ЗЕРТХАНАЛЫҚ САБАҚҚА АРНАЛҒАН ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР

Пән: Химия-фармацевтік өндірісінің процестері мен аппараттары-1

ББББ атауы: **6**В07201 «Фармацевтикалық өндіріс технологиясы»

Пән коды: **PAHFP 2201-1**

Оқу сағаттар көлемі: 180 (6 кредит)

Курс: 2

Семестр: 3

Зертханалық сабақтар: 33 сағат

Шымкент, 2024 ж.

Зертханалық сабақтарға арналған әдістемелік нұсқаулар " Химия-фармацевтік өндірісінің процестері мен аппараттары-1" пәнінің жұмыс бағдарламасына (силлабус) сәйкес әзірленген және кафедра мәжілісінде талқыланды.

Хаттама № ___ «___» _____ 2024 ж.

Каф. Меңгерушісі, к.т.н. доцент Орымбетова Г.Э.

1-тақырып: Сұйықтың физикалық қасиеттерін зерттеу

Мақсаты: сұйықтықтардың температуралық кеңеюін, тығыздығын, тұтқырлығын және беттік керілуін өлшеу техникасын игеру.

Оқыту міндеттері:

Студент білуге тиіс:

- сұйықтықтың негізгі физикалық қасиеттері;
- температураның кеңею коэффициентін анықтау әдістері;
- Сұйықтықтың тығыздығын анықтау әдістері;
- тұтқырлық коэффициентін анықтау әдістері;
- беттік керілу коэффициентін анықтау әдістері.

Студент білуі керек:

- температураның кеңею коэффициентін өлшеу;
- Сұйықтықтың тығыздығын өлшеу;
- сұйықтықтың тұтқырлық коэффициентін өлшеңіз;
- беттік керілу коэффициентін өлшеңіз.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

- Сұйықтықтың негізгі физикалық қасиеттері.
- Сұйықтықтың физикалық қасиеттерін анықтау әдістері.
- Сұйықтықтың физикалық қасиеттерін анықтауға арналған құралдар.

Оқыту және оқыту әдістері:

Студенттер сұйықтықтың негізгі физикалық қасиеттерін түсінуі керек. "Тамшы"зертханалық қондырғысында

- Термометриялық сұйықтықтың температуралық кеңею коэффициентін анықтаңыз.
- Сұйықтықтың тығыздығын гидрометрмен өлшеңіз.
- Сұйықтықтың тұтқырлығын Стокс вискозиметрімен анықтаңыз.
- Сұйықтықтың беттік керілу коэффициентін сталагмометрмен өлшеңіз.
- Алынған эксперименттік деректерді олардың кестелік мәндерімен салыстырыңыз**.**

1.2 Теориялық ақпарат

Сұйықтықтар сұйықтыққа ие физикалық денелер деп аталады, яғни.өте аз күштердің әсерінен ағу мүмкіндігі. Ағын процесі-сұйықтық қабаттарының салыстырмалы сырғуы (сдысу деформациясы). Сұйықтықтар екі класқа бөлінеді: тамшылар, аз мөлшерде тамшылар (су, ерітінді) және газ тәрізділер (ауа, газдар).

Сұйықтықтың негізгі сипаттамалары-тығыздық, сығылу, температураның кеңеюі, тұтқырлық және беттік керілу**.**

Тығыздық ρ – сұйықтық массасының оның көлеміне қатынасы V, а үлес салмағы γ – салмағы G сұйықтық көлемінің бірліктері:

$$\rho = m/V; \qquad \gamma = G/V = \rho g ,$$

мұнда g – ауырлық күшінің үдеуі.

Сығылу-сұйықтықтың қысым әсерінен көлемді азайту қасиеті. Ол бірлік үшін β_p қысымы көтерілген кезде сұйықтық көлемінің салыстырмалы төмендеуін көрсететін β β сығылу коэффициентімен бағаланады::

$$\beta_p = -(\Delta V/V)/\Delta p.$$

кері шамасы сұйықтықтың көлемдік серпімділік модулі деп аталады

$$E_ж = 1/\beta_p.$$

Температураның кеңеюі-қыздырылған кезде сұйықтықтың көлемін өзгерту қасиеті**.** Тұрақты қысым кезінде температурасының бір градусқа өзгеруімен көлемінің салыстырмалы өсіміне тең β β температураның кеңею коэффициентімен сипатталады: аі:

$\beta_T = (\Delta V/V)/\Delta T$.

Әдетте, қызған кезде сұйықтық көлемі артады.

Тұтқырлық-сұйықтықтың қабаттарының салыстырмалы сырғуына қарсы тұру қасиеті. Ол тұтқырлықтың динамикалық коэффициентімен бағаланады μ, ол паскаль-секундтармен өлшенеді (Па.С) және көрші қабаттар арасындағы тангенс кернеуіне тең, егер олардың салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы қабаттың қалыңдығына сандық тең болса. **Тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті ν формуладан анықталады**

$$\nu = \mu/\rho$$

және секундына шаршы метрмен өлшенеді ($м^2/с$) немесе Стокспен (1 ас қасық = 1 см2 / с). Тұтқырлық коэффициенттері сұйықтық түрімен анықталады, ағынның жылдамдығына тәуелді емес және температураның жоғарылауымен айтарлықтай төмендейді.

Беттік керілу – сұйықтықтың өзара тартылатын молекулалардың беткі қабатын қалыптастыру қасиеті-беттік керілу коэффициентімен сипатталады σ, бос беттің контур ұзындығының бірлігіне тең.

Әр түрлі сұйықтықтардың қасиеттері ρ, β_p, β_T, ν и σ , 20 ºС температурада және атмосфералық қысымда (760 мм рт. ст.) 1.1. кестеде берілген.

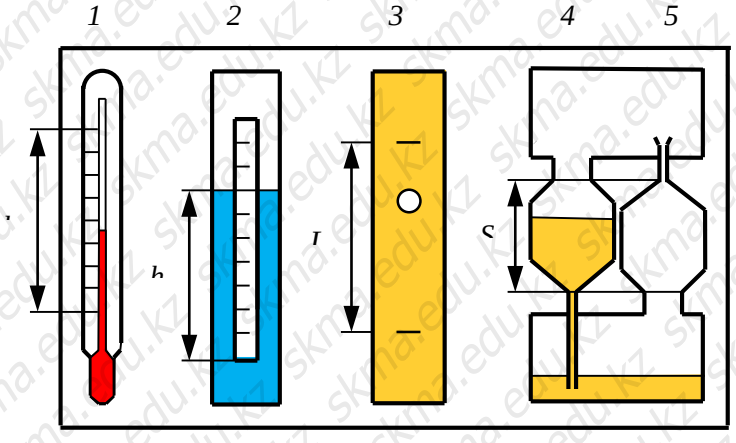
Кесте 1.1 - Сұйықтықтардың қасиеттері

Сұйықтық	ρ, кг/м^3	β_p, МПа$^{-1}$	β_T, ºС$^{-1}$	ν, м^2/с	σ, Н/м
Су тұщы	998	0,00049	0,00015	0,0000010	0,073
Этил спирті	790	0,00078	0,00110	0,0000015	0,023
Май:	900	0,00060	0,00064	0,0008000	0,025
моторлы М-10	900	0,00072	0,00073	0,0001100	0,025
индустриялық	890	0,00060	0,00070	0,0000300	0,025
трансформатор	850	0,00076	0,00083	0,0000200	0,025

1.3 Зертханалық қондырғының сипаттамасы

Зертханалық қондырғы сұйықтықтың физикалық қасиеттерін зерттеуге арналған және жалпы корпуста орналасқан 4 құрылғыдан тұрады (сурет. 1.1). Корпуста эксперименттік деректерді өңдеуге қажетті аспаптардың атаулары мен параметрлері көрсетілген.

3-4 құрылғылар құрылғыны аударған кезде әрекет етеді (оны тік жазықтықта 180º бұраңыз). 1-Термометр қоршаған ортаның температурасын және соның салдарынан зертхананың барлық құрылғыларындағы сұйықтықтардың температурасын бекітеді.



1 – термометр; 2 – ареометр; 3 – вискозиметр Стокса; 4 – сталагмометр.

Рисунок 1.1. № 1 Құрылғы схемасы

1.4. Термометриялық сұйықтықтың температуралық кеңею коэффициентін анықтау

Термометрде шыны цилиндр, термометриялық сұйықтықпен толтырылған капилляр және шкала бар. Капиллярдың жоғарғы жағында ауа бар. Термометрдің жұмыс принципі сұйықтықтардың температуралық кеңеюіне негізделген. Қоршаған орта температурасының өзгеруі термометриялық сұйықтық көлемінің және оның температураның мәнін көрсететін капиллярдағы деңгейінің сәйкес модификациясына әкеледі.

Термометриялық сұйықтықтың температуралық кеңею коэффициенті қиялдағы эксперимент негізінде келесідей анықталады. Қоршаған ортаның температурасы термометр шкаласының төменгі (нөлден) жоғарғы (максималды) мәніне дейін өсті және капиллярдағы сұйықтық деңгейі шамаға көтерілді**.** (сурет 1.1).

1.Термометр шкаласындағы Δt градустық бөлімдерінің санын есептеңіз және шкаланың шеткі штрихтары арасындағы l қашықтығын өлшеңіз..

2.Термометриялық сұйықтық көлемінің болжамды өсуін есептеңіз:

$$\Delta V = \pi r^2 l,$$

Мұнда : r – термометрдің капиллярлық радиусы. Оның мәні айналмалы қондырғыда көрсетілген.

Цилиндрдегі V термометриялық сұйықтықтың бастапқы (0 ºС кезінде) көлемін ескере отырып (құрылғының корпусында көрсетілген) температураның кеңею коэффициентінің мәнін табыңыз

$$\beta_T = \Delta V/(V \cdot \Delta t)$$

және оны анықтамалық деректермен салыстырыңыз β_T (см. табл. 1.1). Пайдаланылған және алынған шамалардың мәндері кестеге енгізіледі . 1.2.

Кесте 1.2

Сұйықтық түрі	r, см	V, см^3	Δt, ºС	l, см	ΔV, см^3	β_T, ˚С$^{-1}$	β_T при 20˚С, ˚С$^{-1}$
Этил спирті							

1.5. Сұйықтықтың тығыздығын ареометрмен өлшеу

Ареометр Сұйықтықтың тығыздығын қалқымалы әдіспен табуға арналған. Ол қуыс цилиндр тәрізді, жоғарғы бөлігінде миллиметрлік шкала, ал төменгі бөлігінде жүк орналасқан. Жүктің арқасында гидрометр тік күйде зерттелетін сұйықтықта жүзу қабілетіне ие. Гидрометр белгілі бір тереңдікке батқан кезде, бұл сұйықтықтың тығыздығының өлшемі. Көрсеткіштер ареометрдің айналасындағы сұйықтық менискінің төменгі жиегіндегі шкаладан, тыныштықта оқылады. Кәдімгі гидрометрлерде шкаланың бітіру тығыздығы көрсетілген.

Жұмыс барысында келесі кезеңдерді орындау қажет.

1. Ареометрдің h батыру тереңдігін оның миллиметрлік шкаласындағы ареометрдің айналасындағы сұйықтық менискінің төменгі жиегінің орналасуымен анықтаңыз.

2. Сұйықтықтың тығыздығын есептеңіз $\rho = 4m/(\pi\ d^2 h)$, мұнда m және d –ареометр массасы және диаметрі (құрылғының корпусында көрсетілген). Бұл формула гидрометрдің ауырлық күшін теңестіру арқылы алынады $G = mg$ және итергіш (Архимедтік) күш $P_A = \rho g W$, мұнда, гидрометрдің батырылған бөлігінің көлемі $V = (\pi d^2/4)h$.

3. Эксперименттік тығыздық деректерін берілген сұйықтық үшін ρ ρ анықтамалық деректерімен салыстырыңыз (кестені қараңыз. 1.1).Пайдаланылған және алынған шамалардың мәндері Кестеде азайтылады. 1.3.

Кесте 1.3

Сұйықтық түрі	m, г	d, см	h, см	ρ, г/см^3	ρ*, г/см^3
Су					

1.6. Стокс вискозиметрінің тұтқырлығын анықтау

Стокс вискозиметрі қарапайым дизайнға ие, зерттелетін сұйықтық толтырылған және доп орналасқан цилиндрлік ыдысты қамтиды. Құрылғының көмегімен сұйықтықтың тұтқырлығын шардың төмендеу уақытына байланысты анықтауға болады.

1. Зертханалық қондырғыны тік жазықтықта 180º-қа бұрып, секундомерді пайдаланып өлшеңіз уақыт τ шармен жасалған белгілі бір қашықтық құрылғыда көрсетілген екі белгі арасында (суретті қараңыз. 1.1). Доп ыдыстың осі бойымен оның қабырғаларына тигізбестен қашықтықты өтуі керек.Эксперимент үш рет жүргізіледі, содан кейін орташа арифметикалық уақыт мәні τ анықталады.

2. Сұйықтықтың тұтқырлығының кинематикалық коэффициентінің эксперименттік деректерін есептеңіз:

$$\nu = gd^2\tau(\rho_ш/\rho - 1)/[18\cdot l + 43{,}2\cdot l\cdot(d/D)],$$

мұнда, g – ауырлық күшінің үдеуі; d, D – доп пен цилиндрлік ыдыстың диаметрлері; ρ, $\rho_ш$ – шардың сұйықтығы мен материалының тығыздығы(орнату корпусын қараңыз).

3. Кинематикалық тұтқырлық коэффициентінің эксперименттік деректерін кестелік мәліметтермен салыстырыңыз ν^* (см. табл. 1.1). Деректерді 1.4 кестеге келтіріңіз.

Таблица 1.4

Сұйықтық түрі	ρ, кг/м^3	t, с	l, м	d, м	D, м	$\rho_ш$, кг/м^3	ν, м^2/с	ν^*, м^2/с
М-10 Майы					0,02			

Басқа температурадағы тәжірибелік мәндер оның температураға қатты тәуелділігіне байланысты кестелік мәндерден әлдеқайда өзгеше болуы мүмкін. Мысалы, Май үшін М-10 , 20 ºС температурада , ν = 0,00080 м^2/ с, 25 ºС температурада – ν = 0,00050 м^2/ с.

1.7 Сұйықтықтың беттік керілуін сталагмометрмен өлшеу

Сталагмометр тамшылардың бөліну әдісіне байланысты сұйықтықтың беттік керілуін табуға қызмет етеді. Оның капилляры бар сыйымдылығы бар. Капиллярдан тамшы бөлінгенде, беттік керілу күші оның салмағына (ауырлық күшіне) тең болады, сондықтан сұйықтықтың тығыздығы мен белгілі бір көлемдегі ыдысты босату кезінде түскен тамшылар саны бойынша анықталады.

1.Зертханалық қондырғыны бұраңыз және екі белгі арасындағы сұйықтық деңгейі төмендеген кезде капиллярдан шыққан тамшылардың санын есептеңіз, яғни 풏 биіктігінен алынған. Эксперимент үш рет жүргізіліп, 풏 тамшылары санының орташа арифметикалық мәнін есептеңіз..

2.Беттік керілу коэффициентінің эксперименттік деректерін анықтаңыз

$$\sigma = K\rho/n,$$

мұнда K – зертханалық қондырғының корпусында көрсетілген сталагмометр тұрақтысы және оны зерттелетін сұйықтық үшін σ σ коэффициентінің кестелік деректерімен салыстыру (кестені қараңыз. 1.1).Деректерді кестеге келтіріңіз. 1.5.

Кесте 1.5

Сұйықтық түрі	K, м^3/с^2	ρ, кг/м^3	n	σ, Н/м	σ*, Н/м
М-10 Майы					

1.8 Бақылау (сұрақтар, тесттер, тапсырмалар және т. б.)

1.8.1 Бақылау сұрақтары

1. Сұйықтықтың тығыздығын өлшеу әдістерін тізімдеңіз және белгілі тығыздағыштардың жұмыс принципін түсіндіріңіз.

2.Сығымдау туралы түсінік беріңіз. Оның сипаттамаларын сипаттаңыз.

3.Температураның кеңею коэффициентін анықтаңыз.

4.Тұтқырлық коэффициенттерін әр түрлі вискозиметрлермен анықтауда қолданылатын шамаларды сипаттаңыз.

5."Сұйықтықтың тұтқырлығы" терминін сипаттаңыз. Байланысты көрсетіңіз динамикалық және кинематикалық тұтқырлық коэффициенті.

6.Сұйықтықтың беттік керілуін анықтаңыз. Өлшем бірліктерін көрсетіңіз. Құрылғыны және оның құрылғысын сипаттаңыз.

1.8.2 Тест тапсырмалары

1.1	Өлшем бірліктерінің халықаралық жүйесі қарастырылуда. Өлшемдерді көрсетіңіз 1) температура 2) қысым 3) энергия 4) Қуат 5) тығыздық.
Жауаптар:	
1	Па
2	Вт
3	Дж
4	кг/м^3
5	К

1.2	Өлшем бірліктерінің халықаралық жүйесі қарастырылуда. Өлшемдерді көрсетіңіз 1) динамикалық тұтқырлық коэффициенті 2) кинематикалық тұтқырлық коэффициенті 3) беттік керілу коэффициенті 4) температураның кеңею коэффициенті 5) тығыздық.
Жауаптар:	
1	м^2/с
2	℃$^{-1}$
3	кг/м^3
4	Н/м
5	Па•с

1.3	Анықтау формуласын көрсетіңіз 1) динамикалық тұтқырлық коэффициенті 2) кинематикалық тұтқырлық коэффициенті 3) беттік керілу коэффициенті 4) температураның кеңею коэффициенті 5) тығыздық.
Жауаптар:	
1	$\nu = \mu/\rho$
2	$\beta_T = \Delta V/(V \cdot \Delta t)$
3	$\mu = F_{тр}/[S(dw/dn)]$
4	$\sigma = K\rho\prime n$
5	$\rho = m/V$

1.5 Бақылау (сұрақтар, тесттер, тапсырмалар және т. б.)

1.5.1 Бақылау сұрақтары

2.Сұйықтықтың тығыздығын өлшеу әдістерін тізімдеңіз және белгілі тығыздағыштардың жұмыс принципін түсіндіріңіз.

3.Сығымдау деп не аталады? Ол немен сипатталады?

4.Температураның кеңею коэффициенті қалай анықталады?

5.Тұтқырлық коэффициенттерін әртүрлі типтегі вискозиметрлермен анықтаған кезде қандай шамалар өлшенеді?

6."Сұйықтықтың тұтқырлығы" термині нені білдіреді? Динамикалық және кинематикалық тұтқырлық коэффициенттері

қалай байланысты?

7.Сұйықтықтың беттік керілуі дегеніміз не? Ол қандай бірліктермен өлшенеді? Қандай құрылғы? Ол қалай жұмыс істейді?

1.5.2 Тест тапсырмалары

1.1	Өлшем бірліктерінің халықаралық жүйесі қарастырылуда. Өлшемдерді көрсетіңіз 1) температура 2) қысым 3) энергия 4) Қуат 5) тығыздық.
Жауаптар:	
A	Па
B	Вт
C	Дж
D	кг/м^3
E	К

1.2	Өлшем бірліктерінің халықаралық жүйесі қарастырылуда. Өлшемдерді көрсетіңіз 1) динамикалық тұтқырлық коэффициенті 2) кинематикалық тұтқырлық коэффициенті 3) беттік керілу коэффициенті 4) температураның кеңею коэффициенті 5) тығыздық.
Жауаптар:	
A	м^2/с
B	℃$^{-1}$
C	кг/м^3
D	Н/м
E	Па•с

1.3	Анықтау формуласын көрсетіңіз 1) динамикалық тұтқырлық коэффициенті 2) кинематикалық тұтқырлық коэффициенті 3) беттік керілу коэффициенті 4) температураның кеңею коэффициенті 5) тығыздық.
A	$\nu = \mu/\rho$
B	$\beta_T = \Delta V/(V \cdot \Delta t)$
C	$\mu = F_{тр}/[S(dw/dn)]$
D	$\sigma = K\rho/n$
E	$\rho = m/V$
1.4	**Концентрация (температура)... аппаратында басынан аяғына дейін біртіндеп өзгереді .**
A	мінсіз репрессия
B	тамаша араластыру
C	аралық түрі
D	сұйық қабат
E	араластырғышпен
1.5	**Қалыпты физикалық жағдайдағы қысым мен температура …**
A	P_0 =760 мм рт. ст., T_0 = 273,15 К
B	P_0 =101325 Па, T_0 = 293,15 К
C	P_0 =1 бар, T_0 = 273,15 К
D	P_0 =750 мм рт. ст., T_0 = 293,15 К
E	P_0 =760 мм рт. ст., T_0 = 283,15 К

2-тақырып: Бернулли теңдеуін зерттеу

Мақсаты: Д. Бернулли теңдеуін тәжірибелік растау, яғни айнымалы қима арнасындағы ағын арқылы механикалық энергияның төмендеуі және потенциалдық энергияның кинетикалық және кері ауысуы (қысымның жылдамдықпен байланысы).

