алған жөн. Бұл жағдайда келесі ұғымдарды ажырату қажет: қос күш иінін және қос күштерін қолдану нүктелері арасындағы қашықтық. Қатты дене механикасында күш жылжымалы вектор болғандықтан, оның қолдану нүктесі оның әрекет ету сызығы бойымен тасымалданған кезде күштің әрекеті өзгермейді. Бұл қос күштердің нүктелері арасындағы қашықтықты шексіз өзгертуге болатындығын білдіреді. Бірақ тасымалдау кезінде күштің иіні өзгеріссіз қалады.

Қос күш нүктелері арасындағы қашықтық иінге тең болуы мүмкін.

Берілген қос иін күштердің біреуінің нүктесінен анықтау үшін, мысалы, В нүктесінен, біз ВС перпендикулярын басқа күштің әрекет ету сызығына қалпына келтіреміз.

ВС арақашықтығы берілген қос күштің иіні болады. Қос күштерді қолдану нүктелері арасындағы қашықтық  $AB=0,5$  м.

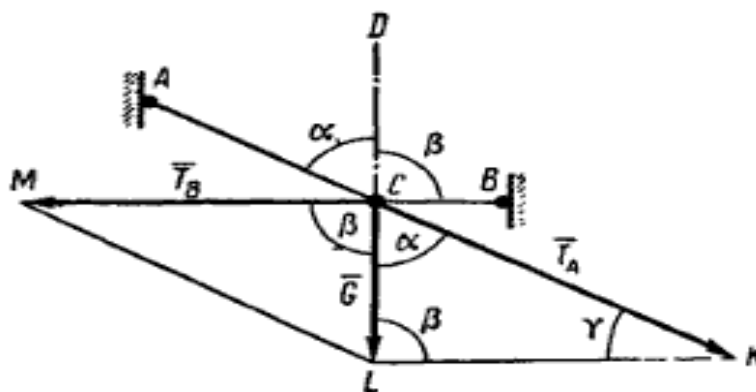
$BC = AB \sin \alpha = 0,5 \sin 30^\circ = 0,25$  м екенін көреміз

2. Қос күш моментін табамыз:

$M = -P * BC = -20 * 0,25 = -5$  н\*м.

**3 есеп.** Салмағы  $G = 12$  кг жүкті тік  $\alpha = 65^\circ$  және  $\beta = 90^\circ$  бұрыш құрайтын екі жіп ұстайды ( $G$  салмақтың әсер ету сызығы). Жіптердің созылу күшін анықтаңыз.

**Шешімі:** (параллелограмм ережесі бойынша графикалық-аналитикалық әдіс)



Сурет 105- Параллелограмм ережесін қолдану

1. Есептің шартына қарай сызбасын саламыз. С нүктесінен G векторын бейнелейтін CL тік кесіндісін саламыз. Тік CD-ден  $\alpha$  бұрышын (шамамен) солға, ал  $\beta$  бұрышын оңға қойып, CA және CB жіптерін саламыз (жіптердің ұзындығы күш мөлшеріне әсер етпейді, сондықтан біз A нүктелерін таңдаймыз және B ерікті).

2. Параллелограмм ережесіне сәйкес G векторын жіптер бойымен бағытталған TA және TB екі құрамдас бөлікке бөлеміз, яғни SKLM параллелограммын құрастырамыз.

3. SKLM параллелограммының құрылысына сүйене отырып, оның бұрыштары өте қарапайым түрде анықталады:

$$\angle KCL = \alpha = 65^\circ, \angle MCL = \angle CLK = \beta = 90^\circ$$

және сәйкесінше,

$$\angle CKL = \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - 155^\circ = 25^\circ.$$

4. Күш параллелограммы екі тікбұрышты үшбұрышқа бөлінгендіктен, екі күшті де табу оңай:

$$T_A = G/\sin \gamma = 12/\sin 25^\circ = 28,4 \text{ кг};$$

$$T_B = G/\text{tg } \gamma = 12/\text{tg } 25^\circ = 25,7 \text{ кг}.$$

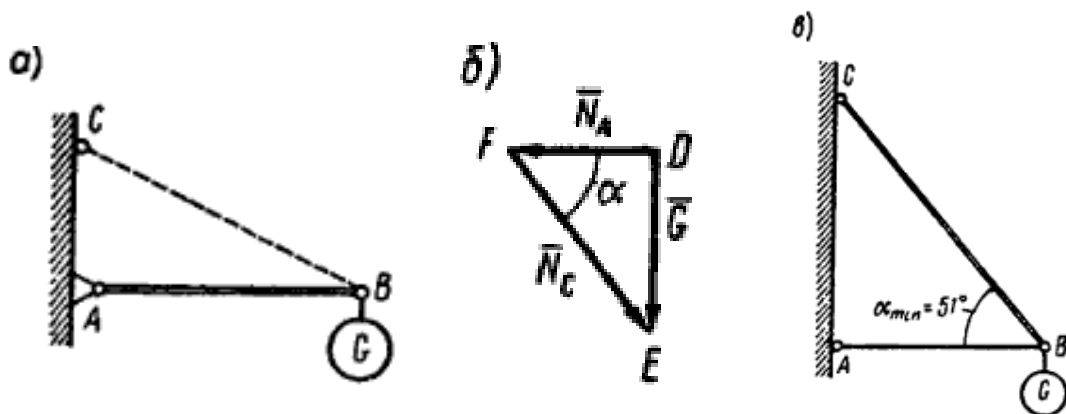
СИ жүйесінде күштер тең:

$$T_A = 28,4 \text{ кг} * 9,81 \text{ н/кг} = 279 \text{ н};$$

$$T_B = 25,7 \text{ кг} * 9,81 \text{ н/кг} = 252 \text{ н}.$$

**4 есеп.** Салмағы 200 кг жүкті қронштейнге іліп қою керек, оның өзектерінің бірі көлденең және онда 1,5 кН салпайтын қысу күші болуы керек. Екінші өзектесозылу күші пайдаланып, қалай орналастыру керек? Осы күштің мөлшерін анықтаңыз.

**Шешімі** (үшбұрыш ережесі бойынша графикалық-аналитикалық әдіс



Сурет 106-Күштерді қосу ережелері

1. Біз АВ(5-сурет, а)өзектікөлдененкүйде, яғни шартқа сәйкес оны алатын орнында бейнелейміз және өзектің В ұшына жүктің салмағын тең G жүктүсірілді делік, яғни

$$G = mg = 200 * 9,81 = 1960 \text{ н} = 1,96 \text{ кН.}$$

Бүлөзөкшө 1,5 кН қысу күшіне ие болуы керек. Демек, В нүктесінде таяқшаға түсірілген күш В нүктесінен А-ға бағытталған болады. Бұл күшті  $N_A$  деп белгілейік.

BC кронштейнінің орны белгісіз, сондықтан ол шартты түрде үзік сызықпен көрсетіледі.

2. Күштер үшбұрышын саламыз (5-сурет, б). G жүктің салмағын бейнелейтін және АВ өзекшесін сығатын  $N_A$  күшін бейнелейтін DF көлденең кесіндіні, яғни G векторының белгілі мүшесіне рикті D нүктеден кейінге қалдырамыз.

G векторының екінші мүшесі –  $N_C$  векторын (BC өзегіндегі күш) табу үшін G векторынан  $N_A$  векторын алып тастау керек. Бұл әрекетті үшбұрыш ережесі бойынша орындау үшін F және E нүктелерін қосамыз. Алынған үшбұрыштың FE қабырғасы қажетті  $N_C$  күшін көрсетеді.

3. DEF үшбұрышы тікбұрышты, сондықтан  $N_C = \sqrt{G^2 + N_A^2} = \sqrt{1,96^2 + 1,5^2} = 2,45 \text{ кН.}$

Егер  $N_C$  күші кронштейннің нүктесіне ойша ауысса, онда оның бағыты BC өзегінің АВ-ға қатысты орнын айқындайды.

Өзектер арасындағы ABC бұрышы (5-сурет, в)  $N_A$  және  $N_C$  күш сызықтары арасындағы бұрышқа тең болуы керек, яғни  $DFE = \alpha$  бұрышына:

$$\sin \alpha = G/N_C = 1,96/2,45 = 0,776$$

және

$$\alpha = 51^\circ.$$

Осылайша, егер  $\alpha = 51^\circ$  бұрышпен кронштейнде BC өзекшесін ВА өзекшесіне көлденең орналастырса, онда кронштейннің В нүктесіне әрекет ететін  $G = 1,96 \text{ кН}$  салмақты жүк ВА өзекшесінде  $N_A = 1,5 \text{ кН}$  сығылатын күш, ал BC өзекшесінде  $N_C = 2,45 \text{ кН}$  созылатын күш тудырады.

Егер кронштейнді дайындау кезінде бұрышты  $\alpha$  ( $\alpha > 51^\circ$ ) үлкейтсек, онда екі өзекшеге де жүктеме азаяды, ал өзекшенің BC тік орналасуымен ( $\alpha = 90^\circ$ ) көлденең өзектегі  $N_A$  күші нөлге тең болады және  $N_C = G = 1,96 \text{ кН}$  болады.

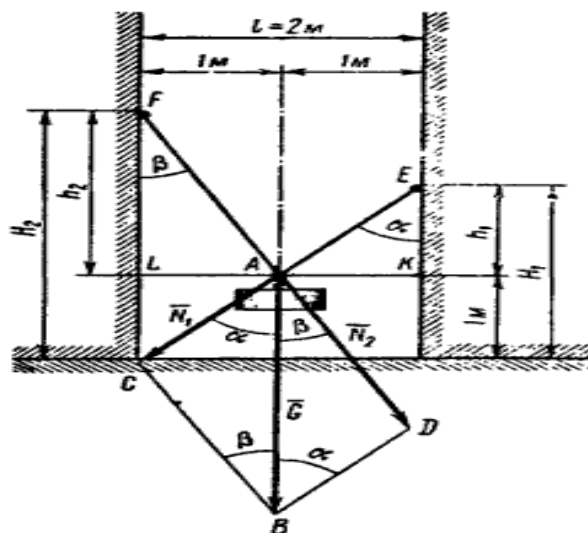
Егер кронштейн дайындау кезінде  $\alpha$  бұрышы азаятын болса ( $\alpha < 51^\circ$ ), онда екі өзектегі күштер артады.

Мұны берілген G векторына бұрыштары  $\alpha > 51^\circ$  немесе  $\alpha < 51^\circ$  болатын күш үшбұрыштарын салу арқылы оңай тексеруге болады.

**5 есеп.** Биік қабырғалар арасында салмағы 140 кг болатын кейбір жүктерді қабырғалардан 1 м қашықтықта және көлденең еденнен 1 м биіктікте уақытша іліп қою қажет. Әрқайсысының ұзындығы бірнеше метр болатын екі арқан бар. Аспаның қауіпсіздігін ескере отырып, арқандардың бірін 70 кН аспайтын күшпен, ал екіншісін 100 кН аспайтын күшпен жүктеуге болады.