Оқыту міндеттері:

Студент білуі керек:

энергия түрлері: потенциалды, кинетикалық;

энергия өлшемдері;

ағынның тірі қимасы бойынша жылдамдықтардың біркелкі бөлінбеуі;

қималар арасындағы гидравликалық үйкеліс күштерін жеңу үшін қысымның жоғалуы.

Студент істей алуы керек:

сұйықтықтың қысымын өлшеңіз;

қысым сызығын салу;

пьезометриялық сызық салу;

қималар арасындағы гидравликалық үйкеліс күштерін жеңу қысымының жоғалуын анықтаңыз.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

1.Бернулли теңдеуі идеалды (тұтқыр емес) сұйықтық ағыны үшін.

2.Нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі**.**

Оқыту және оқыту әдістері:

Студенттер сұйықтықтың негізгі физикалық қасиеттерін түсінуі керек. Зертханалық қондырғыда:

1.Айнымалы секция арнасында ток алыңыз.

2.Пьезометрлердің көрсеткіштерін алыңыз.

3.Резервуардағы деңгейдің қозғалу уақытын өлшеңіз.

4.Су ағынының шығынын анықтаңыз.

5.Арна қималарындағы жылдамдық пен толық қысымды анықтаңыз.

6.Масштабта пьезометрлердің осьтері бар және пьезометриялық бастарды көрсететін арнаны сызыңыз**.**

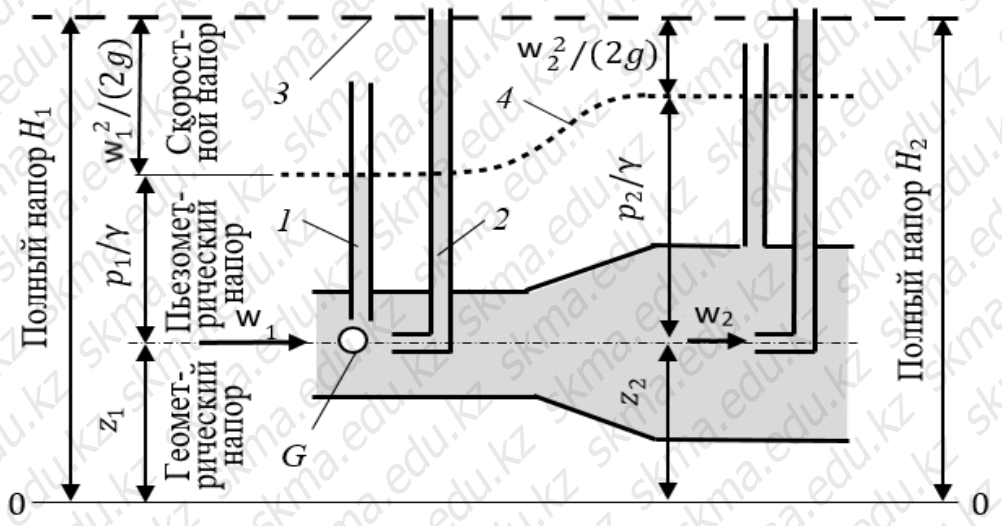
3.2 Теориялық ақпарат

Сұйықтықтың механикалық энергиясы. Сұйықтық әрқашан энергияға ие, яғни белгілі бір жұмысты орындау мүмкіндігі. 3.1-суретте салмағы бар қозғалатын сұйықтық көрсетілген G. Оның толық механикалық энергиясы позиция энергиясынан тұрады $E_{\text{пол}}$, қысым энергиясы $E_{\text{давл}}$ және кинетикалық энергия $E_{\text{кин}}$.

Позиция энергиясы берілген көлденең салыстыру жазықтығынан геометриялық биіктікке салмағы бар сұйықтықты көтеру жұмысына тең: 0–0: $E_{\text{пол}} = Gz$.

Қысым энергиясы 푝 қысымының жұмысын білдіреді, оның әсерінен салмағы бар сұйықтық көлемі пьезометриялық биіктікке көтерілуі мүмкіну $h_{\text{п}} = p/\gamma$, бос пьезометрде 1 оның төменгі ұшы ашылғаннан кейін: $E_{\text{давл}} = G \cdot p/\gamma$.

Кинетикалық энергия 1 пьезометрдегі деңгейден жылдамдық түтігіндегі деңгейге салмағы бар сұйықтықты көтеру жұмысына тең 2, яғни биіктікке $h_{\text{к}} = \text{w}^2/(2g)$: $E_{\text{кин}} = G\text{w}^2/(2g)$. Жылдамдық түтігі (Пито түтігі) иілген және W жылдамдығымен ағып жатқан ағын бөлшектерінен қосымша қысымды қабылдау үшін ағынға қарсы тесікпен бағытталған (сурет. 3.1).



1-пьезометр; 2-Пито түтігі; 3-толық энергия сызығы (қысым); 4-потенциалдық энергия сызығы (пьезометриялық) Рис. 3.1. Идеал сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуінің графикалық интерпретациясы.

Содан кейін ағындағы сұйықтықтың қарастырылған көлемінің толық механикалық энергиясы келесі түрде көрсетіледі:

$$E = Gz + Gp/\gamma + Gw^2/(2g). \qquad (3.1)$$

"Қысым" ұғымы. Гидравликада механикалық энергиясы сұйық қалқанның салмақ бірлігіне жатады. Сұйықтық салмағының бірлігінің энергиясы /меншікті энергия немесе қысым деп аталады және метрмен өлшенеді:

Дж/н = н·м/н = м.

Теңдеудің барлық мүшелерін (3.1) G-ға бөле отырып, біз сұйықтықтың толық басына (толық меншікті механикалық энергия үшін) жеке бастардың қосындысы түрінде өрнек аламыз: $H = z + p/\gamma + w^2/(2g)$, (3.2)

Мұнда z – геометриялық қысым (позицияның меншікті энергиясы); p/γ – пьезометриялық қысым (меншікті қысым энергиясы);$w^2/(2g)$ – жылдамдық қысымы (меншікті кинетикалық энергия).

Бернулли теңдеуі идеалды (тұтқыр емес) сұйықтық ағыны үшін механикалық энергияның сақталу заңын білдіреді және 1-1 және 2-2 ағындарының екі қимасы үшін былай жазылады:

$$z_1 + p_1/\gamma + w_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + w_2^2/(2g), \qquad (3.3)$$

мұндағы "1" және "2" индекстері қима нөмірін білдіреді.

(3.3) теңдеуінен идеалды (тұтқыр емес) сұйықтық ағыны үшін жалпы меншікті энергия (толық қысым) ағын бойымен өзгермейді, сондықтан энергияның бір түрін ағынның ұзындығына өзгерту кері белгіге әкеледі. Бернулли теңдеуінің энергетикалық мәні осындай. Мысалы, көлденең ағынның кеңеюімен W жылдамдығы, демек, w2 / (2G) кинетикалық энергиясы азаяды, бұл тепе-теңдіктің сақталуына байланысты потенциалдық энергияның жоғарылауына әкеледі p/γ. Басқаша айтқанда, ағынның жылдамдығын төмендету W ағын арқылы қысымның жоғарылауына әкеледі p (сурет. 3.1) және керісінше.

Сол суреттен Бернулли теңдеуінің геометриялық мағынасы да айқын көрінеді. Бұл оның терминдері ұзындық бірліктерімен өлшенеді және геометриялық, пьезометриялық және жылдамдық биіктіктерін білдіреді, олардың қосындысы идеалды сұйықтық ағынының бойында тұрақты болады.

Нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі. Нақты (тұтқыр) сұйықтық ағынында оның қабаттары арасында үйкеліс пайда болады, бұл ағынның қимасы бойынша жылдамдықтың біркелкі бөлінбеуіне, сондай-ақ сұйықтықтың бір қимадан екіншісіне ауысуы кезінде қысымның (энергияның) жоғалуына әкеледі (сурет. 3.2). Сондықтан нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі осындай форманы алады:

$$z_1 + p_1/\gamma + \alpha_1 \cdot w_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + \alpha_2 \cdot w_2^2/(2g) + h_{тр}, \qquad (3.3)$$

Мұнда, α – ағынның тірі қимасы бойынша жылдамдықтың біркелкі емес таралуын ескеретін Кориолис коэффициенті есептеулерде жиі ескерілмейді; $h_{тр}$ – 1-1 және 2-2 қималар арасындағы гидравликалық үйкеліс күштерін жеңу қысымының жалпы

жоғалуы (гидравликалық шығындар). Олар ұзындығы бойынша үйкеліс қысымының жоғалу сомасымен анықталады $h_д$ және жергілікті шығындар $h_м$:

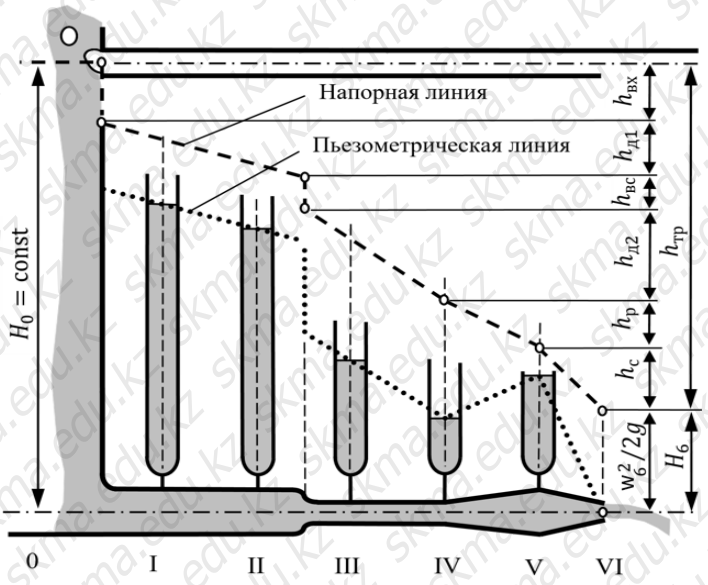
$$h_{тр} = h_д + h_м.$$

Р ұзындығы бойынша үйкеліс шығыны (сызықтық шығын) тұрақты қима құбырларының түзу бөліктерінде сұйықтық қабаттарының бір-бірімен үйкелісінен туындайды, яғни.біркелкі ағынмен. Олар құбырдың ұзындығына пропорционалды түрде өседі.

Атом қысымының жергілікті жоғалуы ағынның деформациясынан және гидравликалық жүйелердің жекелеген жерлеріндегі құйыннан туындайды (құбырлардың қимасы мен бұрылысы өзгерген кезде, клапандарда, клапандарда). Мұндай учаскелер жергілікті гидравликалық кедергілер деп аталады.

Пьезометрлердегі сұйықтық деңгейін біріктіретін сызық пьезометриялық деп аталады. Ол потенциалдық энергияның өзгеруін көрсетеді (потенциалдық бас $z + p/\gamma$) ағынның ұзындығы бойынша. Пито түтіктеріндегі сұйықтық деңгейлері арқылы салынған сызық ағын бойымен толық меншікті механикалық энергияның (толық қысымның) таралуын көрсетеді және қысым деп аталады. Ток ағынының ұзындығының бірлігіне келетін толық қысымның төмендеуі гидравликалық көлбеу деп аталады $I = h_{тр}/l$.

Қысым және пьезометриялық сызықтар энергияның бір түрінің ағынның ұзындығы бойынша екіншісіне ауысуы туралы көрнекі түсінік береді және сұйықтық ағынының негізгі параметрлерінің мәндерін орнатуға ықпал етеді. Сызықтар Бернулли теңдеуінен шығатын төмендегі шарттарға сәйкес жасалады.



H_0, H_6 – арнаның кірісі мен шығысындағы толық қысымдар; $h_{вх}$ – арнаға кіру қысымының жоғалуы; $h_{д1}$, $h_{д2}$ – ұзындығы бойынша 1 және 2 сызықтық учаскелерде; $h_{вс}$ – кенеттен тарылуға; $h_р$, $h_с$ – тегіс кеңейту және тарылту үшін; $h_{тр}$ – бүкіл арнадағы гидравликалық үйкеліс күштерін жеңу қысымының жалпы жоғалуы; $V_6^2/2g$ – қимадағы жылдамдық басы VI

Сурет 3.2. Нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуінің иллюстрациясы.

1. 1. Қысым сызығы (Толық қысым $H = z + p/\gamma + \alpha w^2/(2g)$) гидравликалық үйкеліс күштерінің ағыны кезінде механикалық энергияның жылуға айналуының қайтымсыздығына байланысты ағын бойынша үнемі төмендейді (егер қарастырылып отырған учаскеде сорғы болмаса). Бұл жағдайда сызықтың көлбеуі (*h*r басының жоғалуы) ағын учаскесінің қимасы неғұрлым аз болса (сурет. 3.2).

2. 2. Пьезометриялық сызық потенциалдық энергияның өзгеруін көрсетеді ($z + p/\gamma$), және, қысымнан айырмашылығы, ол тек төмендеп қана қоймай, сонымен қатар ағынмен де артуы мүмкін. Бұл ағынның кеңеюінде байқалады (сурет. 3.1, 3.2) жылдамдықтың төмендеуіне байланысты 푀 қысымының жоғарылауына байланысты W. пьезометриялық сызық сұйықтықтың атмосфераға өтуі кезінде арнаның (құбырдың) Шығыс қимасының ауырлық центрінен және егер ондағы қысым атмосфералық қысымнан аз болса, арна осінен төмен өтеді..

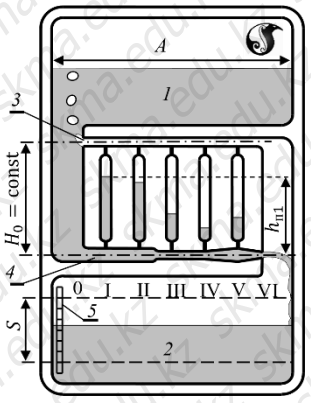
Пьезометриялық және қысым сызықтары арасындағы қашықтық сандық түрде кинетикалық энергияға тең $\alpha w^2/(2g)$

сондықтан құбырдың диаметріне кері пропорционалды. Тұрақты қима ағындарының учаскелері үшін орташа жылдамдықтар жол бойында бірдей, сондықтан мұндай сызықтар бір-біріне параллель болады (сурет. 3.2). Конфузорлардағы ағындарға арналған бұл сызықтар (конустық конвергентті саптамалар) әр түрлі, ал диффузорларда (конустық дивергентті саптамалар) конвергентті болады. Сұйықтық қозғалмайтын бактар мен су айдындарында (w = 0) энергияның қысым және пьезометриялық сызықтары атмосфералық қысымда болса, бос бетке сәйкес келеді.

3.3. Жұмысты орындау тәртібі

1. Су толтырылған резервуарда 1 (сурет. 3.3) орнатуды төңкеріп, айнымалы секция арнасында ток алыңыз 4.
2. Пьезометрлердің көрсеткіштерін алыңыз *h*р = γ / γ олардағы су менисктерінің төменгі бөліктері бойынша.
3. Резервуардағы деңгейдің уровняенияения-дің ерікті түрде берілген мөлшеріне жылжу уақытын өлшеңіз.

4. Көлемі бойынша және көлденең қимасының бак, орнын ауыстыру деңгейін және уақыт анықтау шығыны су арнада, содан кейін жылдамдық *h*к және толық тегеурін қималарда арна тәртібі бойынша көрсетілген кесте. 3.1. 3.1. Нөлдік қимадағы жылдамдық (арнаға кірер алдында) нөлге тең болады. Арна көлденең және 0-0 салыстыру жазықтығы оның осі арқылы жүргізілгендіктен, геометриялық Бас $z1 = z2 = 0$.



1, 2 – баки; *3* – канал постоянного сечения; *4* – канал переменного сечения; *5* – уровнемерная шкала; I–V – пьезометры

Рисунок *3.3.* Схема лабораторной установки.

5. Пьезометрлердің осьтері бар арнаны масштабта сызыңыз (сурет. 3.2). Пьезометрлердің осьтеріндегі пьезометриялық рп бастарын арна осінен бөліп, сұйықтық деңгейлерін белгілеп,оларды өзіміз бен Шығыс қимасының центрімен байланыстырамыз. Ағын бойындағы потенциалдық энергияның (қысымның) өзгеруін көрсететін пьезометриялық сызық пайда болады. Қысым сызығын (толық механикалық энергия сызығы) алу үшін арна осінен толық Н бастарын қойып, алынған нүктелерді қосыңыз.

6. Толық механикалық 뀛 потенциалды γ/γ, кинетикалық өзгерістерді талдау $V^2/(2g)$ ағын бойындағы сұйықтық энергиялары және олардың Бернулли теңдеуіне сәйкестігі.

Кесте 3.1

№ п/п	Шамалардың атауы	Белгілеу, формула	Арна қималары						
			0	I	II	III	IV	V	VI
1	Каналдың көлденең қимасының ауданы, см2	ω							
2	Орташа жылдамдық, см / с	$V = Q/\omega$							
3	Пьезометриялық бас, см	$h_п = p/\gamma$							
4	Жылдамдық басы, см	$h_к = V^2/(2g)$							

5	Толық қысым, қараңыз	$H=P/(\gamma g)+w^2/(2g)$							

Ескерту. A = ... см; B = ... см; S = ... см; t = ... с; $Q = ABS/t$ = ... см^3/с.

3.5 Бақылау (сұрақтар, тесттер, тапсырмалар және т. б.)

3.5.1 Бақылау сұрақтары

1. Бернулли теңдеуінің терминдерінің энергетикалық және геометриялық мағынасын түсіндіріңіз. Гидравликалық көлбеу дегеніміз не?

2.Сұйықтықтың қысымы қандай құрылғылармен өлшенеді?

3.Қысым сызығы пьезометриялық сызықтан төмен, ал пьезометриялық сызық құбыр осінен төмен орналасуы мүмкін бе? Неліктен?

4.Ұзындықтағы қысымның жоғалуы және жергілікті гидравликалық шығындар немен байланысты екенін түсіндіріңіз.

3.5.2 Тест тапсырмалары

33.1	1) гидростатиканың негізгі теңдеуін көрсетіңіз 2) Эйлер теңдігінің дифференциалдық теңдеу 3) тұтастықтың (үздіксіздіктің) дифференциалдық теңдеуі 4) Эйлер қозғалысының дифференциалдық теңдеуі 5) Навье-Стокс қозғалысының дифференциалдық теңдеуі.
Жауаптар:	
11	$\frac{\partial w_x}{\partial x}+\frac{\partial w_y}{\partial y}+\frac{\partial w_z}{\partial z}=0$
2	$\left.\begin{aligned}\frac{dw_x}{d\tau}&=\frac{dw_x}{d\tau}+\frac{dw_x}{dx}w_x+\frac{dw_x}{dy}w_y+\frac{dw_x}{dz}w_z\\ \frac{dw_y}{d\tau}&=\frac{dw_y}{d\tau}+\frac{dw_y}{dx}w_x+\frac{dw_y}{dy}w_y+\frac{dw_y}{dz}w_z\\ \frac{dw_z}{d\tau}&=\frac{dw_z}{d\tau}+\frac{dw_z}{dx}w_x+\frac{dw_z}{dy}w_y+\frac{dw_z}{dz}w_z\end{aligned}\right\}$
3	$\left.\begin{aligned}\rho\frac{dw_x}{d\tau}&=-\frac{\partial P}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x}+\frac{\partial^2 w_y}{\partial x}+\frac{\partial^2 w_z}{\partial x}\right)\\ \rho\frac{dw_y}{d\tau}&=-\frac{\partial P}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial y}+\frac{\partial^2 w_y}{\partial y}+\frac{\partial^2 w_z}{\partial y}\right)\\ \rho\frac{dw_z}{d\tau}&=-\frac{\partial P}{\partial z}-g\cdot\rho+\mu\left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial z}+\frac{\partial^2 w_y}{\partial z}+\frac{\partial^2 w_z}{\partial z}\right)\end{aligned}\right\}$
4	$z+\frac{P}{\rho g}=const$
5	$\left.\begin{aligned}-\frac{\partial P}{\partial x}&=0\\ -\frac{\partial P}{\partial y}&=0\\ -\rho g-\frac{\partial P}{\partial z}&=0\end{aligned}\right\}$
33.2	1) сұйықтықтың толық қысымын көрсетіңіз 2) сұйықтықтың жалпы қысымының жоғалуы 3)

	идеалды (тұтқыр емес) сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі 4) нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі 5). Ағындағы сұйықтық көлемінің толық механикалық энергиясы
Жауаптар:	
1	$E = Gz + Gp/\gamma + Gw^2/(2g)$
2	$z_1 + p_1/\gamma + w_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + w_2^2/(2g)$
3	$z_1 + p_1/\gamma + \alpha_1 \cdot w_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + \alpha_2 \cdot w_2^2/(2g) + h_{тр}$
4	$h_{тр} = h_д + h_м$
5	$H = z + p/\gamma + \alpha w^2/(2g)$

3-тақырып: Сұйықтық ағынының режимін зерттеу

Мақсаты: сұйықтықтың ағу режимдерін визуалды және есептік тәсілдермен анықтау дағдыларын игеру.