Жүк берілген қалыпта ілінгеннен кейін арқандардағы күштер рұқсат етілген 70 және 100 кН аспауы үшін арқандардың ұштарын еденнен қандай биіктікте нығайту қажет?

**Шешімі** (параллелограмм ережесі бойынша графикалық әдіс)



Сурет 107-Параллелограмм ережесінің суреттемесі

1. Осылайша ұзындығы 1 м сызбада 12,5 мм (1 м-де 12,5 мм) кесіндімен бейнеленетін құрылыс масштабын таңдаймыз:

$$\mu_l = 1 \text{ м} / 12,5 \text{ мм} = 0,08 \text{ м/мм}$$

және екі тік қабырға мен көлденең еден саламыз (6-сурет).

Таңдалған масштабта сызбадағы қабырғалар арасындағы  $l=2$  м қашықтық  $1/\mu_l = 2 \text{ м} / 0,08 \text{ м/мм} = 25 \text{ мм}$  болатын кесіндімен бейнеленеді.

Еденнен 1 м қашықтықта және қабырғалардан 1 м қашықтықта біз А нүктесін белгілейміз, онда жүк ілінуі керек.

1.  $\mu_{\text{күш}}=4 \text{ кН/мм}$  (1 мм ұзындықта 4 кН) масштаб күшін таңдаймыз.  $G=140 \text{ кН}$  жүгі кесіндіде бейнеленеді

$$AB = G/\mu_{\text{күш}} = 140/4 = 35 \text{ мм.}$$

Бұл кесіндіні сызбадағы А нүктесінен кейінге қалдырайық.

Есептің шарты бойынша, арқандардағы күш  $N_1=70 \text{ кН}$  және  $N_2=100 \text{ кН}$  артық болмауы керек. Бұл күштер таңдалған масштабта кесіндіде бейнеленеді.

$$AC = N_1/\mu_{\text{күш}} = 70/4 = 17,5 \text{ мм,}$$

$$AD = N_2/\mu_{\text{күш}} = 100/4 = 25 \text{ мм.}$$

Циркульдің көмегімен осы ұзындықтарға тең радиустармен сызба жасай отырып, алдымен А нүктесінен, содан кейін В нүктесінен біз ACBD параллелограммын аламыз

3.  $N_1$  және  $N_2$  күштері арқандар бойымен әрекет етуі керек, сондықтан СА кесіндісін оң жақ қабырғамен қиылысқанға дейін ұзарта отырып, оған бір арқанның Е нүктесін – бекіту орнын аламыз және DA кесіндісін ұзарта отырып, сол қабырғада F нүктесін аламыз – екінші арқанның бекіту орны.

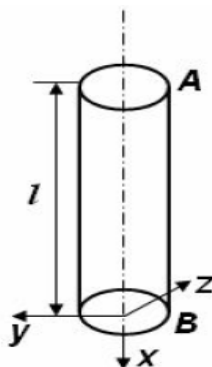
4. Сызбада Е нүктесінен еден сызығына дейінгі қашықтықты өлшеп, біз 25 мм аламыз, яғни бірінші арқанның бекіту нүктесі еденнен кем емес қашықтықта болуы керек

$$H_1 = 25 \text{ мм} * 0,08 \text{ м/мм} \approx 2.$$

F нүктесінен еден сызығына дейінгі қашықтықты өлшей отырып, біз 36 мм аламыз. Демек, екінші арқанның бекіту нүктесі еденнен кем емес қашықтықта болуы керек

$$H_2 = 36 \text{ мм} * 0,08 \text{ м/мм} \approx 2,9 \text{ м.}$$

**6-есеп.** Тығыздығы  $\rho$  және ұзындығы  $l$ , оның жоғарғы ұшымен бекітілген және өз салмағымен керілу деформациясына ұшыраған ағаштың керілу есебін қарастырайық.



Сурет108- Өз салмағымен өзекшенің керілуі

**Шешімі.**

Координат жүйесі суретте көрсетілгендей орналасқан. Ағаштың сыртқы бетінде барлық жерде  $\varepsilon_{ij} = 0$ , бірақ ағаш бекітілген А ұшын қоспағанда  $F = gi$  және  $\sigma^n = 0$ . А ұшындағы кернеулер есепті шешу нәтижесінде анықталады. Бұл жағдайда тепе-теңдік теңдеулері мына түрге ие болады.

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} = -\rho g ,$$

бұдан

$$\sigma_{xx} = -\rho gx + \varphi(y, z), \tag{1}$$

мұндағы  $\varphi(y, z)$  – еркін функция, оны анықтау үшін біз ағаштың төменгі жағындағы шартты қолданамыз.  $x = 0$  кезінде  $\sigma_{xx} = 0$  болса, онда  $\varphi(y, z) = 0$ .

Кернеудің таралуы (1) және

$$\sigma_{yy} = \sigma_{zz} = \sigma_{xz} = \sigma_{zy} = \sigma_{xy} = 0$$

ағаштың ішіндегі барлық тепе-теңдік теңдеулерін және оның бетіндегі шарттарды қанағаттандырады, оны тікелей ауыстыру арқылы тексеруге болады. Ағаштың жоғарғы жағында, яғни А қиылысында, мынаны аламыз

$$\sigma_{xx} = \rho gl = \frac{G}{S} ,$$

мұнда  $S$  - ағаштың көлденең қимасының ауданы,  $G = \rho g l S$ . оның толық салмағы.  
Гук заңының көмегімен тензор деформациясының компонентін анықтаймыз