Оқыту міндеттері:

Студент білуі керек:

- сұйықтық ағынының ламинарлық режимі;
- сұйықтық ағынының турбулентті режимі;
- сұйықтықтың шығыны;
- ағынның орташа көлденең қимасы сұйықтық жылдамдығы;

Студент істей білуі керек:

- сұйықтық ағынын өлшеңіз;
- ағынның орташа көлденең қимасы сұйықтық жылдамдығы;
- тұтқырлық коэффициенттерін анықтау;

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

1.Сұйықтық ағынының режимдері.

2.Рейнольдстың сыни саны.

Оқыту және оқыту әдістері:

Студенттер сұйықтық ағынының режимдерін түсінуі керек. Зертханалық қондырғыда:

1.Сұйықтық ағынының ламинарлы және турбулентті режимдерін анықтаңыз

2.Сұйықтық ағынын өлшеңіз.

3.Алынған эксперименттік деректерді олардың есептік мәндерімен салыстырыңыз.

2.2 теориялық ақпарат

Сұйықтық ағынының ерекше белгілері. Сұйықтық ағынының екі негізгі режимі бар: ламинарлы (қабатты) және турбулентті (құйынды). Ламинарлы режимде сұйықтық бөлшектері параллель траекториялар бойынша араластырмай қозғалады, сондықтан ағын қабатты құрылымға ие, яғни сұйықтық жеке қабаттармен қозғалады. Турбулентті қозғалыс бөлшектердің қысымы мен жылдамдығының пульсациясымен сипатталады, бұл сұйықтықтың ағынмен қарқынды араласуын тудырады, яғни құйынды қозғалыс.

Ағын режимін анықтаудың визуалды әдісі. Ағындарды визуализациялау үшін таңбаланған бөлшектер (мысалы, алюминий бөлшектері) немесе түрлі-түсті (мысалы, сия немесе сия) ағындар қолданылады, олар көптеген сұйық бөлшектер мен ток сызықтарының қозғалыс траекториясын көрсетеді.

Бейнелеудің екінші әдісін ағылшын ғалымы О. Рейнольдс сұйықтық қозғалысы режимдерін классикалық зерттеулерінде қолданды. Зерттелетін су ағынына боялған сұйықтықтың ағыны енгізілді. Су ағынының төмен жылдамдығында ағын жіп тәрізді болды және қоршаған сұйықтықпен араласпады, бұл ламинарлық режимді көрсетті. Құбырдағы ағын жылдамдығының жоғарылауымен турбулентті режимге көшу болды, ол ағынның эрозиясына және онымен бүкіл су ағынын бояуға байланысты болды.

Ағымдағы режимдерді анықтаудың есептік әдісі. Ағын режимінің критерийі-Рейнольдс саны

$$Re = w \cdot d/\nu, \qquad (2.1)$$

мұндағы w-ағынның орташа жылдамдығы; d – құбырдың (арнаның) ішкі диаметрі, егер ток ашық арнада немесе дөңгелек емес қиманың құбырында жүрсе, онда диаметр гидравликалық радиус арқылы көрсетіледі Rг (d = 4Rг); τ-тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті.

Техникалық тұрғыдан алғанда, ағын режимі Рейнольдс re санын сұйықтықтың қозғалыс режимдерінің өзгеруіне сәйкес келетін REC критикалық мәнімен салыстыру арқылы табылады. Дөңгелек қимадағы құбырлардағы (арналардағы) сұйықтықтың біркелкі ағындары үшін Rec = 2300 қабылданады, бұл пайдалану шарттарына сәйкес келеді.

Егер re < Rec, өтпелі Re = 2300 ÷10000, re ≥ 10000 кезінде дамыған турбулентті болса, Режим ламинарлы болып саналады.

Айта кету керек, зертханалық жағдайда құбырға өте тегіс кіру, жылдамдықтың баяу өзгеруі және тіпті шамалы құбыр сілкіністері болмаса, ламинарлық режимнен турбулентті режимге өту Re = 4000 – ға дейін, ал құбырлардың айтарлықтай дірілімен кері ауысу кезінде Re = 0,5 re дейін созылуы мүмкін. Алайда, мұндай режимдер іс жүзінде кездеспейді.

Өрнектен (2.1) Рейнольдс сандары аз екенін көруге болады, сондықтан режим пайда болады ламинарлы көлденең қимасы кіші диаметрлі арналарда (топырақ тесіктерінде, капиллярларда) немесе тұтқырлық коэффициенті жоғары сұйықтықтардың қозғалысы кезінде (май, жақпа).

Табиғатта және техникада турбулентті режим жиі кездеседі. құбырлардағы сұйықтықтың қозғалысы оның заңдылықтарына байланысты.

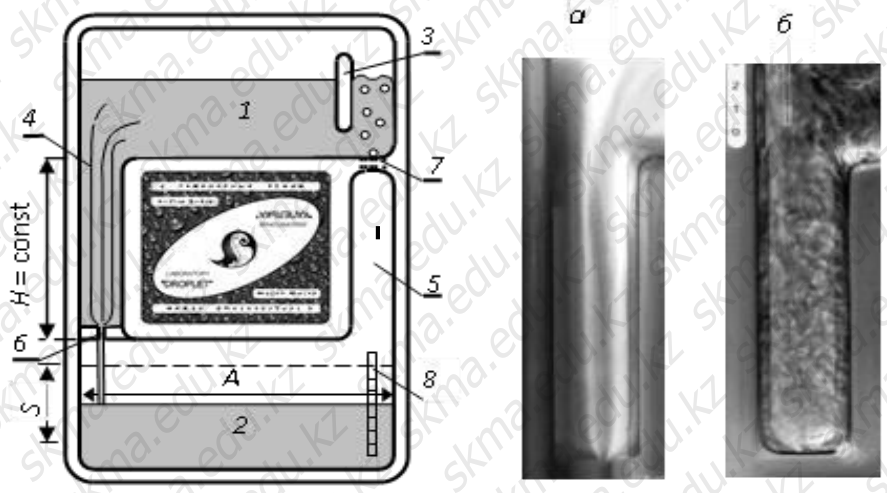
2.3. Зертханалық қондырғының сипаттамасы

Зертханалық қондырғы мөлдір түрде жасалған (сурет. 2.1, а), ағындардың құлауынан және ауа көпіршіктерінің пайда болуынан сұйықтықтағы бұзылуларды сөндіруге арналған 3 тыныштандыратын қабырғасы бар 1 және 2 цистерналары бар. Цистерналар 4 және 5 тәжірибелі арналармен өзара байланысты.

4 арнаның ұшы 6 саңылауы бар бөлікпен, ал 5 арнаның қарама – қарсы ұшы тормен (перфорацияланған бөлік) 7 жабдықталған. Құрылғы ағынды визуализациялау үшін алюминийдің микроскопиялық бөлшектері бар сумен толтырылған. Резервуардағы су деңгейі 2 8 шкала бойынша өлшенеді.

Зертханалық қондырғы келесідей жұмыс істейді. Суретте көрсетілген орнату күйінде. 2.1. 1-ші жоғарғы резервуардағы су 4-ші тәжірибелі канал арқылы 2-ші төменгі резервуарға түседі және одан 7-ші тор арқылы ауаны көпіршіктер түрінде 1-ші жоғарғы резервуардағы сұйықтыққа оның төменгі деңгейінде шығарады. Сондықтан 4-арнаның кіреберісіндегі (жоғарғы резервуардың түбінде) және төменгі резервуардағы сұйықтықтың үстіндегі қысым теңестіріледі және ағын каналдағы сұйықтық бағанынан пайда болатын тұрақты H = const қысымымен жүреді. Осылайша, Жоғарғы резервуардағы деңгейдің төмендеуіне қарамастан, 4-ші тәжірибелік каналдағы сұйықтықтың тұрақты (уақыт бойынша тұрақты ағынмен) қозғалысы қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, ол ламинарлық режимді орнатады (2.1 а-сурет) 6 саңылаудың үлкен кедергісіне байланысты төмен ағын жылдамдығына байланысты.

Егер зертханалық қондырғы төңкерілсе, онда 5-арнада тұрақты турбулентті ток пайда болады (сурет. 2.1 б) тордың төмен гидравликалық кедергісіне байланысты үлкен жылдамдықтарға байланысты 7. Тұтынуды құрылғының өзінен еңкеюімен азайтуға болады.



1, 2 – цистерналар; 3-аралық; 4, 5-тәжірибелік арналар; 6-Саңылау; 7-тор; 8-деңгей шкаласы

Сурет 2.1. Зертханалық қондырғының жалпы түрі және ламинарлы (А) және турбулентті (б) ағындардағы сұйықтық ағындарының құрылымы.

2.4 жұмысты орындау тәртібі

1. 1. 4 арнада сұйықтық ағынын алыңыз (сурет. 2.1, а). Ол үшін сумен толтырылған резервуар 1 болған кезде зертханалық қондырғыны өзінен ерікті түрде еңкейту кезінде үстелге 2 резервуармен салыңыз. 4 арнадағы сұйықтық ағынының құрылымын бақылай отырып, ағын режимін визуалды түрде анықтаңыз.
2. 2. Бұл режимде резервуардағы су деңгейінің берілген қашықтыққа (әдетте 5 см) қозғалу уақытын өлшеп, зертханалық қондырғыдағы t термометрінің көрсеткіштерін алыңыз. Рейнольдс санын кестеде көрсетілген ретпен санаңыз. 2.1.
3. 3. 5-арнада ағын алу үшін зертханалық қондырғыны оның жазықтығында 180º бұраңыз. Бақылаулар негізінде 5-арнадағы ағын режимін анықтаңыз және 2-тармақ бойынша операцияларды орындаңыз.
4. 4. Рейнольдс сандарының есептелген мәндерін оның критикалық мәнімен салыстыру арқылы ток режимдерін анықтаңыз және олардың бақыланатын режимдерге сәйкестігін тексеріңіз.
5. 5. Формулалар бойынша эксперименттік шамаларды анықтаудың аспаптық қателігін бағалау:
6. $\Delta V = V(\Delta A/A + \Delta B/B + \Delta S/S)$; $\Delta w = w(\Delta V/V + \Delta\tau/\tau + 2\Delta d/d)$; $\Delta Re = Re(\Delta w/w + \Delta d/d + \Delta\nu/\nu)$,

мұндағы Δ-аспаптың дәлдігімен анықталатын өлшенетін шаманың абсолютті максималды қателігі; ол әдетте өлшеу құралының ең кіші бөлінуінің жартысына тең болады. Есептеулерде Милли, ,, шамалары миллиметрлік сызғышпен өлшенетінін көрсетіңіз; Δτ = секундомер шкаласының ең кіші бөлінуінің 0,5 центі; δ δ = 0,01 мм; Δν/γ = 0,01.01.

Кесте 2.1

№ п/п	Шамалардың атауы	Обозначение, формула	№ опыта	
			1	2
1	Резервуардағы су деңгейінің өзгеруі, қараңыз	S		
2	Деңгейді бақылау уақыты, с	τ		
3	Судың температурасы, ºС	t		
4	Тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті, см2 / с	$\nu=17,9/(1000+34t+0,22t^2)$		
5	Т, см3 уақытында резервуарға түскен су көлемі	V=A·B·S		
6	Су шығыны, см3 / с	$Q = V/\tau$		
7	Арнадағы ағынның орташа жылдамдығы, см / с	$w = Q/\omega$		
8	Рейнольдс Саны	$Re = w\cdot d/\nu$		
9	Ағын режимінің атауы			
10	R анықтамасының абсолютті қателігі	ΔRe		

Ескерту:

1.1. Резервуардың көлденең қимасының өлшемдері A, B, гидравликалық диаметрі d және көлденең қиманың ауданы ° тәжірибелік арналар 3 қондырғының корпусында көрсетілген.

2. A = ... см; B = ... см; d = ... см; ω = ... см^2.

2.5 Бақылау (сұрақтар, тесттер, тапсырмалар және т. б.)

2.5.1 Бақылау сұрақтары

1.Сұйықтықтың қозғалыс режимін анықтаңыз

2.Рейнольдс критерийін есептеу формулаларын дөңгелек және ерікті көлденең қиманың құбырына жазыңыз.

3.Ламинарлы режимде қозғалатын сұйықтық жүйелерін көрсетіңіз. Сұйықтықтың турбулентті қозғалысына мысалдар келтіріңіз.

4.Зертханалық қондырғының жұмыс принципін түсіндіріңіз. Онда тұрақты ағымға қалай қол жеткізіледі?

5.Бір режимнен екіншісіне ауысу тәуелді болатын факторларды көрсетіңіз және ол орнатуда не арқылы жүзеге асырылады.

6.Сұйықтық ағынын анықтаңыз және ағынның орташа жылдамдығы.

7.Өлшеу дәлдігін бағалаңыз.

2.5.2 Тест тапсырмалары

2.1	Құбырдағы сұйықтық ағынының режимін анықтаңыз 1) Re < 2300 2) Re = 2300 ÷ 10000 3) Re ≥ 10000 4) Re = 3 500 5) Re = 20 000.
Ответы:	
1	1 дамыған турбулентті
2	2 ламинарлы
3	3 өтпелі
4	4 өтпелі
5	5 дамыған турбулентті

4-тақырып: Гидравликалық престегі сығу күшін анықтау.

Мақсаты: Гидравликалық престің құрылысымен және жұмысымен танысу.

Оқыту мақсаты:

Студент білуге тиіс:

- Қысым.
- Паскальзаңын.
- Гидравликалық престі.

Студент істей алуға тиіс:

- Сұйық тығыздығын анықтай білу.
- Теңдік кезіндегі күштер балансын түзе білу.
- Қысымның өлшем бірлігін бір жүйеден екінші жүйеге ауыстыра білу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

- Гидростатика теңдеуі.
- Гидравликалық престегі күштер балансы.
- Паскаль заңын қолдану.

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер гидростатика заңдарын оқуы және гидравликалық прес конструкциясымен танысуы керек. Гидравликалық престе:

1. Престің негізгі элементтерінің геометриялық өлшемдерін өлше.
2. Манометр бойынша қысымды анықта.
3. Үлкен және кіші поршендердің аудандарын анықта.
4. Кіші поршендегі күшті анықта.

5. Үлкен поршендегі күшті анықта.
6. Ұстағыштағы күшті анықта.
7. Алынған нәтижелерді кестеге енгіз.
8. Жұмыс бойынша қорытынды жаса.

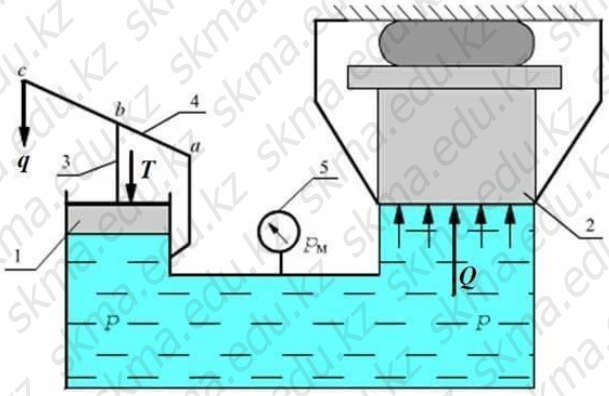
Құрал – жабдықтар: гидравликалық пресс, манометр, ұзындық өлшегіш.

1. Кесте. Гидравликалық престе өлшенген және есептелінген нәтижелер

№	Көрсеткіштер	Өлшем бірліктері	Шама
1.	Өлшеу нәтижелері		
1.1	ac - q күші моментінің иіні,	м	
1.2	ab – T күші моментінің иіні	м	
1.3	Кіші поршен диаметрі *d1*	м	
1.4	Үлкен поршен диаметрі *d2*	м	
1.5	Манометр бойынша қысым *p*	кгс/см^2	
2.	Есептеу нәтижелері		
2.1	Манометр бойынша қысым *p*	Па	
2.2	Кіші поршен ауданы S_1	м^2	
2.3	Үлкен поршен ауданы S_2	м^2	
2.4	Үлкен поршендегі күш *Q*	Н	
2.5	Кіші поршендегі күш *T*	Н	
2.6	Ұстағыштағы күш *q*	Н	

Теориялық мәліметтер.

Гидравликалық пресс гидростатикалық машина болып табылады. Оның жұмыс істеу принципі гидростатиканың негізгі теңдеуімен сипатталуы мүмкін. Паскаль заңы негізінде көптеген гидравликалық машиналар жасалған: күштік цилиндрлер, гидравликалық мультипликаторлар, аккумуляторлар, домкраттар.



1 сурет. Гидравликалық пресс құрылғысының тәсімі.

Гидравликалық пресс (1 сурет) бір бірімен жалғасқан поршендері бар екі цилиндрлерден тұрады: кіші поршен 1 (ауданы S_1,) және үлкен поршен 2 (ауданы S_2). Кіші поршеннің штогі 3 бар, оған рычаг 4 арқылы *q* күш беріледі. Санда штокқа, сәйкесінше кіші поршенге, әсер ететін күш:

$$T = q \cdot \frac{ac}{ab} \tag{1.1}$$

Мұнда ac - q күші моментінің иіні, м; ab – Т күші моментінің иіні, м. Т күші беттік күш, сондықтан оның туындататын қысымы:

$$p = \frac{T}{S} = \frac{4T}{\pi d_1^2} \tag{1.2}$$

Паскаль заңы бойынша сұйық бетіндегі қысымның өзгеруі сұйық көлемінің барлық нүктелеріндегі абсолют қысымның өзгеруін туындатады. Қысымның өзгеруі сұйық бетіндегі қысымның өзгеруіне тең, егер сұйық тыныштық күйде болса. Былайша айтқанда сұйық бетінде қысым *Δp* өзгерсе, онда сұйықтың барлық нүктелерінде қысымның өзгеруі *Δp* болады. Бұл тұжырым мына теңдеумен сипатталады:

$$p = p_0 + \Delta p + \rho q h \tag{1.3}$$

Олай болса үлкен поршен астындағы қысым кіші поршен астындағы қысымға тең. Ал үлкен поршен туындататын күш *Q* мына өрнекпен

$$Q = pS_2 = p\frac{\pi d_2^2}{4} \tag{1.4}$$

Үлкен поршен ауданы S_2 кіші поршен ауданынан S_1 қанша үлкен болса *Q* күші Т күшінен сонша үлкен болады:

$$\frac{Q}{T} = \frac{S_2}{S_1}$$

немесе, күш моментін ескерсек,

$$Q = q\frac{S_2}{S_1}\frac{ac}{ab} \quad (1.5)$$

Нақты престерде Q күші (1.5) теңдеуімен есептелген күштен аздап кіші болады, себебі күштің бір бөлігі поршен мен цилиндр қабырғасы арасындағы үйкелуге шығындалады. Күштің былай азаюын пайдалы әсер коэффициентін η = 0,8 енгізу арқылы ескереді. Сонда

$$Q = \eta q\frac{S_2}{S_1}\frac{ac}{ab} \quad (1.6)$$

5 Әдебиет

негізгі:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. –Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процестері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, Ғ. М. Жуманазарова. – ҚР БҒМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

қосымша:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындықова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Гидростатика нені оқытады?
2. Қысым дегеніміз не?
3. Сұйықтың қысымы қалай анықталады?
4. Паскаль заңын тұжырымдаңыз.
5. Гидравликалық пресс дегеніміз не?

Тестік тапсырмалар

1. Гидростатиканың негізгі теңдеуінің мүшелерінің қосындысы ... тең болады.
| геометриялық тегеурінге
| энергия күйлеріне
| толық тегеурінге
| гидростатикалық тегеурінге
| атмосфералық қысымға
2. Ашық резервуардағы еркін бетінің қысымын табыңыз.

| атмосфералық қысым
| манометрлік қысым
| вакуметрлік қысым
| осмотикалық қысым
| абсолюттік қысым

3. Паскаль заңын тұжырымдаңыз.
| пьезометриялық биіктік
| сұйықтың барлық нүктесіне қысым өзгерусіз беріледі
| тегеуріннің жергілікті шығындары
| ұзындық бойынша тегеуріннің шығыны
| геометриялық биіктік

4. Тұтқыр сығылмайтын сұйықтардардың қозғалыс теңдеуі
| Эйлердің дифференциалды қозғалыс теңдеуі
| ағынның үзіліссіздік теңдеуі
| Навье-Стокстың дифференциалды қозғалыс теңдеуі
| Бернуллидің дифференциалды теңдеуі
| гидростатиканың негізгі теңдеуі

5. Гидравликалық пресс көлемі үлкен поршендегі ... ұлғаюына алып келеді.
| қысым күштерінің
| қуатының
| орын ауыстыруының
| алаластыру жылдамдығының
| инерция моментіне

6.Гидравликалық престің іс-қимылының принципіне негізделген заңды атаңыз.
|Архимед заңы
|Ньютон заңы
|Паскаль заңы
|энергияның сақталу заңы
|қозғалу санының заңы

7.Диаметрі 50 мм, гидравликалық престің поршеніне қандай күш түсіру қажет болады, p 0,2 МПа қысымды жасау үшін.
|125,6 Н
|286,4 Н
|573,6 Н
|487,2 Н
|392,5 Н

8.Тікелей престеуге барлығынан жақсырақ көбінесе...кеуекті ұнтақтар ұшырайды.
|бөлшектің өлшемі 0,1-0,5 миллиметрлі
|бөлшектің өлшемі 5-10 миллиметрлі
|бөлшектің өлшемі 0,5-1 миллиметрлі
|бөлшектің өлшемі 15-20 миллиметрлі
|бөлшектің өлшемі 10-50 миллиметрлі

9.Таблеткаларды үш әдіспен жасайды…
|тікелей престеу, құрғақ түйіршіктеуді, ылғалды түйіршіктеуді қолдану арқылы
|титриметрлеу, гравиметрлеу, фотоколориметрлеу
|түйіршіктеу, таблеттеу, стандарттау
|стандарттау, престеу, сусыздандыру
|қалыптау, түйіршіктеу, қопсыту

10. Престеу кезінде бөлшектердің беріктігі...байланысты болады.
|ұнтақтың бөлшектерін мұздату уақытына
|ұнтақтың және түйіршіктің бөлшектерін нығайту сипатына
|жаншуға тұрақтылығына
|уатылу беріктігіне
|сыртқы түріне

5-тақырып: Құбырлардың гидравликалық кедергілерін анықтау.

Мақсаты: Гидравликалық кедергілерді тәжірибе жүзінде анықтау және оларды кестелік немесе есептелген мәндерімен салыстыру.

Оқыту мақсаты:

Студент білуге тиіс:

- Гидравликалық кедергілер түрлері;
- Тегеурін шығынын есептеу әдістері;
- Тегеурін шығынын өлшеу әдістері.

Студент істей алуға тиіс:

- Сұйық шығынын өлшей алу.
- Сұйықтың физикалық қасиеттерін анықтай алу.
- Тегеуріннің құбыр бойындағы шығынын анықтай алу.
- Тегеуріннің жергілікті кедергілердегі шығынын анықтай алу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

- Үйкелу коэффициентінің сұйықтың ағу режиміне тәуелділігі.
- Тегеуріннің құбыр бойындағы шығын.
- Тегеуріннің жергілікті кедергілердегі шығыны.

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер тұтқыр сұйықтың құбырда ағуының физикалық негіздерімен танысуы керек. Виртуалды зертханалық қондырғыда:

1. Сұйықтың берілген шығынында ағынның құбырдағы орташа жылдамдығын анықтаңыз.
2. Рейнольдс ұқсастық санының мәнін есептеңіз.
3. Құбырдың тік телімінің $\lambda_{оп}$ тәжірибелік мәнін анықтаңыз және оны Re санының мәніне байланысты (5) немесе (7) теңдеуімен анықталған $\lambda_{теор}$ мәнімен салыстырыңыз.
4. Кенеттен тарылу кезіндегі жергілікті кедергі коэффициентін тәжірибе бойынша анықтаңыз және оны кестелік мәнімен салыстырыңыз.
5. Тәжірибелік, есептелген және кестелік мәндерді кестеге енгізіңіз:

1 Кесте. Құбырдың тік телімі

Құбырдың тік телімінің ұзындығы, L	м	8		
Тік телімдегі тегеуріннің үйкелуге шығыны, $\Delta p_{тр}$ = П1 - П2	мм су.бағ.			
	Па			
50 л су жиналатын уақыт, τ	с			
Су шығыны, Q	$м^3/с$			
Құбыр диаметрі, d	м	0,04		
Құбырдың көлденең қимасының ауданы, S	$м^2$			
Судың температурасы, t		20		
Рейнольдс саны, Re				
Үйкелі коэффициенті, $\lambda_{оп.}$				
Үйкелу коэффициенті, $\lambda_{теор.}$				

2 Кесте. Кенеттен тарылу

Кең бөліктің диаметрі, d_1	м	0,05		
Тарылған бөліктің диаметрі, d_2	м	0.025		
Кең бөліктің көлденең қимасының ауданы, S_1	$м^2$			
Тарылған бөліктің көлденең қимасының ауданы, S_2	$м^2$			
Тарылғанға дейінгі жылдамдық тегеуріні, $\rho w_1^2/2$	Па			
Тарылғанға кейінгі жылдамдық тегеуріні, $\rho w_2^2/2$	Па			
Дифманометрдің көрсетуі, $\Delta p_{ман.в.с}$= П9–П10	мм вод.ст			
	Па			

Дифманометрдің жалғасуан нүктелерінің арақашықтығы, $l_{в.с.}$	м	0.1 + 0.15		
Кенеттен тарлу кезіндегі тегеурін шығыны, $\Delta p_{м.с.} = \Delta p_{ман} + \left(\frac{\rho w_1^2}{2} - \frac{\rho w_2^2}{2}\right) - \Delta p_{тр}$	мм су.бағ.			
	Па			
Тарылу кезіндегі кедергі коэффициенті, $\zeta_{в.с.оп.}$				
Тарылу кезіндегі кедергі коэффициенті, $\zeta_{в.с\ (табличный)}$				

3 кесте - Құбырдың кенеттен тарылуы кезіндегі $\zeta_{в.с}$ коэффициентінің мәндері

d_2 / d_1	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$\zeta_{в.с.}$	0,5	0,49	0,46	0,43	0,40	0,35	0,29	0,22	0,14	0

Құрал – жабдықтар: дербес компьютер, виртуалды жұмыстың бағдарламасы.

Теориялық мәліметтер.

Идеал сұйықтың гидродинамикалық тегеурініі Бернулли теңдеуімен сипатталады:

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} = H = const, \quad (1)$$

Мұнда $w^2/2g$ - жылдамдық немесе динамикалық тегеурін, м; $p/\rho g$ - статикалық немесе пьезометрлік тегеурін, м; z - геометриялық тегеурін немесе нивелирлік биіктік, м.

Ағатын нақты орталардың қозғалуы идеал сұйықтардың қозғалуынан бөлек болады. Нақты сұйықтарда ортаның қабатшалары және ағыншалары арасындағы ішкі үйкеліс күштерінің әсерінен қозғалуға кедергі туындайды. Ағынның үзіксіздік шарты бойынша құбыр бойында сұйықтың шығыны, сәйкесінше динамикалық тегеурініі, өзгермейді. Құбырдың көлденең қимасы тұрақты болғандықтан $w = const$. Сондықтан гидравликалық кедергі құбырдың толық тегеурінін оның статикалық тегеурінін $p/\rho g$ азайту арқылы азайтады.

Нақты сұйықтардың горизонталь арналарда қозғалуы Бернулли теңдеуінің мына түрімен сипатталады ($z_1=z_2$ кезде):

$$p_1 + \frac{\rho w^2}{2} = p_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta p_{сопр}, \quad (2)$$

Мұнда $\Delta p_{сопр}=\zeta\rho w^2/2$ - құбырдың екі қималарының арасындағы телімнің гидравликалық кедергі.

ζ мәнін білу технологиялық құбырлардың, аппараттардың кедергілерін есептеуге мүмкіндік береді. Кедергі бойынша құбырлардың өлшемдерін (ұзындығы, диаметрі), ортаны тасымалдауға шығындалатын энергияны анықтайды және сораптарды таңдайды.

Технологиялық құбырлардың, аппараттардың жалпы гидравликалық кедергілері үйкелу кедергісінен және құбырлардың геометриялық пішіні өзгергендегі жергілікті кедергісінен тұрады. Олардың әрқайсысын жеке – жеке қарастырамыз.

А. Үйкелу кедергісі.

Ортаның ламинарлы ағуы кезінде қысымның үйкелуге шығынымен оны анықтайтын факторлардың өзара тәуелділігі Гаген-Пуазейль заңымен сипатталады:

$$\Delta p_{тр} = p_1 - p_2 = \frac{32\mu l w}{d^2}, \quad (3)$$

Мұнда μ - тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті, Па·с; w - ағынның орташа жылдамдығы, м/с; d - құбыр диаметрі, м; l - ұзындық, м.

(3) теңдеуді түрлендіргенде Дарси теңдеуі алынады:

$$\Delta p_{тр} = \zeta \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho w^2}{2}, \quad (4)$$

Мұнда $\zeta = \lambda l/d$ - үйкелудің кедергі коэффициенті, λ - үйкелудің гидравликалық коэффициенті. (3) және (4) теңдеулерін салыстыра отырып, мына өрнекті аламыз:

$$\lambda = 64 / \mathrm{Re} \quad (5)$$

Үйкелудің гидравликалық коэффициентін немесе кедергі коэффициентін турбулентті ағу режимінде аналитикалық анықтау мүмкін емес. Зерттеулер нәтижелері бойынша ол $2300 < Re < 100\,000$ аралығында Блазиус теңдеуімен анықталуы мүмкін:

$$\lambda = \frac{0{,}316}{\mathrm{Re}^{0{,}25}} \quad (6)$$

Ал $100\,000 < Re < 100\,000\,000$ аралығында мына өрнектен анықталуы мүмкін:

$$\lambda = 0{,}32 + \frac{0{,}22}{\mathrm{Re}^{0{,}24}}, \quad (7)$$

Б. Жергілікті кедергілер.

Жергілікті кедергілер ағынның жылдамдығы, бағыты, геометриялық пішіні бұрылыстарда, кеңеетін тарылатын телімдерден өткенде, крандарда, вентилдерде тарылғанда және т.б. өзгеруіне байланысты

Жергілікті кедергілердегі толық тегеурінінің шығыны статикалық кедергінің азаюы есебінен болады. Ол ағатын орта бағанасының биіктігімен немесе қысым бірлігімен өлшенеді. Жергілікті кедергі, үйкелу кедергісі сияқты (4 теңдеуді қара.), динамикалық тегурін еншісімен өрнектеледі.

$$\Delta p_{м.с.} = \zeta_{м.с.} \frac{\rho w^2}{2}, \quad (8)$$

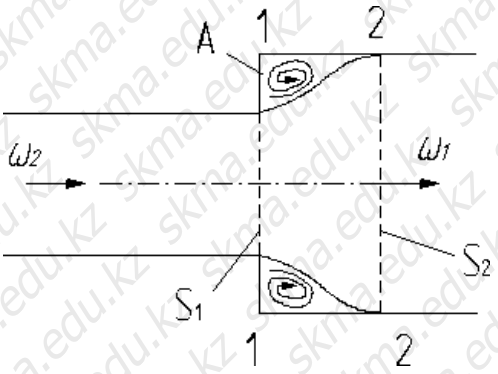
Мұнда $\zeta_{м.с.}$ — жергілікті кедергі коэффициенті.

Құбырдың кенеттен кеңеюі кезінде кең қимадағы w_2 жылдамдық тарылған қимадағы w_1 жылдамдықтан, кең қима ауданы тарылған қима ауданынан қанша үлкен болса, сонша кіші болады. Бұл жағдайды тарылған ағынның одан төмен жылдамдықты кең ағынға соқтығысуы деп қарастыруға болады. Соқтығысу кезіндегі күштердің аз уақытты әсерлесуі туралы механика теоремасына сүйене отырып, француз ғалымы Борд кенеттен кеңею кезіндегі тегеурін шығынын мына өрнекпен сипаттауға болатынын дәлелдеді:

$$\Delta p_{в.р.} = \zeta_{в.р.} \frac{\rho w_1^2}{2}, \quad (8а)$$

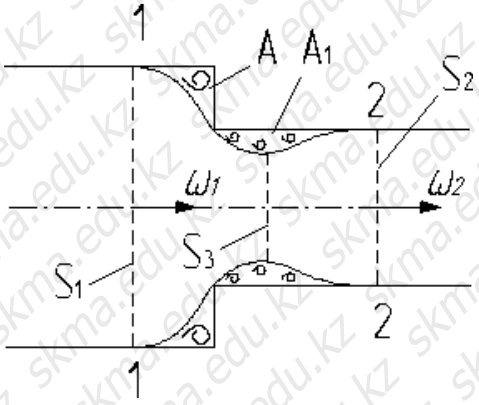
Мұнда $\zeta_{в.р.} = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2$

Кенеттен кеңею кезінде тегеурін шығыны ағынның А бөлігінде құйындардың түзілуі нәтижесінде орын алады (1 сурет). Бұған сұйық энергиясының бір бөлігі шығындалады.



1 сурет. Кенеттен кеңею

Құбырдың кенеттен тарылуы кезінде (2 сурет) сақиналы А кеңістікте (дағдарыс аймағында) құйынды қозғалыс байқалады. Сонымен қатар, ағынның тарылуына байланысты, құбырдың кіші қимасының A_1 аймағында да құйындар тзіледі.



2 сурет. Кенеттен тарылу

Ағынның S_3 қимадағы «өздігінен тарылуы» инерциялық күштердің әсерінен болады, олар тарылған қима жанында құбыр осіне қарай бағытталған. Тәжірибе нәтижелері энергияның негізгі шығыны A_1 аймақта болатынын көрсетті. Бұл жағдайда тегеурін шығынын мына өрнекпен анықтайды:

$$\Delta p_{в.с.} = \zeta_{в.с.} \frac{w_2^2}{2}, \qquad (8б)$$

Мұнда w_2 — тарылған қимадағы ағын жылдамдығы, м/с.

Крандардың, вентилдердің және т.б. жергілікті кедергі коэффициенттерін тәжірибе жүзінде анықтайды және олар жабатын құрылғылардың конструкцияларына тәуелді.

5 Әдебиет негізгі:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. – Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процестері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, Ғ. М. Жуманазарова. – ҚР БҒМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.

7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

қосымша:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындықова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Гидравликалық кедергі және оларды туындататын факторлар.
2. Үйкелу коэффициенті және оның ағу режиміне тәуелділігі.
3. Жергілікті кедергілер.
4. Құбырдағы тегеуріннің толық шығыны.
5. Құбырлардағы және аппараттардағы тегеуріннің үйкелуге шығынын қалай есептейді?
6. Құбырлардағы және аппараттардағы тегеуріннің жергілікті кедергіге шығынын қалай есептейді?

Тестік тапсырмалар

1. Сығылмайтын идеал сұйыққа жазылған Бернулли теңдеуі ... болып табылады.

| $z_1 + P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = z_2 + P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g) + h_п$

| $z_1 + P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = z_2 + P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g)$

| $P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g)$

| $\partial w_x/\partial x + \partial w_y/\partial y + \partial w_z/\partial z = 0$

| $\partial \rho/\partial \tau + \partial (\rho w_x)/\partial x + \partial (\rho w_y)/\partial y + \partial (\rho w_z)/\partial z = 0$

2. Сығылмайтын нақты сұйыққа жазылған Бернулли теңдеуі ... болып табылады.

| $z_1 + P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = z_2 + P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g)$

| $P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g)$

| $z_1 + P_1/(\rho g) + w_1^2/(2g) = z_2 + P_2/(\rho g) + w_2^2/(2g) + h_п$

| $\partial w_x/\partial x + \partial w_y/\partial y + \partial w_z/\partial z = 0$

| $\partial \rho/\partial \tau + \partial (\rho w_x)/\partial x + \partial (\rho w_y)/\partial y + \partial (\rho w_z)/\partial z = 0$

3. Бернулли теңдеуіндегі $w^2/(2g)$ тегеурінді ... деп атайды.

| статистикалық тегеурін
| геометриялық тегеурін
| жылдамдық тегеуріні
| гидродинамикалық тегеурін
| гидростатикалық тегеурін

4. Бернулли теңдеуіндегі $P/(\rho g)$ тегеурін ... сипаттайды.

| нүкте орналасуының меншікті потенциалдық энергиясын
| нүктедегі меншікті кинетикалық энергияны
| нүктедегі қысымның меншікті потенциалдық энергиясын
| меншікті динамикалық энергияны
| меншікті статикалық энергияны

5. Бернулли теңдеуіндегі $w^2/(2g)$ тегеурін ... сипаттайды.

| нүктедегі меншікті кинетикалық энергияны

| нүкте орналасуының меншікті потенциалдық энергиясын
| нүктедегі қысымның меншікті потенциалдық энергиясын
| меншікті динамикалық энергияны
| меншікті статикалық энергияны

6. Қозғалудың дифференциалды теңдеуін көрсетіңіз.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial t}{\partial z} = a\nabla^2 t$$

$$\rho \frac{d\omega}{d\tau} = \rho g - \nabla P + \mu \nabla^2 \omega$$

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = 0$$

$$-\lambda \left(\frac{dt}{dn} \right)_{пов} = \alpha \cdot \Delta t$$

$$dQ = dU + dL$$

7. Үздіксіздіктің дифференциалды теңдеуін көрсетіңіз.

$$\rho \frac{d\omega}{d\tau} = \rho g - \nabla P + \mu \nabla^2 \omega$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial t}{\partial z} = a\nabla^2 t$$

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = 0$$

$$-\lambda \left(\frac{dt}{dn} \right)_{пов} = \alpha \cdot \Delta t$$

$$dQ = dU + dL$$

8. Ламинарлы қозғалыс кегізіндегі үйкеліс коэффициентін анықтауға арналған теңдеуді көрсетіңіз.

$$\xi_{үйк} = \lambda l / d$$

$$h_{үй} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{W^2}{2g}$$

$$\Delta P_{үйк} = (\lambda l / d) \cdot (\quad w^2/2)$$

$$h_{тыл} = w^2/2g$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

9. Үйкеліске шығындалған тегеуірінді анықтаңыз:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$\xi_{үйк} = \lambda l/d$

$$h_{үй} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{W^2}{2g}$$

$\Delta P_{үйк} = (\lambda l/d)\cdot(\quad w^2/2)$

$h_{жылд.} = w^2/2g$

10. Үйкеліс кедергісін жеңуге жұмсалатын қысым шығынын анықтаңыз.

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$\Delta P_{үйк}=(\lambda l/d)\cdot(\quad w^2/2)$

$\xi_{үйк}=\lambda l/d$

$$h_{үй} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{W^2}{2g}$$

$h_{жылд.}=w^2/2g$

6-тақырып: Ортадан тепкіш сораптың жұмыс істеу принципі және конструкциясы.
Мақсаты: 1. Ортадан тепкіш сораптың құрылғысымен танысу.
2. Ортадан тепкіш сораптың негізгі техникалық көрсеткіштерін эксперимент жүзінде анықтау.
Оқыту мақсаты:
Студент білуге тиіс:
1. Ортадан тепкіш сораптың жіктелуін;
2. Ортадан тепкіш сораптың жұмыс жасау принципін;
3. Ортадан тепкіш сораптың негізгі техникалық көрсекіштерін;

Студент істей алуға тиіс:
- Ортадан тепкіш сораптың негізгі техникалық көрсекіштерін есептеу үшін Бернулли теңдеуін құра білу;
- Сораптың өнімділігін анықтай алу;
- Сораптың тегеурінін анықтай алу;
- Ортадан тепкіш сораптың конструкциясын таңдай білу;

Тақырыптың негізгі сұрақтары:
1. Ортадан тепкіш сораптың конструкциясы.
2. Ортадан тепкіш сораптың жұмыс жасау принципі.
3. Бернулли теңдеуі.
4. Сораптың өнімділігі.
5. Сораптың қуаты.
6. Сораптың тегеуріні.
7. Сораптың ПӘК-і

Білім берудің және оқытудың әдістері:
Студенттер ортадан тепкіш сораптың құрылғысымен және жұмысымен танысуы керек.
Ортадан тепкіш сорапты жеке бөлшектерін ашып жинауы тиіс:
1. Ортадан тепкіш сораптың құрылғысымен және жұмыс істеу принципін оқыңыз.
2. Ортадан тепкіш сораптың жұмысшы доңғалағының эскизін суреттеп, оның негізгі өлшемдерін белгілеңіз.
3. Сораптың өнімділігін анықтаңыз.
4. Сораптың тегеурінін анықтаңыз.
5. Ортадан тепкіш сораптың жұмсалатын қуаты анықтаңыз.

6. Алынған мәліметтерді кестелеп жазыңыз.

1 кесте.

№	Көрсеткіштің аталуы	Белгіленуі	Мәні
1	Сораптың типі	РВ - 38	
2	жұмысшы доңғалақтың кіріс қимасының диаметрі	D_1, мм	
3	жұмысшы доңғалақтың сыртқы диаметрі	D_2, мм	
4	жұмысшы доңғалақтың втулкасының диаметрі	$d_{вт}$, мм	
5	Сораптың өнімділігі	Q, $м^3/с$	
6	Сораптың өнімділігін	Q, $м^3/сағ$	
7	Сораптың тегеуріні	H, м	
8	Сораптың жұмсалатын қуаты	N, Вт	
8	сораптың шапшаң жүрістік коэффициенті	$n_ш$, айн/мин	
9	Сору жағындағы саны	$i_{вх}$	
10	Қысым түсіру сатылардың саны	$i_{ст}$	

11	Сораптың білігінің айналу жиілігі	n, айн/мин	725

Теориялық мәліметтер.

Сорап деп сұйық ортасының ағымдарын жасайтын гидравликалық машиналар және аппараттарды атайды. Сораптар тікелей сораптардың өзінде және құбырларда сұйықтың қысымдар айырмасын жасайды, осылайша электрқозғалтқыштың энергиясын тасымалданатын сұйықтық арқылы энергияға айналдырады.