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\sigma_{xx}}{E} = -\frac{\rho g x}{E}, \quad \varepsilon_{yy} = -\frac{\nu \sigma_{xx}}{E} = \frac{\nu \rho g x}{E}, \quad \varepsilon_{zz} = -\frac{\nu \sigma_{xx}}{E} = \frac{\nu \rho g x}{E},$$

$$\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{zy} = \varepsilon_{xz} = 0. \quad (2)$$

Орын ауыстыруларды анықтау үшін бізде алты теңдеу бар

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} = -\frac{\rho g x}{E}, \quad \frac{\partial u_y}{\partial y} = \frac{\nu \rho g x}{E}, \quad \frac{\partial u_z}{\partial z} = \frac{\nu \rho g x}{E},$$

$$\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} = \frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} = \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Жүйенің алғашқы үш теңдеуі (3)

$$u_x = -\frac{\rho g x^2}{2E} + \psi_1(y, z), \quad u_y = \frac{\nu \rho g x y}{E} + \psi_2(x, z), \quad u_z = \frac{\nu \rho g x z}{E} + \psi_3(y, x) \quad (4)$$

(10) теңдеулердің екінші тобына (9) ауыстыра отырып, белгісіз функцияны анықтау үшін теңдеу жүйесін табамыз

$$\frac{\partial \psi_1}{\partial y} + \frac{\nu \rho g y}{E} + \frac{\partial \psi_2}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\nu \rho g y}{E} + \frac{\partial \psi_3}{\partial x} + \frac{\partial \psi_1}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{\partial \psi_2}{\partial z} + \frac{\partial \psi_3}{\partial y} = 0.$$

Егер белгілерді енгізсек,

$$\varphi_1 = \psi_1 + \frac{\nu \rho g}{2E} (y^2 + z^2),$$

$$\varphi_2 = \psi_2, \quad \varphi_3 = \psi_3,$$



онда белгісіз функцияларды анықтау мәселесі  $\varphi_i$  үшін бұрыннан шешілген теңдеулер жүйесіне келтіріледі. сондықтан орын ауыстырулар үшін есептің шешімі түрде болады

$$\begin{aligned} u_x &= -\frac{\rho g}{2E} \left( x^2 + \nu(y^2 + z^2) \right) + a_2 z - a_3 y + k_4, \\ u_y &= \frac{\nu \rho g x y}{2E} - a_1 z + a_3 x + m_4, \\ u_z &= \frac{\nu \rho g x z}{2E} - a_2 x + a_1 y + l_4. \end{aligned}$$

Жоғарғы ұшының центрінде, яғни  $x = -1, y = 0, z = 0$  кезінде (5) шарттары орындалады деп есептесек,

$$a_1 = a_2 = a_3 = m_4 = l_4 = 0, \quad k_4 = \frac{\rho g}{2E} l^2$$

Орын ауыстыру формулалары мына түрге келеді

$$\begin{aligned} u_x &= -\frac{\rho g}{2E} \left( (x^2 - l^2) + \nu(y^2 + z^2) \right), \\ u_y &= \frac{\nu \rho g x y}{2E}, \quad u_z = \frac{\nu \rho g x z}{2E}. \end{aligned}$$

Ағаш осінің нүктелері тігінен қозғалады деген шешім.  $x = 0$  қимасының нүктелерінен басқа барлық басқа нүктелерде көлденең қозғалыстар нөлден ерекшеленеді. Еркін жазықтық қимасы  $x = x_0$  деформациядан кейінгі теңдеумен сипатталады

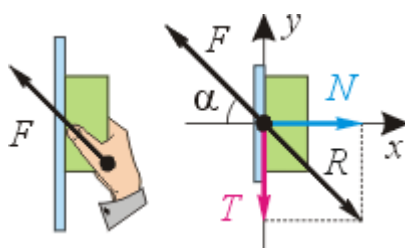
$$x = x + u_x = x_0 - \frac{\rho g}{2E} \left( (x_0^2 - l^2) + \nu(y^2 + z^2) \right),$$

яғни айналу параболоидының бетіне айналады.

Ең үлкен кернеу ағаштың жоғарғы бөлігінде алынады. Ол көлденең қиманың ауданына тәуелді емес және мына формуламен анықталады:

$$\sigma_{11}(x = -l) = \rho g l$$

**7-есеп.** Жұмысшы суретте көрсетілгендей ағашты қабырғаға басады. Ағаштың қабырғаға сырғып кетуіне жол бермеу үшін күш векторын қалай өзгерту керек?



Сурет109-Нормаль тірек күші

**Шешімі.** Сызбаның сол жағында қолдың ағашты басып тұрғаны көрсетілген. Оң жағы қолдың күшін қабырғаға қалай беретінін көрсетеді. Ньютонның үшінші заңы бойынша реакция күші пайда болады, оны біз қалыпты және тангенциалды күштер деп елестетеміз:

$$-\vec{F} = \vec{R}, \quad \text{яғни} \quad -\vec{F} = \vec{N} + \vec{T}$$

Осьтегісоңғытеңдеудіжобалайотырып, бізкелесітеңдеулердіаламыз:

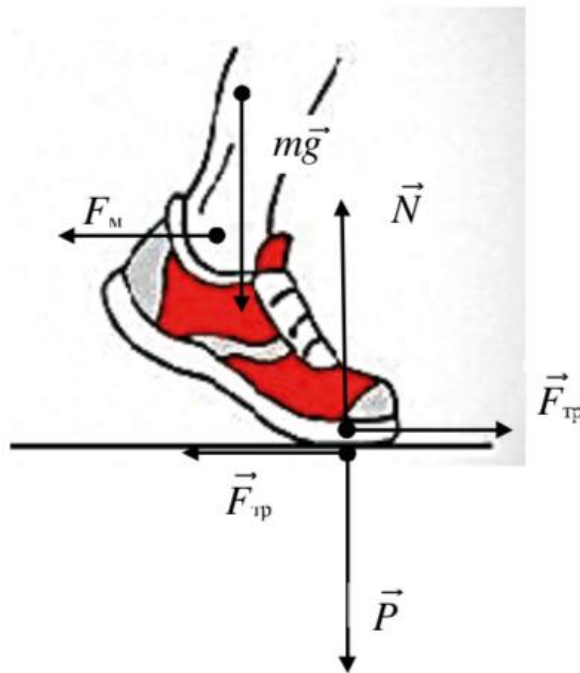
$$\begin{aligned} -F_x &= N_x + T_x & -F_y &= N_y + T_y \\ F \cdot \cos(\alpha) &= N + 0 & -F \cdot \sin(\alpha) &= 0 - T \\ F \cdot \cos(\alpha) &= N & F \cdot \sin(\alpha) &= T \end{aligned}$$

Ағашқабырғағасырғыпкетпеуіүшінүйкеліскүшініңмодуліоныңесептелгенмәнінен аз болуыкерек:  $TmN$ . Сонда аламыз:

$$F \cdot \sin(\alpha) = m \cdot F \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow \tan(\alpha) = m$$

**Жауабы:** жұмысшы  $\alpha$  бұрышының тангенсі қабырғағасырғанаудың үйкеліс коэффициентінен аз болатындай етіп азайтуы керек; ағаштың тыныштығын емес сырғуы ағашқа қысым күшінің модулін етәуелді емес.

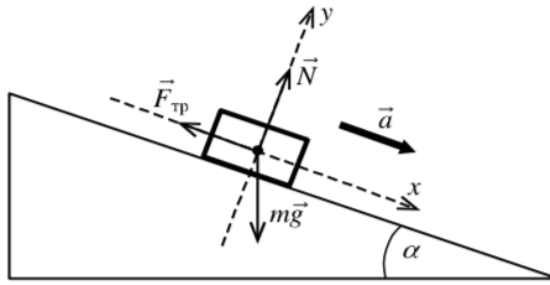
**8-есеп.** Жаяу жүру кезінде адамға қандай күштер әсер етеді? Оны қандай күш қозғалысқа келтіреді?



Сурет 110-Күштердің әрт.рлі нүктелерге келтіруі

**Шешімі:** Адамға әрқашанда ауырлық күші ( $m\vec{g}$ ) әсер етеді. Ол дененің барлық бөліктеріне бекітілген, бірақ оны масса орталығына бекітілген етіп бейнелеу әдетке айналған (15 суретте олай бейнеленбеген). Жаяу жүргенде, адам масса орталығына қатысты бұлшықет күшімен аяғын артқа итереді. Суретте бұл күш  $\vec{F}_M$  деп белгіленеді. Табан протекторы мен асфальт (еден) бетінің ілінісі болмаса, аяқ осындай қозғалысты бастар еді. Жер бетінде тыныштықтың үйкеліс күші пайда болады. Аяқ осы күшпен асфальтты солға қарай итереді ( $\vec{F}_{\text{ТР}}$ ), ал асфальт аяғын оңға қарай итереді ( $\vec{F}_{\text{ТР}}$ ), оны асфальтқа қатысты қозғалысқа келтіреді. Адам асфальт бетіне салмақ ( $\vec{P}$ ) деп аталатын әрекетті жасайды, ал адамға қарсы тірек реакция күші ( $\vec{N}$ ) әсер етеді.

**9-есеп.** Дене табанындағы көлбеу бұрышы  $\alpha = 30^\circ$  болатын көлбеу жазықтықпен сырғып кетеді. Көлбеу жазықтықта, көлбеу бұрышы бар, денесі негізде сырғып кетеді. Бетінің және дененің үйкеліс коэффициенті 0,2-ге тең дененің үдеуін табыңыз.



Сурет 111- Көлбеу жазықтық

**Шешімі.** 6-суретте біз күштерді орналастырамыз және ыңғайлылық принципінен координаталық осьтерді таңдаймыз (үдеу бойындағы осьтердің бірі). Ньютонның екінші заңының теңдеуін векторлық түрде жазайық:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = m\vec{a}$$

Әріқарайбіз оны координаттаросінешығарамыз:

$$Ox : -F_{\text{тр}} + mg \cdot \sin \alpha = ma,$$

$$Oy : -mg \cdot \cos \alpha + N = 0$$

Кулон-Амонтонформуласынжазамыз:

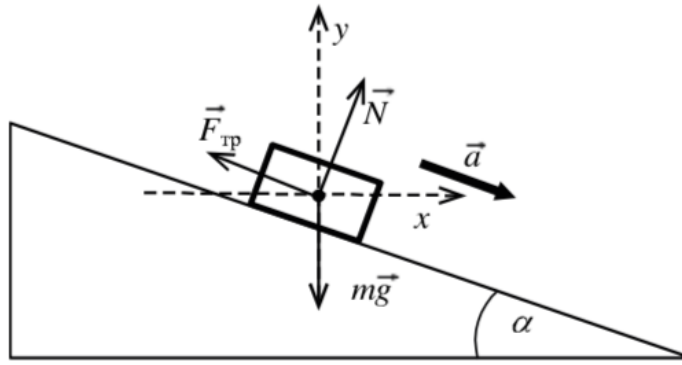
$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N.$$

Теңдеулержүйесіншешеотырып, бізаламыз:

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Сандықжауапмына мәндібереді: $a \approx 3,27 \text{ м/с}^2$ .