Динамикалық сораптарда сұйықтар, тұйықталмаған сұйықтың көлеміне күштер өзара әсерлесуі кезінде тасымалданады, мұнда сорапқа кіруі және ол жерден шығуы үздіксіз беріліп отырады.

Көлемдік сораптарда тұйықталған сұйық көлемнің мерзімді өзгерісі кезінде сұйықтар орын ауыстырады (ығыстырады), мұнда сорапқа кіруі және ол жерден шығуы мерзімді түрде беріліп отырады. Қалақты сораптарда сұйықтық сораптың жұмысшы дөңгелегінің (дөңгелек) қалақтарынан ағу арқылы энергия беріледі. Сораптарда үйкеліс күш әсері астында сұйықтық үйкелісіп орын ауыстырады. Көлемдік сораптарда жұмысшы дененің қайтымды-үдемелі қозғалуымен қайтымды-үдемелі жұмысшы денесінің қозғалысы кезінде сұйықтық арқылы энергия алады.

Роторлық сораптарда жұмысшы дененің айнала қозғалуы кезінде сұйықтық арқылы энергия беріледі.

Сораптардың негізгі жұмысшы көрсеткіштері:

Өнімділік (берілісі) Q (м3/с) бірлік уақытта айдайтын құбырға сорап арқылы берілетін сұйықтың көлемімен анықталады.

Қысым күші Н (м) (қысым Р (Па)) айдалатын сұйықтың бірлік салмағын сорап арқылы берілетін энергиясын сипаттайды. (Қысым күші – сораппен берілетін, энергия арқылы 1кг айдалатын сұйықтың көтерілетін биіктігі болып табылады).

Қуат (Вт). Пайдалы қуат $N_п$, сораптың білігіндегі қуат $N_{білік}$, электрқозғалтқышпен қоректенетін қуат $N_{эл}$, және бекітілген қуат $N_{бек}$ болып ажыратылады. Пайдалы қуат $N_п$ сұйықтық арқылы энергияның берілуіне жұмсалады және сораптағы массалық шығынның (ρgQ) сұйықтың меншікті энергия өндірудің көбейтіндісіне тең.

сонда

$N_п = ρgQH$, Вт.

Біліктегі қуат $N_е$ пайдалы қуаттан $N_п$ жоғары, бұл сораптағы энергияның шығындалуының есебінен болады, мұнда сораптың пайдалы әсер коэффициенті (п.ә.к.) η ескеріледі.

сонда $N_е$=

$N_п$ /η.

П.ә.к. η сораптың конструкциясын жетілдіруін және эксплуатациялаудың тиімділігін сипаттайды.

Көлемдік п.ә.к., бұл саңылау, сальниктер және тағы басқалар арқылы сұйықтың ағымын ескереді; Гидравликалық п.ә.к, бұл сорап арқылы сұйықтардың қозғалысы кезінде қысым күшінің шығынын ескереді. Механикалық п.ә.к, бұл сораптағы (подшипниктер, сальниктер және басқалар) механикалық үйкеліске шығындалған қуатты сипаттайды.

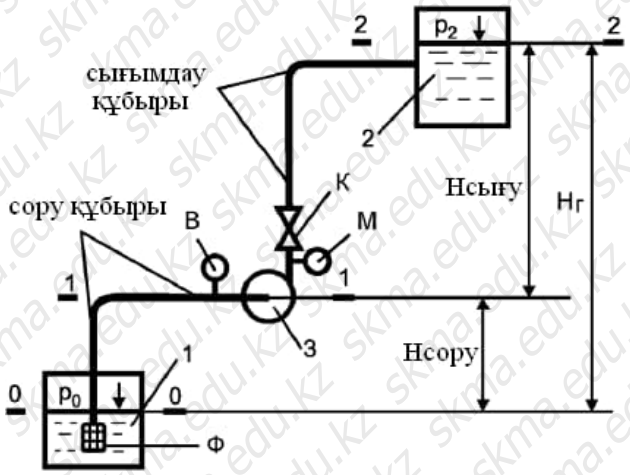
η мәні сораптың конструкциясына және тозу дәрежесіне байланысты болады (ортадан тепкіш сораптар үшін η=0,6... 0,7, поршендік сораптар үшін η=0,8...0,9).

Электр қозғалтқыштан сорапқа берілуіндегі және электрқозғалтқыштың өзінде механикалық шығынның салдарынан, сораптың білігіндегі қуатқа қарағанда элекрқозғалтқыштың қоректенетін қуаты $N_{дв}$ жоғары болады. Бұл жерде берілу ПӘК-і және элекрқозғалқыштың ПӘК-і ескеріледі. Элекрқозғалтқыштың бекітілген қуаты $N_{бек}$ сораптың қосу сәтінде мүмкіндігінше жүктеу салдарынан $N_{эл}$ шамасы бойынша есептеледі:

$$N_{бек}=β\ N_{эл},$$

мұнда β=1,1...2,0 – электрқозғалқыштың қуатына байланысты қуаттың қор жинау коэффициенті.

Сорапы қондырғының негізгі элементтеріи (1сурет): қабылдаушы сыйымдылық 1, қысымдаушы сыйымдылық 2, сорап 3. Сұйықтық қабылдаушы сыйымдылықтан қысымдаушы сыйымдылыққа айдалады. Белгіленуі: p_0 – қабылдаушы сыйымдылықтағы қысым; p_2 – сығымдаушы сыйымдылықтағы қысым. Қабылдаушы сыйымдылықтан сорапқа дейінгі аймақтағы құбырды сору құбыры (келте құбыр) деп атайды. Сораптан қысымдаушы құбырға дейінгі құбырды қысымдық немесе сығымдаушы деп атайды. Сорылатын келте құбырдағы қысым, сығымдауға қарағанда анағұрлым төмен (ереже бойынша сорылатын келте құбырдағы қысым амосфералыққа қарағанда төмен, онда вакуум болады). Сору биіктігі $H_{сору}$ – қабылдаушы сыйымдылықтағы сұйықтық деңгейінен сораптың осіне дейінгі қашықтық. Сығымдаушы биіктік $H_{сығым}$ – сораптың осінен қысымдаушы сыйымдылықтағы сұйықтықтың деңгейіне дейінгі қашықтық. Сұйықтықтың көтерілудің геометриялық биіктігі $H_г$ – қабылдаушы және қысымдаушы сыйымдылықтағы сұйықтың деңгейлер аралығындағы верикаль бойынша арақашықтық. Қағида бойынша сораптық қондырғы вакуумметрмен В (сорылатын құбырда) және манометрмен М (сығымдалатын құбырла) жабдықталады.



1. сурет сорапты қондырғының тәсімі

Сорылатын келте құбырдың жүктелетін тұсына сүзгіш клапан Ф орнатады, ал сығымдаушы құбырда сорапқа тікелей жақындатып кран (вентиль) К орнатады..

Тиісті (немесе қажетті) қысымды керекті берілуін қамтамасыз ету үшін 0–0, 1–1 және 2–2 сипаттағы қималар үшін Бернулли теңдеуін құрастырып анықтауға болады.

$$H = H_Г + \frac{p_2 - p_0}{\rho g} + h_Н + h_{ВС}, \quad (1)$$

мұнда $h_{сығым}$ және $h_{сору}$ – сығымдаушы және сору аймақтарындағы қысымның шығыны

Осылайша, сораптың қажетті қысымы Н геометриялық биіктікке $H_г$ көтерілуіндегі, қысымды және қабылдаушы сыйымдылықтың қысымдар айырмашылығын игеруге және сығымдаушы $h_{сығым}$ және сору $h_{сору}$ құбырлардың гидравликалық кедергілерін жеңуге сұйықтардың қозғалуына жұмсалады.

Технологиялық қондырғылар арналған сораптарды таңдау кезінде (1) теңдеуді пайдаланады. Егер құбыр горизонталды және қабылдаушы және қысымдаушы сыйымдылықтағы қысымы бірдей (қағида бойынша) болса, онда (1) теңдеу ықшамдалады:

$$H = h_н + h_{вс}$$

Сораптың сору биіктігінің шамасын $H_{сору}$ (1 суретті қараңыз) өз еркімен тағайындау мүмкін болмайды. 0–0, 1–1 және 2–2 сипаттағы қималар үшін Бернулли теңдеуінен анықтауға болады.

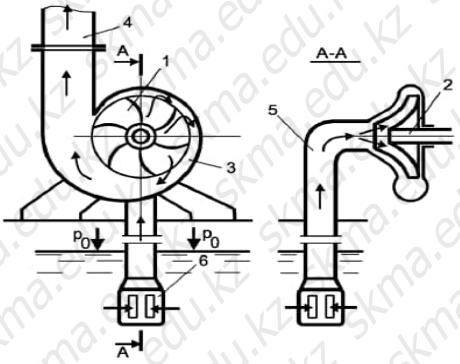
$$H_{ВС} = \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_{ВС}}{\rho g} + \frac{v_{ВС}^2 - v_0^2}{2g} + h_{ВС} \right),$$

мұнда $v_{вс}$ және v_o – сору құбырына және қабылдағыш сыйымдылығына сәйкесінше сұйықтың қозғалыс жылдамдығы

Осылайша сораптың сору биіктігі $H_{сору}$ қысым p_o артқан сайын жоғарлайды және сондай–ақ қысымның жылдамдығы және шығыны, соратын келте құбырдағы қысымды $p_{сору}$ жоғарлатқан сайын төмендейді. Негізінен сораптың сору биіктігін $H_{сору}$, сорылатын құбырдағы сұйықтықтың қозғалысының жылдамдығы 0,8...1,0 м/с төңірегінде 5…6 м аралықта таңдалады. Сораптың тұрақты жұмысы үшін оның соратын келте құбырындағы қысымы, сору температурасында ($p_{вс}$> p_t) сұйықтықтың қаныққан бу қысымынан жоғары болуы тиіс, себебі кері жағдайда сұйықтық сорапта қайнай бастайды. Бұл жерде сұйықтықтан будың қарқынды бөлініп шығару нәтижесінде ағымның үзілуі мүмкін.

Ортадан тепкіш сораптар қысым күшінің шамасына тәуелсіз, жоғары өнімділікпен сипатталады. Ортадантепкіш сораптың (сур. 2) негізгі бөлігі болып, иілімді қалақты жұмысшы доңғалақ 1 табылады. Доңғалақ білікпен жалғанған 2 және қаптауға (спиралды камераға) 3 қосылған. жұмысшы доңғалақтың 1 шапшаң айналуы кезінде айнала отырып, жүргізілген элекрқозғалтқыштан, ортадан тепкіш күш туындайды. Оның әсері арқылы сұйықтық, доңғалақтың қалақтары арасынан оның шеттеріне айдалады, және доңғалақтан шығып, сораптың спиралды камерасына келіп түседі, ол жерден сұйықтық сығымдайтын құбырға 4 барады. Шығарылған сұйықтықтан босатылатын, сорапты камераның орталық кеңістігіне, сыртқы қысым p_o әсері астында сору құбыры 6 бойынша

келіп түсетін, сұйықтық толтырылады. Осылайша, сорапқа сұйықтықтың үздіксіз ағымы түзіледі, ол жерден берілу орнына барады.



2. сурет Ортадан тепкіш сорап

Ортадан тепкіш сораптар өзінің жұмысын бастауына дейін алдын ала құйылуды қажет етеді, ол болмаса сұйықтардың сорылуын жасай алмайды. Сорапқа құйылу кезінде сұйықтық, одан төгілмеуі үшін бастапқы резервуарға соратын құбырдың батырылған ұшына қабылдаушы қайтымды клапанды 6 орнатады, ол ластанудан қорғау үшін сүзгімен (тормен) жабдықталған.

Берілген қысымда D берілуін жоғарлату үшін, бірнеше тізбектеп жалғанған доңғалақты сораптар шағын көлемді сұйықтықтарды ең жоғары биіктікке көтерілуін жасайды. Жасалатын қысымның шамасы бойынша ажыратылады: төменқысымды ортадан тепкіш сораптар (20м дейін қысымы кезінде); орташа қысымды сорапар (20-дан 60 м-ге дейінгі қысым), ал қысымы 60 м-ден жоғары болғанда – жоғары қысымды сораптар.

Ортадан тепкіш сораптың жұмысшы дөңгелегіне сұйықты жеткізудің тәсіліне қарай бірбеткі жақты және екібеткі жақты кіретін болып екіге бөлінеді. Біліктің орналасуына бойынша: көлбеу және тік сораптар. Электрқозғалтқышпен қосылу тәсіліне бойынша: шкивпен немесе редуктормен; муфтаның жәрдемі арқылы, моноблоктар (электрқозғалқышты жалпы білікті сорап).

Сораптың ПӘК-і максималды жағдайында берілуі Q (м3/с) және қысым күші Н (м) келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$D_{экв} = \sqrt{D_0^2 + d_{вт}^2},$$

$$Q = (\frac{D_{экв}}{K_D})^3 n \cdot i_{вх},$$

$$H = i_{ст}^{-3} \sqrt{\left(\frac{3{,}65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q}{i_{вх}}}}{n_s}\right)^4}$$

мұнда $D_{экв}$ – дөнгелекке кірудегі эквиваленттік диаметрі, м; K_D = 4…4,5 – коэффициент; n – сораптың білігінің айналу жиілігі, айн/мин; $i_{вх}$ – сорылу беткі жағының саны; $i_{ст}$ – сораптың сатысының саны; n_s – сораптың шапшаңжүріс коэффициенті, айн/мин.

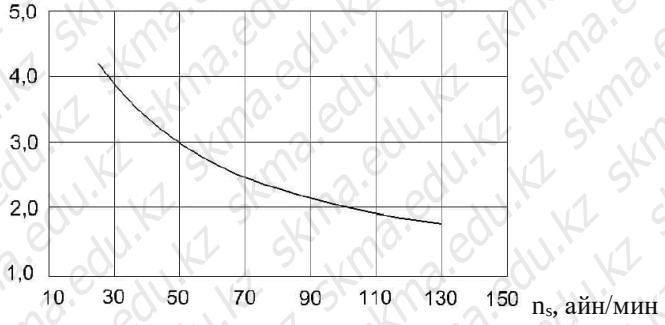
3 суретте шапшаңжүрісті сораптың n_s дөңгелектің жұмысшы диаметріне қатынастарына D_2 / D_0 тәуелділік қисығы бейнеленген.

Сораптың жұмсалатын қуаты N (Вт):

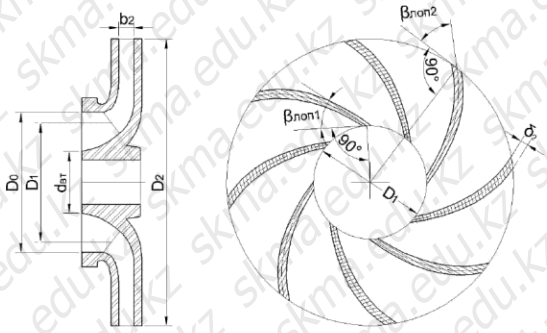
$$N = \beta \frac{\rho g Q H}{\eta},$$

Мұнда η = 0,5 – Сораптың және электрқозғалтқыштың ПӘК–і; ρ = 1000 кг/м^3 – судың тығыздығы; β = 1,2 – сораптың қуаттық қорының коэффициенті.

D_2/D_0



3 сурет. Шапшаңжүрісті сораптың n_s дөңгелектің жұмысшы диаметріне қатынастарына D_2 / D_0 тәуелділік қисығы.



4 сурет Дөңгелектің жұмысшы көлемі

5 **Әдебиет**

негізгі:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. – Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процестері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, Ғ. М. Жуманазарова. – ҚР БҒМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

қосымша:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындықова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Сораптардың әмбебап сипаттамалалары дегеніміз не.
2. Сораптар іс-әрекеттер принциптері бойынша қандай болып бөлінеді
3. Сораптардың негізгі көрсеткіштеріне не жатады.

Тестік тапсырмалар

1. Сорап қуаты ..... болып табылады.

| $N_e = \frac{N_0}{\eta_м}$

| $N_э = \frac{N_e}{\eta_{эл}}$

| $N = \frac{V \Delta p}{1000\,\eta}$

| $N_0 = ML_0m$

| $N_i = p_i V_h nz/k$

2. Сораптарда сұйықтардың үйкелісі қандай күштің әсерінде жүреді:
| үйкеліс күші
| ортадан тепкіш күші
| гравитациялық күші
| молекулярлы күші
| ауырлық күші

3. Арынды сораптар қандай сораптарға жатады:
| қалақты
| үйкеліс
| динамикалық
| көлемдік
| плунжерлі

4. Сораптың өнімділігі және тегеуріні кавитация процесінде қалай өзгереді:
| кемімейді
| ұлғаяды
| кенеттен төмендейді
| жайлап азаяды
| жайлап ұлғаяды

5. Айдап қотару үшін пропеллерлі сораптар қолданады:
| аз көлемді сұйықтарға
| тұтқырлы сұйықтаға вязких жидкостей
| төмен тегеурінде көп көлемді сұйықтарға
| тұтқырлығы аз сұйықтармен суспензияларға
| суспензияға

6. Ортадан тепкіш тегеуріндердегі ақиқатты тегеурін теориялықпен салыстырғанда қандай болады:
|теориялыққа тең
|теориялықтан көп
|теориялықтан аз
|теориялықтан негұрлым аз
|теориялықтың 50 % құрайды

7. Ортадан тепкіш күш сораптар үшін n = const болған кезде және өнімділік жоғарылаған сайын:
|сораптың тегеуріні жоғарлайды
|сораптың тегеуріні өзгермейді
|сораптың тегеуріні 10 м-ден көп
|сораптың тегеуріні 10 м-ден аз
|сораптың тегеуріні төмендейді

8. Сораптардың әмбебап сипаттамалалары дегеніміз:
|айналу саны
|п.ә.к.
|тегеурін,п.ә.к.,өнімділік
|тегеурін, қуат

|электродвигателдің айналу саны

9. Сораптың толық тегеурінін анықтайтын теңдеуін көрсетіңіз:

$$|H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h$$

$$|H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

$$|H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_{Ã} \quad h_{ø} +$$

$$|H = \frac{P_1}{\rho g} + h$$

$$|H = \frac{P_2}{\rho g} + h$$

10. Сұйықтардың горизонталь құбырмен қозғалысындағы сораптың тегеурінін анықтайтын теңдеуін көрсетіңіз:

$$|H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h$$

$$|H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

$$|H = \frac{P_2}{\rho g} + h$$

$$|H = \frac{P_1}{\rho g} + h$$

$$|H = \frac{P}{\rho g}$$

7-тақырып: Жалған сұйылу қабатын зерттеу.
Мақсаты: Жалған сұйылу қабатын аппараттың жұмысымен танысу.
Оқыту мақсаты:
Студент білуге тиіс:
- Псевдосұйылудың физикалық негіздері;
- Псевдосұйылу қабатының пайда болу шектері;
- Псевдосұйылу қабатының структурасы.

Студент істей алуға тиіс:
- Сұйылту агентінің мінездеме жылдамдықтарын анықтай алу;
- Бөлшектердің орташа диаметрін анықтай алу;
- Бұрыс пішінді бөлшектердің эквивалентті диаметрін анықтай алу.
- Қозғалмайтын және псевдосұйылған қабаттардың гидравликалық кедергілерін анықтай алу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:
1. Псевдосұйылған қабат үшін сұйылту агентінің мінездеме жылдамдықтары
2. Қабаттағы бөлшектердің орташа диаметрі.
3. Қабат кеуектігінің сұйылту агентінің жылдамдығына тәуелділігі.
4. Қозғалмайтын және псевдосұйылған қабаттардың гидравликалық кедергілері.
5. Бұрыс пішінді бөлшектердің эквивалентті диаметрі.

Білім берудің және оқытудың әдістері:
Студенттер псевдосұйылған қабаты бар аппараттың жұмысымен танысуы керек. Виртуалды зертханалық қондырғыда:
1. Псевдосұйық қабаттың негізгі мінездемелері бойынша тестілеуден өтіңіз.
2. ΔР және ε - нің сұйылту агенті жылдамдығына тәуелділігін тәжірибе жүзінде анықтаңыз.

3. Тәжірибе мәліметтері бойынша бірінші ауалы жылдамдықтың мәнін анықтаңыз.
4. Қабат бөлшектерінің диаметрін немесе бұрыс пішінді бөлшектер үшін эквивалентті диаметрін және пішін факторын анықтаңыз.
5. Тәжірибе мәліметтері бойынша екінші ауалы жылдамдықтың мәнін анықтаңыз. Оны Годес теңдеуімен анықталған мәнімен салыстырыңыз.
6. Қабаттағы материалдың сипаттамасын анықтаңыз.

Құрал – жабдықтар: дербес компьютер, виртуалды жұмыстың бағдарламасы.

Теориялық мәліметтер.

Жылу және массаалмасу процестерін, сусымалы материалдарды араластыру, агломерациялау, гранулдау процестерін және басқа процестерді қарқындату үшін түйіршікті материалдардың (өлшенген, қайнайтын қабат) жалғансұйылу қабатты (ЖС) аппараттарын кеңінен қолданылады.