Осьтердің басқа бағыттарымен әдісті қарастырамыз (18-сурет)



Сурет 112- Кулон Амантон заңын қолдану

$$Ox : -F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha = ma \cdot \cos \alpha,$$

$$Oy : -mg + N \cdot \cos \alpha = -a \cdot \sin \alpha.$$

Кулон-Амонтон формуласын жазамыз:

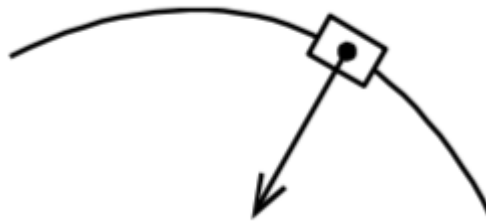
:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N.$$

Бұл теңдеулер жүйесін шешу де сол жауапқа әкеледі (оны өзіңіз тексеріңіз), бірақ мақсатқа жету жолы әрі ұзағырақ, әрі қиынырақ болады.

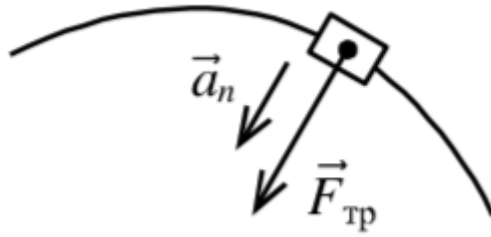
**10-есеп.** Резеңке мен асфальт арасындағы үйкеліс коэффициенті 0,7. Мотоциклші жылдамдығы 54 км/сағ болса, жылдамдықты төмендетпей айнала алатындай жолдың ені қандай болуы керек?

Егер мотоциклші жылдамдықты төмендетпей бұрылуды жоспарласа, онда оның қозғалысы шеңбер бойымен біркелкі болады. Жылдамдық бағытының өзгеруіне әкелетін күш центрге тартқыш (қалыпты) үдеу болады (рис. 19). Бұл күш үйкеліс күші болады.



Сурет 113 – Шеңбер доғасы мен қозғалысы

**Шешімі.** Үдеу бойымен  $O_x$  осін таңдаймыз (20-сурет). Осы оське проекцияда Ньютонның 2-ші заңын жазайық



Сурет 114- Нормаль үдеу бағыты

$$F_{\text{тр}} = ma_n = m \frac{v^2}{R}.$$

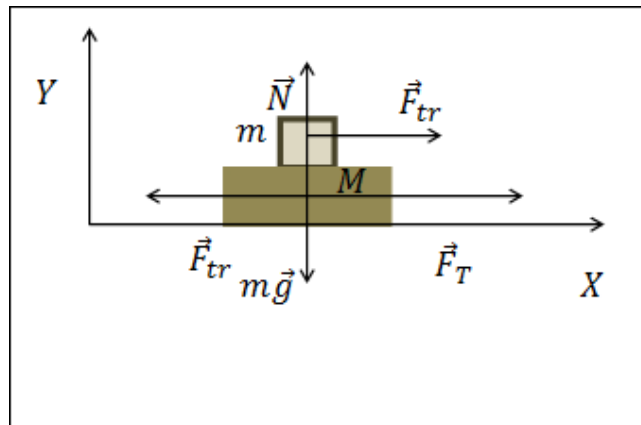
$F_{\text{тр}} = \mu N, N = mg$  болса, онда  $\mu mg = m \frac{v^2}{R}$ , мұнда  $R = \frac{v^2}{\mu g}$ , содан кейін бұрылу үшін ені қажет

$$l = 2R; l = \frac{2v^2}{\mu g}; l = 64,3 \text{ м}$$

Жауаптан нақты жолда бұрылу үшін жылдамдықты азайту керек екенін көреміз.

**11- есеп.** Тегіс көлденең бетінде массасы  $M$  тақтасы жатыр.

Тақтада  $m$  масса денесі орналасқан. Дененің тақтаға үйкеліс коэффициенті  $\mu$ . Тақтаға көлденең тарту күші қолданылады, олуақытқа байланысты:  $F = At$  (мұнда  $A = \text{const}$ ). Қай уақытта тақта дененің астынан сырғып шыға бастайды?



Сурет 115- Сырғыш шығу

Есепті шешу үшін нөлге тең емес  $X$  және  $Y$  осьтеріндегі күштердің проекциялары қажет. Массасы  $m$  дене үшін:

$$X: ma_1 = F_{tr}$$

$$Y: mg = N$$

$$F_{tr} = \mu N = \mu mg \rightarrow ma_1 = \mu mg \rightarrow a_1 = \mu g$$

Массасы  $M$  дене үшін:

$$Ma_2 = F - F_{tr} \rightarrow Ma_2 = At - F_{tr} \rightarrow a_2 = \frac{At - F_{tr}}{M}$$

Тақтаның дене астынан сырғып шыға бастаған уақыт моментін белгілейік  $t_0$ , сонда

$$\mu g = \frac{At_0 - \mu mg}{M} \rightarrow t_0 = \frac{m + M}{A} \mu g$$

Жауабы:  $t_0 = \frac{m + M}{A} \mu g$

**12-есеп.** Тоқырау (застой) құбылысы-екі дененің жанасуындағы тыныштықтың максималды үйкеліс күші сырғанау үйкеліс күшінен сәл үлкен. Бұл құбылысты зерттеу үшін келесі тәжірибе жүргізілді. Қаттылығы бар көлденең үстелде жатқан ағашқа серіппе бекітілді. Серіппенің бос ұшын, оны ағаштан алыстата отырып, түзу, біркелкі және өте баяу қозғалта бастады. Бұл тәжірибеде штанга секіре қозғалды, бір секіру кезінде бір бағытта қашықтыққа қозғалды. Үстел мен ағаш арасындағы тыныштық үйкелісінің максималды күшін табыңыз. Ағаштың үстелге қатысты сырғанау үйкеліс коэффициенті жылдамдыққа тәуелді емес. Еркін түсу үдеуі  $g$ .

**Шешімі.** Серіппе баяу созылғанда, серіппенің ұзаруы  $x_0 = F/k$  тең болғанда жолақ қозғала бастайды. Ағаштың қозғалыс процесін ескере отырып, секіру кезінде серіппенің қозғалатын ұшы қозғалмайды деп санауға болады.  $X$  осін серіппенің ұшын жылжытатын бағытқа бағыттап, координаталар басы ретінде жолақтың бастапқы орнын алып, осы оске проекцияда Ньютонның екінші заңын жазайық.

$$ma_x = m \frac{d^2x}{dt^2} = k(x_0 - x) - \mu mg = -k\left(x - \frac{F - \mu mg}{k}\right)$$

Бұл гармоникалық тербеліс теңдеуі. Ол ағаштың орын ауыстыруының басынан бірінші аялдамаға дейінгі қозғалысы үшін жарамды. Оңға жылжып, ағаш координаталар басынан  $x_p = (F - \mu mg)/k$  координатасы бар тепе-теңдік күйі арқылы  $s = 2x_p = 2(F - \mu mg)/k$  координатасы екі еселенген нүктеге өтіп, жарты тербеліс периоды жасайды. Бұдан

$$F = \mu mg + \frac{ks}{2}$$

Есепті басқа әдіспен де шешуге болады. Ағаш сырғана бастаған кезде серіппе  $x$  шамасына созылсын. Содан кейін жолақ тоқтаған кезде серіппенің созылуы  $x - s$

болып табылады және жолақтың механикалық энергиясының өзгеру заңын келесі түрде жазуға болады:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{k(x-s)^2}{2} + \mu mgs$$

Бұдан

$$x = \frac{\mu mg}{k} + \frac{s}{2}$$

және максималды тыныштық үйкеліс күші үшін мынаны аламыз:

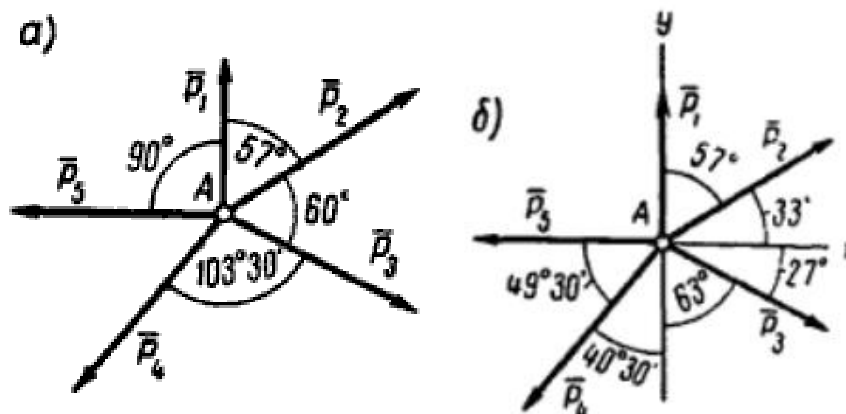
$$F = kx = \mu mg + \frac{ks}{2}$$



## Өзіндік тапсырмалар:

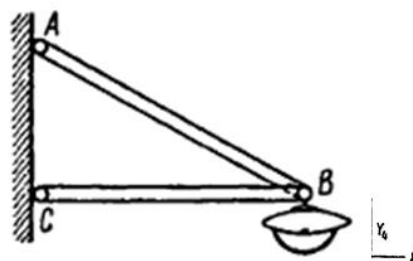
1. Теңрекет ететін бес күшті анықта:

$P_1 = 52$  н,  $P_2 = 70$  н,  $P_3 = 69$  н,  $P_4 = 77$  н,  $P_5 = 70$  н, 45, а-суретте көрсетілгендей, А нүктесінде әрекет етеді.



Сурет 116- Тең әсерлі күші

2. Салмағы 80 Н шам тік қабырғаға орнатылған ABC кронштейніне ілінген. (27-сурет). Егер  $CB=1$  м және  $AB=1,2$  м болса, фонарды ілгеннен кейін СВ көлденең өзегінде және АВ көлбеу итергенде пайда болған күштерді анықтаңыз. Кронштейннің А, В және С нүктелеріндегі қосылыстар топсалы.



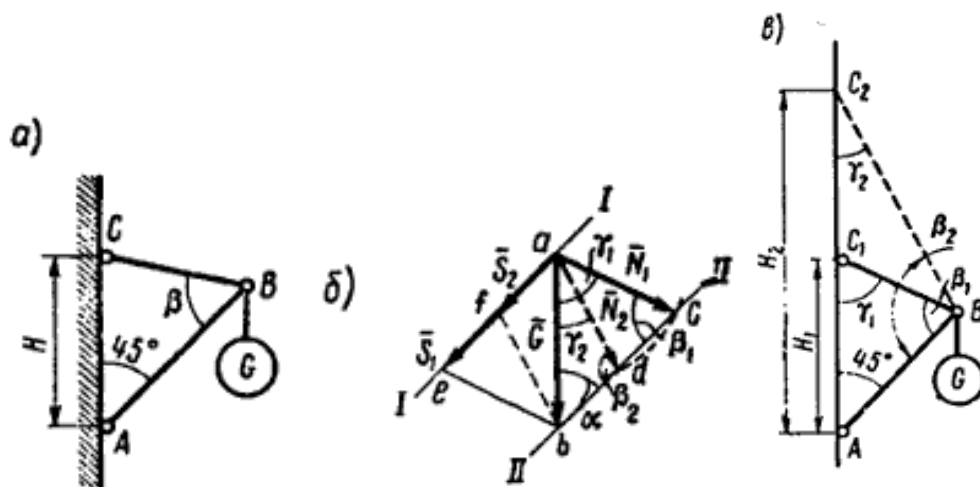
Сурет 117- Кронштейн

3. Рельстің ұзындығы 15 м, вагонның меншікті тербелісі — 0,5 с. Резонанс құбылысы басталатын кездегі поездың қозғалыс жылдамдығын табыңыздар.