Егер торда (сур. 9.1) орналасқан материалдың қозғалыссыз қабатының астынан сұйылтатын агенттің ағымын жіберетін болса (сұйықтық немесе газ), онда қабаттың күйі, сұйылтатын агенттің жылдамдығымен анықталады. Демек, агенттің көлемдік шығынына бос аппараттың көлденең қимасының қатынасы арқылы табуға болады:

$$w = \frac{V}{f_a} \tag{9.1}$$

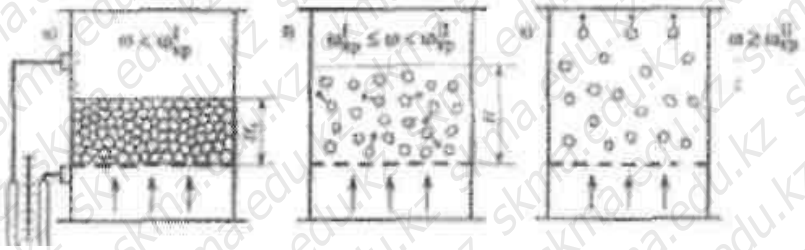
мұнда V – сұйылу агентінің көлемдік шығыны, м^3/с;

$f_a = \frac{\pi d^2}{4}$ – аппараттың көлденең қимасының ауданы, м^2;

d – аппараттың көлденең қимасының диаметрі, м.

Жалғансұйылу қабатының көрсекіштерін анықтаудағы барлық есептеулер сұйылтатын агенттің жылдамдығын нақты пайдалануына негізделген (9.1). Бұл қатты бөлшектердің арасындағы аралықтағы ауаның ақиқат жылдамдығын өлшеу күрделі болғандығына байланысты болады.

Сурет 9.1 Сұйылатын агенттің жылдамдықтарына байланысты қабаттың құрылымының өзгерістері: а) қозғалыссыз қабат; б)



жалғансұйылу қабаты; в) бөлшектерді аппараттан ұшырып әкету.

Бірінші ағымдар жылдамдығынан $w^1_{кр}$ төменірек кезінде, қабат қозғалыссыз болады (ҚҚ). Сұйылатын агент сүзу режимінде қабаттар арқылы қозғалады.

Сұйылатын агенттің бірінші шектік жылдамдыққа $w^1_{кр}$ жеткен кезде, қабат жалғансұйылуға (ЖС) ауысады. Мұнда қатты бөлшектер қабат бойымен орын ауыстыра қозғала бастайды. Жылдамдықты одан әрі жоғарлатқанда, қабаттың биіктігінің жоғарлауына әкеліп соғады (қабат ұлғаяды).

Сұйылатын агенттің екінші шектік жылдамдыққа $w^{II}_{кр}$ жеткен кезде (ұшырып әкету), қабат бұзылады, ал бөлшектерді пневмотасымалдау режимінде, аппараттан шығарады.

Жалғансұйылудың кеңеюі кеуектілікпен ε сипатталады, оны қабаттағы бос көлемінің $V_{бос}$, барлық қабаттың көлеміне $V_{қаб}$ қатынасынан анықтайды:

$$\varepsilon = \frac{V_{бос}}{V_{каб}} = \frac{V_{каб} - V_T}{V_{каб}} = 1 - \frac{V_T}{V_{каб}} \tag{9.2}$$

мұнда V_T – қабаттағы қатты бөлшектердің көлемі, м^3;

$V_{қаб} = f_a \cdot H$ – қабаттың көлемі, м^3;

H – жалғансұйылу қабатының биіктігі, м.

Қозғалыссыз қабаттың қатты бөлшектерінің бірыңғай диаметрінде кеуектілігі шамамен 0,4 тең екендігі белгілі. Жалғансұйылу процесінде көлемнің V_T шамасы тұрақты болып қала береді, оны қозғалыссыз қабаттың көрсеткіштері арқылы анықтауға болады:

$$V_T = f_a \cdot H_0(1-\varepsilon) \tag{9.3}$$

мұнда H_0 – бөлшектердің қозғалмайын қабатының биіктігі, м.

(9.3) теңдеуін (9.2) теңдеуіне қойып, қабаттың өлшенген биіктігінің мәндері бойынша кеуектілікті анықтайтын теңдеуді алуға болады:

$$\varepsilon = 1 - \frac{f_a \cdot H_0(1-\varepsilon_0)}{f_a \cdot H} = 1 - (1-\varepsilon_0)\frac{H_0}{H} \tag{9.4}$$

(9.4) теңдеуінен көріп тұрғанымыздай, сұйылтатын агенттің жылдамдығы өскен сайын қабаттың кеуектілігі артады. Ұшырып әкету жылдамдығы кезінде жалғансұйылу қабат үшін шегі $V_{сл} \geq V_T$ болады, демек $\varepsilon = 1$ деп санауға болады.

Осылайша жалғансұйылу қабаты мына аралықта жүзеге асырылады:

$\varepsilon = \varepsilon_0 = 0{,}4 (w < w^1_{кр})$ -дан $\varepsilon = 1 (w \geq w^1_{кр})$ дейін

Біршама жуықтаулармен осы аралық шегін, пішінсіз бөлшектер үшін де қабылдауға болады.

Қатты бөлшектердің қабаты сұйылтатын агент үшін гидравликалық кедергісі болып табылады, дифференциалды манометрмен (сур. 9.1) осы қабат арқылы сұйылтатын агенттің қозғалысында пайда болатын, қысымдар өзгеруін өлшеуге болады.

9.2 суретте қабаттың гидравликалық кедергісі ΔP мен кеуектілігінің ε әдеттегі өзгерістерінің қисығы көрсетілген.

Жалғанасұйылудың басындағы барлық түйіршікті материалдың аппараттың көлденең қимасының бірлік ауданына қатынасы, қабаттың гидравликалық кедергісінің күшіне теңестіріледі.

$$\Delta P_C = \frac{G_C}{f_a} \tag{9.5}$$

мұнда $G_к$ – қабаттағы материалдың салмағы, Н.

Архимед күші арқылы (9.3) және (9.5) теңдеулерін пайдаланып табамыз:

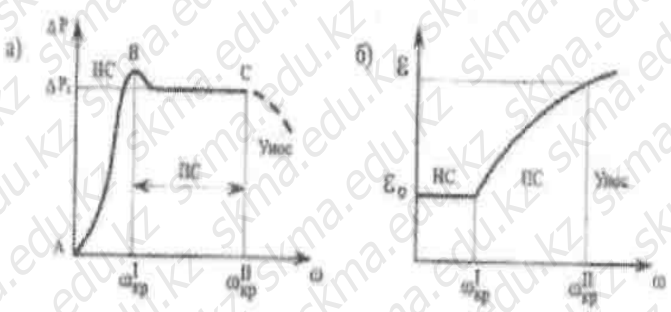
$$\Delta P_C = gH_0(\rho_ч - \rho_C)(1-\varepsilon_0) \tag{9.6}$$

Осылайша ЖС кедергісінің шамасы тұрақты болады, онда оны әрбір ε мәні үшін (9.6) теңдеуі бойынша анықтауға болады.

$$\Delta P_C = gH\ (\rho_ч - \rho_C)(1-\varepsilon_0) \tag{9.7}$$

Егер $\rho_ч >> \rho_c$ (мысалы, газ – қатты бөлшектер жүйесінде), онда теңдеуді былай өрнектеуге болады:

$$\Delta P_C = gH_0\rho_ч(1-\varepsilon_0) \tag{9.8}$$



Сурет 9.2. Тәуелділіктер: а) $\Delta P = f(w)$; б) $\varepsilon = f(w)$.

Жалғансұйылу қабаттың гидравликалық кедергісі тұрақты шамада сақталынып қалатындығын және сұйылтатын агенттің жылдамдығына тәуелді болмайтындығын графиктен (сур. 9.2) байқауға болады. Бұл тұрақтылық аспалы жағдайда болатын бөлшектер үшін келісілген, келесі байланыс орындалады:

$$G = R + A \tag{9.9}$$

мұнда $G = mg = V_ч \cdot \rho_ч g$ – ауырлық күші, Н;

$R = \xi \frac{\rho_c w_д^2}{2} f$ – қатты бөлшектің кедергі күші, Н;

$A = V_ч \rho_ч g$ – Архимед күші, Н;

ξ – қатты бөлшектің кедергі коэффициенті (айналып ағу режиміне тәуелді);

f – бөлшектің көлденең қимасының ауданы, м^2;

m – бөлшектің массасы, кг;

ρ_c – сұйылатын агенттің тығыздығы, кг/м^3;

$V_ч$ – қатты бөлшектің көлемі, м^3;

$\rho_ч$ – қатты бөлшектің тығыздығы, кг/м^3;

$w_д = \frac{w}{\varepsilon}$ – бөлшектердің арасындағы сұйылатын агенттің шынай жылдамдығы, м/с.

Сонда:

$$R = G - A \tag{9.10}$$

онда:

$$R = \xi \frac{\rho_c w_0^2}{2} f = V_ч g(\rho_ч - \rho_c) \quad (9.11)$$

(9.11) теңдеуінің оң және сол жақтарын *f*-ке бөліп және оған w_0 мәнін қойып, табамыз:

$$R = \xi \frac{\rho_c w^2}{2\varepsilon^2} = V_ч g(\rho_ч - \rho_c)/f \quad (9.12)$$

немесе $\rho_ч >> \rho_c$ кезінде

$$\Delta P = \frac{V_ч g \rho_ч}{f} = \frac{mg}{f} \quad (9.13)$$

Қатты бөлшектердің жалғансұйылу кезінде пайда болатын қысымдар өзгерісі, бөлшектің көлденең қимасының ауданына бөлінген бөлшектің массасына тең болады (9.13 теңдеу).

Сондай-ақ қабаттың барлық бөлшектерінің жалғансұйылу күйіне ауысқандағы қысымдар өзгерісін былай анықауға болады:

$$\Delta P = \frac{G_c}{f_c} \quad (9.14)$$

мұнда G_c – қабаттың бөлшегінің салмағы, Н.

Жалғансұйылу қабат үшін қысымның төмендеуі газдың жылдамдығына тәуелді емес тұрақты шама екендігі, (9.13) және (9.14) теңдеулерден көруге болады. Бұл тұрақтылық, қабаттар үшін, сұйылатын агентің шығыны өскен кезде бір мезгілде қабаттың кеуектілігі артумен түсіндіріледі, демек сұйылатын агенттің түйіршіктер арасындағы ақиқатты жылдамдығы тұрақты шамада болып қалады ((9.11) және (9.12) теңдеуді қараңыз).

Жалғансұйылу қабаттар үшін жылдамдық критерийлерін Лященко және Архимед критериялары арсындағы байланыстылықтарды пайдалана отырып анықайды (сурет 9.3):

$$Ly = f(Ar) \quad (9.15)$$

мұнда $Ly = \frac{w^3 \rho_c^2}{\mu_c(\rho_ч - \rho_c)g}$ – Лященко критерийі;

$Ar = \frac{d^3 \rho_c(\rho_ч - \rho_c)g}{\mu_c^2}$ – Архимеда критерийі;

μ – тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті, Па·с.

Жылдамдық критерийлерін есептеу үшін, эксперименталды мәліметтерді саралау арқылы алынған, Тодес теңдігін пайдалануға болады:

$$\mathrm{Re} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (9.16)$$

мұнда $\mathrm{Re} = \frac{w d_ч \rho_c}{\mu_c}$ – Рейнольдса критерийі.

Жалғансұйылудың бастапқы кезіндегі жылдамдықты анықтауға арналған теңдеу ($\varepsilon = \varepsilon_0 = 0{,}4$):

$$\mathrm{Re}_{кр}^{I} = \frac{Ar}{1400 + 5{,}22\sqrt{Ar}} \quad (9.17)$$

мұнда $\mathrm{Re}_{кр}^{I} = \frac{w_{кр}^{I} d_ч \rho_c}{\mu_c}$

Ұшырып әкету жылдамдығын есептеуге арналған теңдеу ($\varepsilon = 1$):

$$\mathrm{Re}_{кр}^{II} = \frac{Ar}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar}} \quad (9.18)$$

мұнда $\mathrm{Re}_{кр}^{II} = \frac{w_{кр}^{II} d_ч \rho_c}{\mu_c}$.

Пішінсіз қатты бөлшектер үшін, диаметрдің $d_{кат}$ орнына эквивалентті диаметр $d_э$ пайдаланады. Пішінсіз қатты бөлшектер

үшін, эквивалентті диаметрді $d_э$ шеңбердің $d_ш$ (V көлемі нақты бөлшектердің көлеміне тең болғанда) шартты диаметрінің пішін факторына φ көбейту арқылы анықтайды:

$$d_э = d_ш \cdot \varphi \tag{9.19}$$

мұнда $d_ш = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$ – шардың шартты диаметрі, м;

$\varphi = \frac{f_ш}{f_ч} = \frac{\pi d_ч^2}{f_ч}$ – фактор пішіні;

$f_ч$ – бөлшектің нақты беті, м^2.

Бөлшектердің нақты бетіне бөлшектердің диаметрі мен $d_ш$ бетінің қатынасы арқылы пішіннің факторын есептеуге болады, сонымен қатар пішіннің факторы әрдайым бірге тең немесе бірден кіші болады.

Бөлшектердің әртүрлі диаметрлерінен тұратын полидисперсті қабат үшін:

$$d_э = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i}{d_i}\right)} \tag{9.20}$$

мұнда n – фракция саны;

$d_i = \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$ – i-дің фракциясының орташа өлшемі, м;

d_{i-1} – електің өткізетін өлшемі, м;

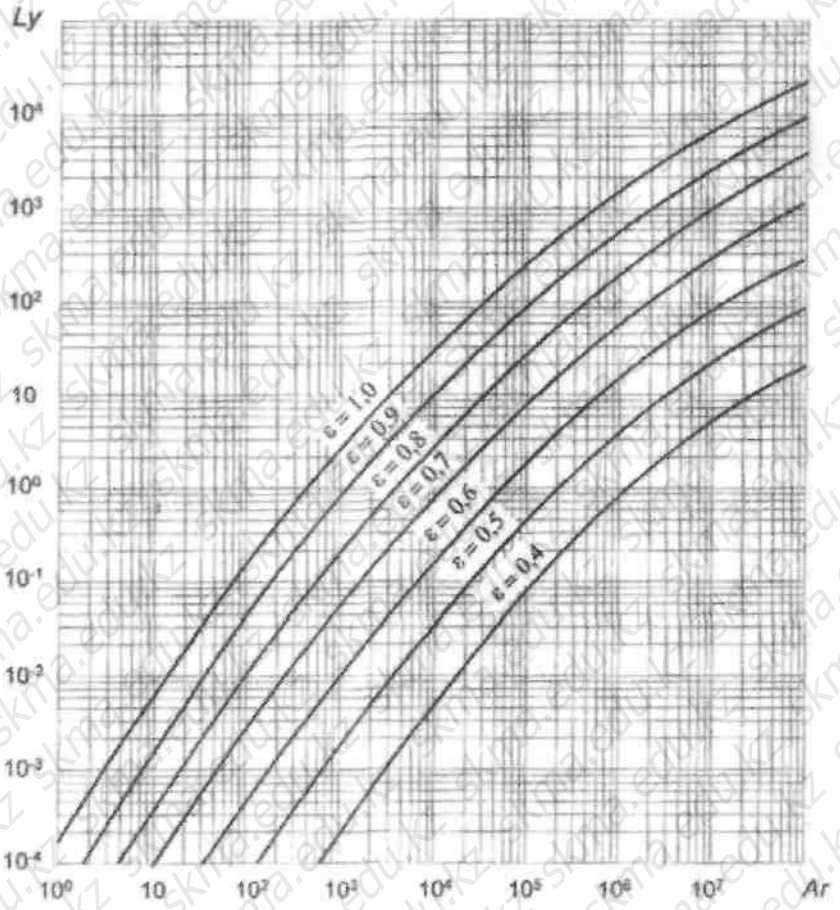
d_i – електің өткізбейтін өлшемі, м;

$x_i = \frac{M_i}{\sum_{\gamma=1}^{n} M_\gamma}$ – i-дің фракциясындағы материалдың массалық үлесі;

M_i – i-дің електегі материалдың массалық үлесі, кг.

Жұмыстың мақсаты

1. Сұйылатын агенттер жылдамдығы арқылы ΔP және ε эксперименталды тәуелділіктерін алу.
2. Эксперименталды мәліметтер бойынша бірінші шектік жылдамдықтың мәнін анықтау.
3. Пішінсіз бөлшектер үшін пішін факторын және қабаттың бөлшектерінің диаметрін немесе эквиваленті диамерді анықтау.
4. Екінші шектік жылдамдығын $Ly = f(Ar)$ тәуелділіктері арқылы анықтау. Оны Тодес теңдігі бойынша есептелген мәнмен салыстыру.
5. Қабаттағы материалдың салмағын есептеу.

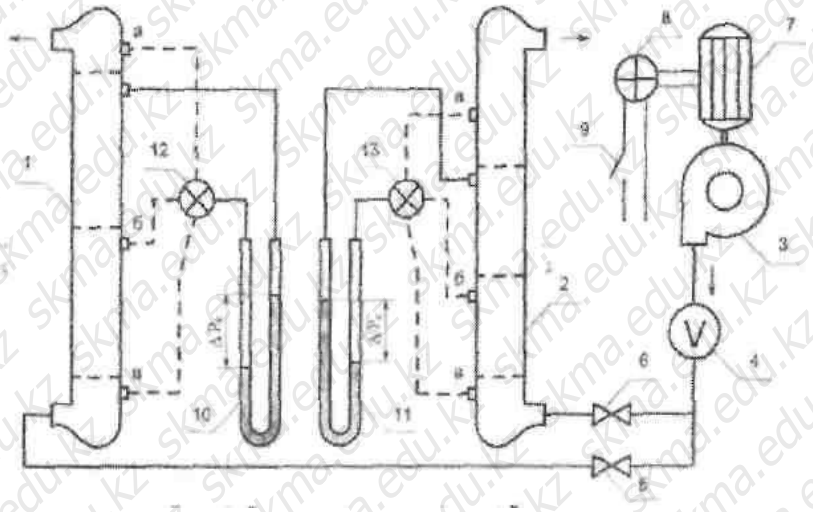


Сурет 9.3. Қабаттың кеуектілігінен ε және *Ar* критериясынан *Ly* критерийінің тәуелділігі.

Эксперименталды қондырғының сипаттамасы

Қондырғы щитта жинақталған екі шынылы цилиндрлі бағаналардан 1 және 2 тұрады. Бағананың әр қайсысында үш металды торлар болады, олар газдышашыратқыш болып табылады. Екі торыда қатты бөлшектер қабатынан тұрады. Сұйылтатын агент (ауа) желдеткіш 3 көмегімен көлемді санап есептеуішке 4 түседі, одан кейін вентилдер 5 және 6 арқылы сәйкесінше не бірінші бағанаға 1 және не екінші бағанаға 2 түседі. Ауаның шығыны элекрқозғалтқышқа 7 жалғанған, кернеулі реттегіштен сөндіргіш 9 арқылы желімен қосылған кернеуді өзгерту жолымен реттеледі. Бағаналар арқылы ауаның қозғалысында пайда болатын, қысымның өзгеруі дифференциалды манометрлер 10 және 11 арқылы өлшенеді. Бұларды айырып-қосқыштар 12 және 13 көмегімен кез-келген нүктеден қосуға болады.

Әр бір бағананың айырып-қосқыштарының үш күйі болады – а, б, в.



Сурет 9.4. Экспериментальды қондығының тәсімі

Жұмысты орындау әдісі

1. Қондырғыны іске қоспай тұрып, алдымен қондырғының жұмысының мазмұнымен танысу керек және оқытушыдан тапсырма алу қажет.

2. Тапсырмаға сәйкес 5 немесе 6 вентилдердің біреуін ашу керек (екіншісі жабық болуы тиіс).

3. Кернеудің реттегіш тұтқасын нөлге келтіріп, ал сөндіргішті 9 «желі» жағдайына қою керек.

4. Бағана арқылы шығындалатын ауаны реттегіш кернеумен белгілеп алып, сәйкес айырып-қосқыш көмегімен рет-ретімен дифманометрдің өзгерісін өлшейді (одан арғы есептеуге арналған теңдеулер 9.1 кестеде келтірілген).

Кесте 9.1

Қосқыштың күйі	Өлшенетін шама
а	$\Delta P_a = \Delta P_p$
б	$\Delta P_б = \Delta P_p + \Delta P_1$
в	$\Delta P_в = 2\Delta P_a + \Delta P_1 + \Delta P_2$

Мұнда ΔP_p – тор арқылы сұйылтатын агенттің қозғалысы кезінде пайда болатын қысымның өзгеруі;

ΔP_1, ΔP_2 – бірінші және екінші қабаттарға сәйкес болатын қысымның өзгерулері;

Тәжірибенің әр қайсысының зерттелетін қатты бөлшектер қабатының биіктігін өлшеу қажет.

Ауаның шығымын санап есептеуіштің көмегімен өлшеу керек. Өлшеу нәтижелерін есептік 3.2 кестеге жазу керек.

5. Ауаның шығымын бірізділік өзгерте отырып, жоғарыда көрсетілген шамаларды өлшеу.

Өлшеулер, желдеткіш қамтамасыз ететін, нөлден бастап едәуір жоғарлаған дейінгі, ауаның жылдамдығының өзгерісінің диапазонын ұстап тұру керек.

Максималды мүмкіндікті дәлдікпен қамтамасыз ететіндей етіп, бірінші шектік жылдамдықты өлшеуді ұйымдастыру керек.

Жұмыс аяқталған кейін кернеудің реттегіш тұтқасын нөлге келтіріп және сөндіргішті 9 «сөндіру» жағдайына қою керек.

Тәжірибе мәліметтерін өңдеу және есепті құрастыру

1. Ауаның жылдамдығын *w*, м/с (9.1) теңдеу бойынша анықтау:

$$w = \frac{V}{f_a} = \frac{V_K - V_H}{\tau} \cdot \frac{4}{\pi \cdot d^2}$$

2. Манометрдің дифференциалды көрсеткішінің өлшем бірлігінің миллиметр сынап бағанасын Паскалға аударып, қатты бөлшектердің қабатының гидравликалық кедергісін ΔP_1 есептеу. Егер кедергілері $\Delta P_p << \Delta P_1$ болса, онда торлардың кедергісін ескермеуге де болады.

3 Әр бір қабаттың мәндері бойынша $\Delta P_1 = f(w)$ тәуелділік графигін тұрғызу. Графиктен жалғансұйылудың критериялық $w'_{кр}$ мәнін анықау.

4 Әр бір қабаттың мәндері бойынша $\varepsilon = f(w)$ тәуелділік графигін тұрғызу және(3.4) теңдеу бойынша кеуектілікті есептеу.

5 Тығыздық пен ауаның динамикалық тұтқырлығының мәндерін келесі теңдеулермен есептеп табуға болады:

$$\rho = \rho_0 \frac{273}{T};$$

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C}\left(\frac{T}{273}\right)^{3/2},$$

мұнда ρ_0 = 1,293 – 0 ^{0}С кезіндегі ауаның тығыздығы, кг/м^3;

μ_0 = 17,3· 10^{-6} – 0^{0}С кезіндегі тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті, Па·с;

$T = 273 + t\ ^0C$ – абсолютті температура, К;

C – Сатерленд тұрақтысы (ауа үшін C = 124).

6. Қабаттағы d_i бөлшектердің орташа диаметрін анықтау. Лященко критериін $w^I_{кр}$ мәндері арқылы анықтау. Сондай-ақ $\rho_ч >> \rho_c$ болғанда, онда (9.15) теңдігіне $\rho_ч - \rho_c \approx \rho_ч$ деп қабылдауға болады. График (сур. 9.3) бойынша ε = 0,4 кезінде Архимедтің критериінің тиісті сәйкес мәнін табу және бөлшектердің диаметрін $d_ч$ анықтау.

7. Белгілі болған $d_ч$ бойынша Тодес теңдігі арқылы $w^I_{кр}$ және $w^{II}_{кр}$ мәндерін табыңыз.

8. (9.14) теңдігі бойынша, әрбір қабаттағы, барлық қатты бөлшектерді анықтаңыз

9. Жұмыстың есебіндегі болу керек болатын мазмұндар: тапсырма; өз ерекшелігімен қондығының тәсімі; есептік кесте (кесте. 9.2.); $\Delta P_1 = f(w)$ қисығы; бөлшектердің орташа диаметрін есептеу; әрбір қабаттағы материалдың салмағын табу; Тодес теңдігі арқылы $w^I_{кр}$ және $w^{II}_{кр}$ мәндерін табу.

Бастапқы мәліметтер

Аппарат диаметрі D = 41· 10^{-3} м.

Материал – тары.

Қатты бөлшектің тығыздығы $\rho_ч$ = 1320 кг/м^3.

Бағаны номері 1.

Жалғансұйылу қабаттың кеуектілігі ε_0 = 0,4

Ауа температурасы t = 19 ^{0}С.

Кесте 9.2

№ п/п	Тәжірибе мәліметтері				Есептеу мәліметтері		
	Көлемді есептегіштің көрсеткіші, м^3 $V_к - V_н$	Көлемді өлшеу мерзімі, с τ	Дифманометр көрсеткіші, мм.сын.бағ. ΔP	Қабаттың биіктігі, м H	Ауаның жылдамдығы, м/с w	Қабаттың гидравликалық кедергісі, Па ΔP	Қабаттың кеуектілігі, ε
1							
2							
3							
4							
5							

Виртуалды зертханалық жұмысты орындау тәртібі

Бұл виртуалды жұмыс қалыптасқан қондырғыға (сур. 9.4) қарағанда, түріршік қабатының биіктігі H = 40 мм болатын, бір ғана торы бар, тек бір цилиндрлі шынылы бағанадан тұрады.

Дифференциалды манометр бір жағынан тордың астында орналасқан «в» нүктесіне сәйкестендіріп (сур. 9.4), ал екінші жағынан бағананың жоғарыдағы «а» нүктесіне сәйкестендіріп (сур. 9.4) жалғанған.

Зертханалық жұмысты электр желісіне қосу үшін қызыл «Қосу» нүктесін басу керек. Осыдан кейін ол жарық болып, әрі қарай басқаруға бағынбайды. Бірақ кернеудің реттегішті басқару нүктесімен бір мезгілде белсендіріледі. Оның көмегімен көрсеткіштерді өзгертуге болады, бұл дегеніміз, желдеткіш қозғалтқышына берілетін энергияны да өзгертуге болады

Бұл үшін бағыттаушыны кернеудің реттегішті басқару нүктесінің тетігін, белсенді қызыл аймағына апарып, тінтеуірдің бірінші нүктесін басып тұрып бір мезгілде оны оңға қарай жылжытады.

Желдеткіштің қозғалтқышына берілетін энергияның мөлшерін, өнделіп шығарылған ауаның шығынын белгілейтін, көлемді санауыштың айналу саны бойынша жорамалдауға болады.

Шығынды дәл бағалау үшін әдетте көлемді санап есептеуіш арқылы 0,03 м^3 ауаның өткен уақытын белгілеп тұрады. Уақытты виртуалды зертханалық жұмыстың құрамына қосылған, виртуалды секундомер көмегімен өлшейді. Кез-келген басқа секундомерді қолдануға болмайды. Виртуалды секундомерді қосу үшін «іске қосу» нүктесін басу керек. Тінтеуірдің сол жақ нүктесімен бағыттағыштың көрсеткішін белсенді аймаққа алып бару арқылы оның көрсеткішін түсіріп алуға болады. Бұдан бөлек жазба тақтаның көмегімен секундомерді басқаруға болады: клавиш «Р» – іске қосу, клавиш «S» – тоқта, клавиша «О» – нөлге келтіру.

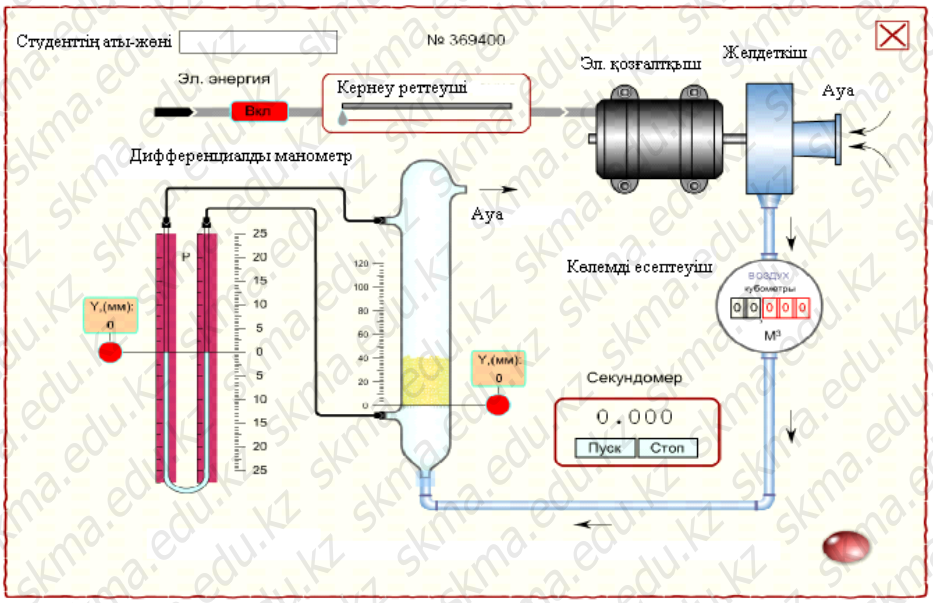
Дәнді қабаттың биіктігін және дифференциалды манометрдегі су бағанасының биіктігін тіктеуірдің сол жақ басқышын басып тұрып бағыттағышты тіктеуірдің бір мезетте жоғары – төмен ауыстырумен және өлшеу сызығына сәйкес келетін белсенді қызыл аймаққа алып бару арқылы жүргізіледі.

Су бағаналарын дәлдікпен өлшеу үшін дифференциалды манометр үлкейтілген масштабта айқындалған. Көлемді санап есептеуіштің штатты жұмыс режимін бұзылуын болдырмау үшін жұмыс барысында кернеу реттегішпен басқару рычагын бірден қозғалтуға болмайды. Керісінше жалғасуйылудың басталу сәтін, манометр көрсекіштеріне сай, дәл айқындау үшін кернеуді баяу және бір қалыпты өзгертуге тура келеді.

Сұйылу процесінің жаңаруының анықтығын жоғарлату үшін қабаттың әрбір бөлшегі өзіндік заңдылықпен (трактириямен) қозғалады. Сондықтан осы виртуалды зертхананың жұмысы кезінде компьютердің бірлік уақытта ақпаратты өңдеу саны өте көп, бұдан компьютердің шапшандығына да қойылатын талап жоғарырақ болады.

Сұйылу процесінің ерікті өздігінен жаңаруы үшін компьютердің процессорының жиілігі 1 ГГц-тен төмен болмау керек. Бұл дегеніміз төмен тактілі жиілікті компьютерде осы жұмысты орындауда кезінде алынған нәтижелер анық болмай шығады.

Бұл жаңарту процесі бірнеше кешеуілдегенін көрсетеді, бірақ бұл кезде виртуалды секундомердің көрсеткіштері ең анық болып қала береді.



5 Әдебиет

негізгі:

1 Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. - 753 с.
3 Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И.Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400– 368 с
4 Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 14-е изд., стер. - М.: Альянс, 2007. С. 576
5 Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для студ. химико-технологических спец. вузов; Допущено Гос. комитетом СССР / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2008.- 496 с
6 Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 760 с.
7 Ешова Ж.Т. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары: Оқу құралы. – Алматы Қазақ университеті, 2007. – 237б.
8 Ақбердиев Ә.С., Ханқожаев Ш.Х., Омарқұлов П.К. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, 2-ші бөлім, Шымкент, 2004 ж.
9 Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
10 J. F. Richardson and J. H. Harker. Chemical Engineering. V2. Fifth edition. Linacre House, Jordan Hill, Oxford: Butterworth – Heinemann, 2002. – 1183 p.

қосымша:

11 Муравьев И. А. Технология лекарств. Изд. 3-е, перераб. и доп. Т. I, М., «Медицина», 1980, 704 с, ил.
12 Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии.3-е изд. - Л.: Химия,.
13 Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
14 Ақбердиев Ә.С., Молдабеков Ш.М. Химиялық технологияның негізгі процестері және аппараттары, 1-ші бөлім, Алматы; 1993 ж.
15 Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. В 5Т. Т1//Под ред. А.М. Кутепова – М.: Логос, 2001

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1 Жалғансұйылу қабаттар үшін сұйылатын агентті сипаттайтын жылдамдықты қалай анықтайды.
2 Жалғансұйылудың бастапқы жылдамдығын эксперименталды мәндер бойынша қалай анықайды.
3 Қабаттағы бөлшектердің орташа диаметрін қалай есептейді.
4 Кеуектілік дегеніміз не? Сұйылатын агенттің жылдамдығымен қабатың кеуектілігінің арасындағы байланыс қандай сипатта болады.
5 Жалғансұйылудың бастапқы жылдамдығы мен ұшырып кету жылдамдығы неге тәуелді.
6 Сұйылатын агенттің жылдамдығының жоғарлауымен неліктен қозғалмайтын қабаттың гидравликалық кедергісі өседі, ал жалғансұйылу тұрақтылығын сақтайды.
7 Пішінсіз бөлшектер үшін эквивалентті диаметрді қалай есептейді.
8 Тәуелділік қисығын қалай пайдаланады?
9 Қозғалыссыз қабаттың салмағы белгілі болған кездегі жалғансұйылу қабаттың гидравликалық кедергісін қалай анықталады?

Тестік тапсырмалар

1. Түйіршікті материалдарды жалғансұйылуы оның бөлшектері бір біріне салыстырмалы түрде ... энергияны жіберу есебінен тасымалдануымен сипатталады.
| экстрактордың
| сұйылтатын агентпен
| жылуалмасу аппараттың
| центрифуганың
| ысыушы агенттің

2. Сұйылтатын агенттің түйіршікті материалдар арқылы ... жылдамдықпен өрлейтін қозғалыс кезінде жалғансұйылу қабаты түзіледі.
| екіншілік критикалықтан жоғары
| дыбыс жылдамдығынан жоғары
| біріншілік критикалықтан жоғары
| ұшырып әкету жылдамдығынан жоғары
| біріншілік критикалықтан төмен

3. Жалғансұйылудың артықшылығын көрсетіңіз
| Қатты фазаның қарқынды араласуы
| Жалғансұйылу қабаттың аққыштығы
| Жалғансұйылу қабатта бөлшектердің қарқынды үгітілуі
| Сұйылтатын агентпен бөлшектердің ұшуы
| Қабаттағы бөлшектердің әркелкі тасымалдануы

4. Жалғансұйылудың кемшілігін көрсетіңіз
| Қатты фазаның қарқынды араласуы
| Жалғансұйылу қабатта бөлшектердің қарқынды үгітілуі
| өнімділігі төмен
| Сұйылтатын агентің қозғалыс жыдамдығы жоғары
| Жалғансұйылу қабаттың аққыштығы

5. Жалғансұйылудың санын көрсетіңіз
| Ақиқат жылдамдыққа жұмысшы жылдамдықтың қатынасы
| Жалғансұйылудың бастапқы жылдамдығына жұмысшы жылдамдықтың қатынасы
| Жалғансұйылудың бастапқы жылдамдығы мен бөлшектердің ұшыру жылдамдығы арасындағы айырмасы
| Бөлшектердің ұшыру жылдамдығына жұмысшы жылдамдықтың қатынасы
| Екіншілік критикалық жылдамдығына жұмысшы жылдамдықтың қатынасы

6.Қабат бірлігі көлемінде бөлшектер арасындағы бос көлемнің атауы ... болып табылады.
|меншікті бет
|қабат кеуектілігі
|еркін бет
|біртекті емес қабат
|жалған сұйылған қабат

7.Сұйықтың көлемдік шығынының қабаттың көлденең қимасының барлық ауданына қатынасы...деп аталады.
|пневмотасымалдау жылдамдығы
|бұрқақтану жылдамдығы
|жалған жылдамдық

|жалған сұйылу жылдамдығы
|еркін жылдамдық
8.Қабаттың қозғалыссыз күйі бұзылып, ол қозғала басталу жылдамдығы...деп аталады.
|жалған жылдамдық
|пневмотасымалдау жылдамдығы
|бұрқақтану жылдамдығы
|еркін жылдамдық
|жалған сұйылу жылдамдығы
9.Қабат бұзылып, оның бөлшектері сұйық немесе газ ағынымен түгелдей қосыла аға бастау жылдамдығы ... болып табылады.
|жалған сұйылу жылдамдығы
|жалған жылдамдық
|пневмотасымалдау жылдамдығы
|бұрқақтану жылдамдығы
|еркін жылдамдық
10.Тәжірибе нәтижелерін ғылыми қорытындылау әдісі туралы білім саласы...деп аталады.
|гидродинамика теориясы
|өлшемдер туралы ғылым
|ықтималдық теориясы
|тұрақты шамалар туралы ғылым
|ұқсастық теориясы

8-тақырып: Қатты бөлшектердің гравитация күштері әсерімен сұйықта тұнуы

Мақсаты: Қатты бөлшектердің диаметріне, олардың пішініне және бөлшектердің және сұйықтың физикалық қасиеттеріне байланысты, сұйықтардағы қатты бөлшектердің тұну жылдамдығын анықтау; әртүрлі тұндыру режимдері үшін $Re = C\,Ar^n$ және $Ly = f(Ar)$ эксперименталды байланыстылықтарын тұрғызу.

Оқыту мақсаты:

Студент білуге тиіс:

- Әртекті жүйелердің жіктелуін;
- Әртекті жүйелерді ажырату әдістерін;
- Ажырату процестердің материалдық балансын;
- Тұндыру процесі жөнінде жалпы түсінік;

Студент істей алуға тиіс:

- Тұндыру процесінің материалдық балансын түзе білу;
- Мөлдірлеген сұйықтың көлемін анықтай алу;
- Қатты бөлшектердің тұну жылдамдығын анықтай алу;
- Тұну бетінің ауданын анықтай алу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

1. Қатты бөлшектердің тұнуының режимдері.
2. Тұндырылатын бөлшектерге әсер ететін күштер.
3. Сфералық және сфералық емес бөлшектерді тұндыру.

4. Қатты бөлшектерді қысымда тұндыру.
5. Бөлшектердің тұну жылдамдығын немесе бөлшектердің өлшемдерін есептеу әдісі.

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер қатты бөлшектердің тұндыру процесін меңгеруі керек.

Зертханалық қондырғыда:

1. Әртүрлі сұйықтарда қатты бөлшектердің тұну жылдамдығын, эксперимент жүзінде анықтау.
2. Әртүрлі тұндыру режимдері үшін Re = C Ar^n және Ly = f(Ar) эксперименталды байланыстылықтарын тұрғызу.
3. C және n коэффициенттерді анықтау.
4. Алынған мәліметтерді алдында белгілі болған есептеу теңдеулерімен салыстыру.

Теориялық мәліметтер.

Газда немесе сұйықтықта ұсақдисперсті қатты бөлшектерді тұндыру жағдайда гидравликалық және пневмаикалық классификациялау кезінде бақыланатын, газды тазалау және суспензияны ажырату процестің негізгі сипатамасы болып тұну жылдамдығы $w_{тұну}$ табылады.

Ауырлық күштер астында тұну жылдамдығын анықтау үшін жалпы барлық режимдерге тән байланыстылықты пайдалануға болады:

$$w_{ос} = \sqrt{\frac{4}{3}\frac{d_т(\rho_т-\rho)g}{\xi\rho}} \qquad (11.1)$$

Қатты бөлшектердің эксперименталды тұндырудың үш режимі және сәйкесінше Рейнольдс санына байланысты бөлшектің кедергі коэффициенті ζ бекілтілді

Бірінші аймақта, тұнудың ламинарлық аймағы, $Re_{ос}$< 2 кезінде:

$$\zeta = 24/Re_{тұну} \qquad (11.2)$$

Екінші (жиі ауыспалы деп аталатын) аймақта 2 <$Re_{тұну}$< 500 өзгеру аралығында:

$$\zeta = 18{,}5\ Re_{тұну}^{0{,}6} \qquad (11.3)$$

Үшінші аймақта, дамыған турбуленттік аймақта, 500 <$Re_{тұну}$< 20 000 өзгеру аралығында:

$$\zeta \approx 0{,}44. \qquad (11.4)$$

(11.1)–(11.4) теңдеу байланыстылықтары жалғызілікті тұндырылатын диаметрі $d_{қатты}$ шартәріздес бөлшектер үшін тән.

Ламинарлық тұну кезінде ($Re_{ос}$<2) шартәріздес жалғызілікті бөлшектер үшін ($d_{қатты}$<0,1 мм, ұсақ бөлшектердің біркелкі қозғалысын ескере отырып) тұну жылдамдығын теңдеу бойынша есептейді:

$$w_{ос.сф} = \frac{d_т^2(\rho_т-\rho)g}{18\mu} \qquad (11.5)$$

Бұл байланыстылық Стокс теңдеуі деп аталады. Гидродинамикалық аймақ үшін Рейнольдс саны 10^{-4}<$Re_{ос}$<2 тән келеді.

Егер бөлшектер пішінсіз болса, онда Если частицы имеют несферическую форму, онда $w_{тұну}$ есептеу үшін (11.5) байланыстылықты пайдалануға болмайды.