4. Қақпаны ашатын камерамен қатар тұрған (150 метр) электромотор үшін 24 В кернеуді беру үшін өткізгіштің қимасын есептеңіздер, егер электродвигатель қосқан моментте 15 А токты, ал жұмыстық режимде 8 А токты қолданса. Мұнда қимасы  $1 \text{ мм}^2$  болатын өткізгішті қоюға бола ма? Қысқаша тұйықталулар неліктен қауіпті?

5. 25 А токта 0,5 сек ішінде жанып кететін алюминий сымның көлденең қимасын есептеп табыңыздар. Өткізгіштердің қызу шамасын анықтаңыздар. Жетіспеген мәліметтерді өздеріңіз табыңыздар.

6. Ұзындығы  $AB=l$  болатын  $AB$  таяқшасының соңында  $A$  нүктесінде тік қабырғаға ілулі, салмағы  $G=6$  кН болатын салмақты іліп қою керек, ал  $AB$  өзегі қабырғамен  $45^\circ$  бұрыш жасауы керек (сурет. 36, а).  $B$  таяқшасының соңында  $AB$ , ұзындығы  $AB=l$ ,  $A$  нүктесінде тік(вертикаль) қабырғаға ілулі,  $G=6$  кН салмақпен ілу керек, ал  $AB$  өзегі қабырғамен  $45^\circ$  бұрыш жасау керек(сурет. 36, а).  $A$  нүктесінен  $H$  нүктесіне дейін қашықтығы қандай? Егер кабель  $4,5$  кН аспайтын күшпен жүктелуі мүмкін болса, тросты берілген күйде  $CB$  кабелін бекіту керек болса, сондай-ақ, оған жүк ілінгеннен кейін  $AB$  өзегінде пайда болған күшті анықтаңыз.



Сурет 118 - Өзекте пайда болатын күштер

7.  $AB$  арқанының  $B$  ұшына сақина бекітілген, оған төрт күш әсер етеді:  $P_1=40$ Н,  $P_2=25$ Н,  $P_3=25$ Н және  $P_4=20$ Н, суретте көрсетілгендей бағытталған.  $43a$  ( $P_2$  күші көлденең). Арқанда пайда болатын күшті және оның горизонтальға қатысты бағытын анықтаңыз.

## **Қорытынды**

Техниканың кез келген саласында әр түрлі механизмдердің жұмыс жасау принциптерін оқып зерттеу кезінде, сонымен бірге жаңа құрылымын, жаңа жақсартылуғ модификациясын жасауында негізгі физикалық заңдардың пайдалану үлесі маңызды.

Оқу құралында газ, сұйық, қатты орталарда және де техникалық күрделігі әр түрлі бұйымдардың, механизмдердің, машиналардың қажетті физикалық негіздері келтірілген.

Жұмыс жасау принциптері осы негізгі физикалық заңдылықтарына негізделген мысалдарын қарастыру нәтижесінде құрылыста болсын, машинажасау саласында болсын кез келегн бұйымдарды жобалау кезінде қолдануға болады.

Аэродинамика және гидродинамика негізінде биология. Медицина, өнеркәсіп, көліктік техника, машынажасау, құрылыс салаларында қолданып жүрген техникалық қондырғылар мен, приборлардың, аппараттардың қолданығ жүрген және әлі де қолданатын мысалдары едәуір көп, болашақта адам жұмысын жеңілдететін құрылыларын да осындай жол мен жасауға болады.

## Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Жанбосынов Б.О. Жылу техниканың негізі.-Семей: энциклопедия, 2016.-579 с.
- 2 Балдаев Радж, В. Раджендран, П. Паланичами, Мир физики и техники.–Москва: Техносфера, 2006.-589 с.
- 3 Глазунов А.Т. Техника в курсе физики средней школы. - Москва: Просвещение, 2017. - 159 с.
- 4 Куприн М.Я. Физика в сельском хозяйстве.-Москва: Орион, 2017. - 160 с.
- 5 Ауезов В.К., Бурменская А.Е., Захарова О. А. Қолданбалы физика-Алматы: Академия, 2012.-345 с.
- 6 Монахов В.В. Стефеев С.К. Физика бойынша ресейлік білім беру порталы - студенттер мен оқытушыларға арналған ресурстар. Білім берудегі компьютерлік құралдар, 2004 ж, №4, 13-22б.
- 7 Қазақстан Республикасының мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандарты. Жоғары білім. Бакалавриат. 13 мамыр 2016 ж. бекіт. Жарлық № 292.
- 8 Пономарева, И.С. MATLAB как инструментальное средство для создания виртуальной лаборатории. Физика. Математика. Информатика: ученые записки. Материалы докладов итоговой научной конф. АГУ. – Астрахань: Изд-во Астраханский университет, 2005. - Т. 1. – С. 158-162.