Жалпы жағдайда критериалды байланыстылықты пайдалуға болады:

$$Re = f(Ar, \zeta), \qquad (11.6)$$

Мұнда Ar –Архимед критерийі:

$$Ar = \frac{d_т^3\rho(\rho_т-\rho)g}{18\mu} \qquad (11.7)$$

(11.2) байланыстылықты (11.5) теңдеуді ескере отырып, мына түрге келтіреміз:

$$Re = Ar/18. \qquad (11.8)$$

Бұл жерде Архимед санының критикалық мәні, ламинарлық режимнің шектеулігі, Ar≤ 36 болады.

Ауыспалы аймақта (11.6) байланыстылықты мына түрге келтіреміз:

$$Re = 0{,}152Ar^{0{,}175} \qquad (11.9)$$

Ауыспалы аймақта тұндыру Архимед критерийдің 36 <Ar< $8{,}3\cdot10^4$ аралығында өзгерісімен шектеледі.

Дамыған турбулентті тұну кезінде:

$$Re = 1{,}74\ Ar^{0{,}5} \qquad (11.10)$$

Тұну жылдамдығы берілгенде немесе белгілі болған жағдайда, тұнатын бөлшектердің диаметрін есептеу үшін Ly=f (Ar) (сур. 11.1) графикалық тәуелділікті пайдалану оңтайлы,

мұнда Лященко критериі тең болады:

$$Ly = \frac{Re^n}{Ar} = \frac{w_{ос}^3\rho^2}{\mu(\rho_т-\rho)g}. \qquad (11.11)$$

Ly = *f* (Ar) графикалық тәуелділікте кедергі коэффициенті ζ ескерілмейді, мұнда шартәрізді емес (әдетте фармацевтикалық технологияда өнделетін) бөлшектер, олардың пішініне (дөңгелек, бұрышты, пластиналы және тағы басқаға) байланысты болады.

Кез келген тұну режимінде тұну жылдамдығын $w_{тұну}$, $d_{қатты}$ белгілі болған кезде, сурете келтірілген қисықпен жуықтап табуға болады. Қисық бойынша табылған тұну жылдамдығы, шектелмеген кеңістікте еркін тұнатын бөлшектер үшін тәжірибелік мәліметтермен тура сәйкес келеді. Пішінсіз бөлшектер үшін тұну жылдамдығы әдетте төмендеу, сол себептен шартәріздес бөлшектер үшін анықталатын жылдамдықты, пішіндік түзету коэффициентіне ψ көбейту (сәйкестік қисықтар болмаған жағдайда) қажет:

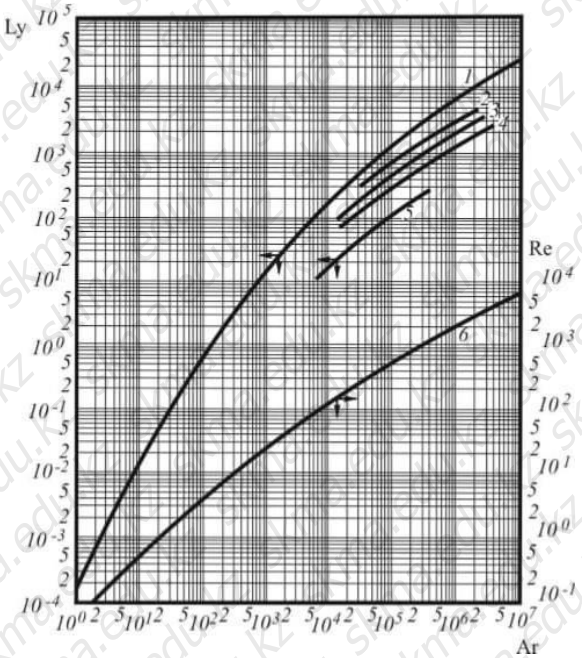
$$w_{ос} = \psi w_{тұну.шар\ тірізді.} \qquad (11.12)$$

Бірқатар геометриялық денелер (h – биіктік; r – радиус) үшін пішін ψ факторының мәнін (коэффициентті) келтіреміз:

Бөлшектердің пішіні ψ

Шаршы 0,806 Цилиндр (h = 10r) 0,691 Цилиндр
(h = 3r) 0,860 Цилиндр (h = 20r) 0,580

Қысылған қозғалыстың жылдамдығын есептеу кезінде Стокс теңдеуіне, суспензияның концентрациясының және оның реологиялық қасиеттерінің әсерін ескеретін, түзету көбейткішті енгізеді.



1 және 6 – шартәріздес бөлшектер; 2 - дөңгелек; 3 – бұрышты; 4 – сопақша; 5 – пластинкалы.
11.1 сурет. Қозғалыссыз ортада шартәріздес бөлшектерді тұндыру үшін Re және Ly мәндерінің Ar мәніне байланыстылығы.

Қондырғының сипатамасы

Қондырғы үш шыны цилиндрден тұрады ($d_ц \geq 50$мм), әралуан сұйықтықтармен толтырылған. Әрбір цилиндрдің жоғарғы және төменгі бөлігі таңбаланған, ол арақашықтықты айқындайды, мұнда тұндыру процесі кезінде бөлшектер өтеді. Секундомер арқылы қойылған таңбалар арасындағы арақашықтықта бөлшектердің өту уақытын өлшей отырып, бөлшектің тұну жылдамдығын анықтауға болады.

Сұйықтықта бөлшектің тым шапшаң қозғалысына бастапқы аймағында әсерін болдырмау мақсатында, жоғарғы бөлігінде қойылытын таңба, сұйықтық бетінің деңгейіннен 30–40 мм төменірек орналасады.

Жұмысты орындау тәртібі

Белгілі немесе өлшенген диаметрлі (немесе қажетті геометриялық өлшемді) шар тәріздес және пішінсіз бөлшектерді сұйықтың беті арқылы ыдысқа енгізеді және ақырын сұйықтыққа салады. Таңбалар арасында бөлшектердің өту уақытын секундомермен белгілейді. Әрбір өлшемді қайталайды. Есептік кестеге сынаулардың нәтижелерін енгізеді (кесте 11.1)

Кесте 11.1. Қатты бөлшектердің тұнуы кезіндегі өлшеу және есептеу нәтижелері

№ сынама	№ өлшеу	Бөлшектер: Материал, пішіні	$d_т$, мм	$\rho_т$, кг/м^3	V, м^3	Сұйықтық: аталуы	t, °C	ρ, кг/м^3	μ, Па·с	Бөлшектің тұну уақыты τ, с	Тұну жылдамдығы: тәжірибелік, $w_{ос}$	Сф.есептеу, $w_{ос.сф}$	Re	Ar	Ly	ψ

Re, Ar және Ly критерийлерді есептеу кезінде бөлшектің тұну жылдамдықтарының және диаметрінің $d_{қатты}$ орта мәнін пайданады. Бөлшектің тұну жылдамдықтарының $w_{тұну}$ анықтау кезінде кем дегенде 5 тәжірибе жасайды, әр қайсысында 3–4 өлшем жасалады.

Егер бөлшек тұну процесінде цилиндрдің қабырғасына тиетін болса немесе тұндырылған бөлшекке ауа көпіршігі жабысқан болса, мұндай тәжірибенін нәтижесін есептемейді және тәжірибені қайталайды.

Эксперименталды мәліметтер негізінде:

1) Әрбір өлшемде тұндыру жылдамдығын есептейді;

2) Әрбір тәжірибе үшін Re, Ar және Ly критерийлер мәнін анықтайды;

3) Эксперименталдық $Re = C\ Ar^n$ тәуелділікті тұрғызады және C және n коэффициенттерді анықтайды, алынған тәуелділікті есептеу теңдеулерімен салыстырады (11.8)–(11.10);

4) Эксперименталдық мәліметтерді Ly = f (Ar) қисығына ендіреді;

5) Берілген дөңгелек емес бөлшектер үшін Ly = f (Ar) тәуелділіктер және белгілі тұндыру жылдамдықтар көмегімен пішін факторын есептейді және жоғарыда келтірілген мәліметтермен салыстырады.

5 Әдебиет

негізгі:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. – Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процестері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, Ғ. М. Жуманазарова. – ҚР БҒМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

қосымша:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек

жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындықова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Тұндырылатын бөлшекке қандай күштер әсер етеді?
2. Тұнатын бөлшектер үшін Рейнольдстің санына қандай физикалық шамаларды жатқызады?
3. Тұнудың белгілі режимдері қандай?
4. Пішінсіз бөлшектер үшін тұну жылдамдықтарын қалай анықтайды?
5. Бөлшектің диаметрін қалай анықтайды, егер олардың тұну жылдамдығы белгілі болатын болса?
6. Пішінсіз тұнатын бөлшектер Ly = f (Ar) байланыстылығына қалай әсер етеді?
7. Тұнудің кез келген режимдері үшін қандай қисық байланыстылықпен $w_{тұну}$ немесе $d_{қатты}$ жуықтап шығаруға болады?
8. $\omega_{тұну}$ есептеу кезінде қандай сығылу қозғалысты ескеруге болады?
9. Тұндырғыштағы тұну ауданын қалай есептеуге болады?

Тестік тапсырмалар

1. Бөлшектердің тұнуы кезінде өзара үйкелуі және соқтығысулары байқалатын тұну процесі ... болып табылады.
| еркін тұну
| сығылысқан тұну
| қосарланған тұну
| жекелеген тұну
| ұжымдық тұну

2. Тұндырғыштың өнімділігі ... болып табылады.
| $V_{осв} = w_{ст} \tau$
| $V_{осв} = w_{ст} F \tau$
| $V_{осв} = w_{ст} F$
| $V_{осв} = w_{ст} F \tau / h$
| $V_{осв} = F h / w_{ст}$

3. Тұну беті ... болып табылады.
| $F = V_{осв} \tau$
| $F = V_{осв} / w_{ст}$
| $F = V_{осв} F \tau$
| $F = V_{осв} h / (w_{ст} \tau)$
| $F = V_{осв} h$

4. Еркін тұну жылдамдығының теңдеуі ... болып табылады.
| $w = P / \mu (R_{ос} + R_{фп})$
| $w = dV/Sd\tau$
| $w = 2\pi nr/60$
| $w = \pi dn$
| $w = d^2g(\rho_т - \rho)/18\mu$

5. Тұндырғыштың тұндыру беті ... болып табылады.
| $F = Q/K \Delta t_{ПОЛ}$
| $F = Q/K \Delta t_{СР}$
| $F = V_{ОСВ}/w_{СТ}$
| $F = M/K_Y \Delta Y_{СР}$
| $F = G/\rho w$

6. Ауырлық күшпен ортаның кедергі күшінің арасындабайланыстылық ... шартында ауырлық күш әсерінің астында тұндыру жүзеге асырылады.
|G = R
|G<R
|G>R
|3G = R
|G ≤ R

7. Ауырлық күштер астында сұйықтықтардағы қатты бөлшектердің тұнуын қарастырамыз. Ортаның кедергі күшін көрсетіңіз.

$$G = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_T - \rho_ж)$$

$$\omega_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_T - \rho_ж)}{3\zeta\rho}}$$

$$\Delta P_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\rho\omega^2}{2g}$$

$$R = \zeta \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho\omega^2}{2}$$

$$h_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\omega^2}{2g}$$

8. Ауырлық күштер астында сұйықтықтардағы қатты бөлшектердің тұнуын қарастырамыз. Шартәрізді бөлшектің күшін көрсетіңіз.

$$R = \zeta \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho\omega^2}{2}$$

$$\omega_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_T - \rho_ж)}{3\zeta\rho}}$$

$$G = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_T - \rho_ж)$$

$$\Delta P_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\rho\omega^2}{2g}$$

$$h_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\omega^2}{2g}$$

9. Ауырлық күштер астында сұйықтықтардағы қатты бөлшектердің тұнуын қарастырамыз. Бөлшектердің тұну жылдамдығын көрсетіңіз.

$$G = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_T - \rho_ж)$$

$$R = \zeta \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho\omega^2}{2}$$

$$\Delta P_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\rho\omega^2}{2g}$$

$$h_n = \left(\lambda \frac{l}{dz} + \sum \zeta_{м.с.}\right) \frac{\omega^2}{2g}$$

$$w_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_T - \rho_ж)}{3\zeta\rho}}$$

10. Аспалы бөлшектердің жылдамдығы $\omega = м$

0,002 _

көлемдік сағаттық өнімділігін анықтау керек.

болған кездегі $F = 1,5\,м^2$ ауданды тұндырғыштың

$V_{осв} = 3,0\,\frac{м^3}{час}$

$$|V_{осв} = 6,0 \frac{м^3}{час}$$

$$|V_{осв} = 8,6 \frac{м^3}{час}$$

$$|V_{осв} = 10,8 \frac{м^3}{час}$$

$$|V_{осв} = 12,5 \frac{м^3}{час}$$

9-тақырып: Центрифуга

Мақсаты: Ценрифугалау әдісімен суспензияны ажыратудың теориялық негіздерімен, тұндырғыш центрифуганың жұмыс істеу принципімен және конструкциясымен танысу, режимдік көрсеткіштердің (ротордың айналу саны, процестің ұзақтығы) суспензияны ажырату дәрежесіне әсерін зерделеу.

Оқыту мақсаты:

Студент білуге тиіс:

- Ценрифугалау әдістері;
- Орадан тепкіш күштер және ажырату факоры;
- Ценрифугалау құрылғысы;

Студент істей алуға тиіс:

- Орадан тепкіш күштерді анықтай алу;
- Ауырлық күштерді анықтай алу;
- Ротордың айналу жылдамдығын анықтай алу;
- Ажырату факорын анықтай алу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

1. Ортадан тепкіш күш өрісінде әртекті сұйық жүйелерді ажырату.
2. Зертханалық ценрифуганың конструкциясын және жұмыс жасау принципі.
3. Режимдік көрсеткіштердің (ротордың айналу саны, процестің ұзақтығы) суспензияны ажырату дәрежесіне әсерін зерделеу.

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер суспензияны ажыратудың теориялық негіздерімен танысуы керек. Зертханалық қондырғыда:

1. Зертханалық ценрифуганың конструкциясын және жұмыс жасау принципін меңгеруі тиіс.
2. Зертханалық ценрифугада суспехияны ажыратуды эксперименалды жүргізе алуы тиіс.
3. Ылғал тұнбаның көлемін анықтау және ажырату факторын есептеу керек.
4. Тұнбаның нығыздалу дәрежесін анықтау керек.
5. Ротордың әралуан айналудың саны кезінде ылғал тұнба көлем өзгерісінің центрифугалау ұзақтығына Voc = f(τ) байланыстылық қисығын тұрғызу керек.
6. Тұнбаның нығыздалу дәрежесінің ажырату факторына байланыстылық қисығын тұрғызу керек.

$$\Delta = f(Kp)$$

Теориялық мәліметтер.

Әртекті жүйелерді (эмульсия және суспензия) механикалық сусыздандыруды вакуум-сүзгіде (барабанды, дискілі ленталы), бетті сүзгіде, сүзгі-престе, центрифугаларда және вибросүзгіде жүргізеді.

Сұйықтарға арналған тұтастық немесе өткізгіштік қалқанды пайдалана отырып, центрифугалау күш өрісінде әртекті жүйелерді ажырату процесті центрифугалау астында ажырату деп атайды.

Центрифугалау процесін центрифуга деп аталатын машиналарда өткізеді.

Центрифуганың өзі тұтасқан немесе шеттері қырлы қабырғалы қарапайым түрдегі тік цилиндрлік ротор болып табылады. Ротор тік білікке бекітіледі, мұнда ол электркозғалтқыштың айналуына жалғанған, және қозғалмайтын қаптамалы цилиндрдің өзінде орналастырады, алынбалы қақпақпен жабылады; ротордың ішкі бетінде шеткерілген қабырғаларда сүзгіш мата немесе жұқа металдық торлар болады.

Ортадан тепкіш күш әсері астында суспензияны тұнбаға және фугат деп аталатын, сұйық фазаға ажыратылады. Тұнба роторда қалады, ал сұйық фаза одан бөлініп шығады.

Тұндырғыш ценрифугаларда тұндыру принципі бойынша тұтасқан қабырғалармен эмульсия және суспензияны ажыратуды жүргізеді, бұл жерде ауырлық күш әсерін орнына ортадан тепкіш күштер әсерімен алмастырады.

Сүзгі ценрифугаларда сүзу прниципі бойынша суспензияны ажырату процесін өткізгіштік қабырғалармен жүзеге

асырады, бұл жерде қысымдар айырмасының орнына ортадан тепкіш күш астында әсерін пайдаланады.

Тұндырғыш ценрифугаларда ажыратылатын суспензия немесе эмульсия, ортадан тепкіш күшпен ротордың қабырғасына лақтырылып тасталады, сонымен бірге жоғары тығыздықтағы сұйық немесе қатты фаза ротор қабырғасына жақын жиналады, ал оның осіне төмен тығыздықтағы басқа фаза орналасады; ротордың қабырғасында тұнба (немесе жоғары тығыздықтағы фаза) қабаты түзіледі, ал фугат ротордың жоғарғы шеті арқылы құйылады.

Сүзгі центрифугада ажыратылатын суспензия, тура солай ротор қабырғасына лақтырылады және фазалар бөлінеді; бұл жерде сұйық фаза сүзгі бөгеттер арқылы қаптамаға өтеді және ол жер алып шығарылады, қатты фаза тұнба түрінде осы бөгеттің ішкі жағында ұсталынып қалады, содан кейін ротордан алынып тасталады.

Осылайша, центрифугалаудың жалпы заңдылықтары тұну және сүзу заңдылықтарына ұқсас келеді. Сонымен бірге тұндырғыш және сүзгі ценрифугалардағы процестері күрделілеу болады сәйкесті тұндырғыш және сүзгідегі процестерге қарағанда.

Бұл центрифугада ауырлық күштердің орнына және қысымдар айырмасына жоғары мәнге жететін ортадан тепкіш күш әсер етумен негізделеді, ал сұйықтардың және тұнбаның жұқа қабаттарының орнына цилиндрлік шекаралық бетті қабат түзіледі, бұл процестің жүруі геометриялық факторларға байланыстылығы қиындатады.

Белгілі болғандай, жалпы жағдайда ортадан тепкіш күш шамасы мына теңдікпен өрнектеледі

$$C = \frac{mw^2}{r} = \frac{Gw^2}{gr} \qquad (1)$$

мұнда C – ортадан тепкіш күш, м; m – айналатын дененің массасы, кг; G – айналатын дененің салмағы; w – айналудың айналма жылдамдығы, м/сек; r – айналу радиусы, м.

Айналма жылдамдығы келесі теңдікпен анықталады:

$$w = \omega r = \frac{2\pi n}{60} r \qquad (2)$$

Мұнда ω - айналудың бұрыштық жылдамдығы, рад/сек; n – минутына айналу сандары.

(1), (2), теңдеулерді теңестірсек аламыз:

$$C = \frac{G}{rg}\left(\frac{2\pi n}{60} r\right)^2 \qquad (3)$$

немесе $$C \approx \frac{Grn^2}{900} \qquad (4)$$

(2) теңдеуден көретініміз, ортадан тепкіш күштің артуына ротордың айналу санын арттыру, маңызды көп әсер етеді, центрифуга роторының диаметрін көбейтуге қарағанда

(3) теңдеуден байқайтынымыз, ортадан тепкіш өрісте үдеуі w^2 / r құрайды. Ортадантепкіш үдеуінің ауырлық күш үдеуіне g қатынасын ажырату факторы деп атайды.

$$K_p = \frac{w^2}{gr} \qquad (5)$$

$G = 1н$ шамасын қабылдаймыз, (2, 3, 4) қатынасынан алатынымыз:

$$K_p = \frac{rn^2}{900} \qquad (6)$$

Центрифугадағы бөлшектердің тұну жылдамдығы, кедергі күштер және ортадан тепкіш күштердің теңдеуі арқылы анықталады.

Стокс заңының Re<2 кезіндегі аумағында өте майда бөлшектер үшін тұну жылдамдығы:

$$W_{oc} = W_o \cdot K_p \qquad (7)$$

Мұнда W_o – ауырлық күштер әсері астында осы бөлшектердің тұну жылдамдығы.

Ауыспалы аумақта (Re=2 ÷ 500):

$$W_{oc} = W_o \cdot K_p \cdot 0{,}715 \qquad (8)$$

Автомодельді аумақта (Re> 500)

$$W_{oc} = W_o \cdot K_p \cdot 0{,}5 \qquad (9)$$

Керекті тұндыру беті, тұндыру жылдамдығына кері пропорционал, егер центрифугадағы тұну бетінің тұндырғыш бетімен теңдей өнімділік кезінде Стокс заңының аумағында Кр рет, ауыспалы аумақта Кр · 0,715 рет және автомодельді аумақта Кр · 0,5 рет төмен.

Центрифугалау қондырғысы

Ажырату фактордың мәні бойынша шартты түрде екі топқа бөлуге болады: қалыпты жағдайлы центрифугалау (Кр<3500) және асацентрифугалау (Кр>3500).

Қалыпты жағдайлы центрифугалалау басты түрде әртүрлі суспензияларды ажырату үшін қолданады, қатты фазаның өте

аз мөлшеріндегі концентрациялық суспензияны есепке алмағанда, сонымен бірге жеке дара материалдардан ылғалдың бөлініп шығару үшін қолданады.

Асацентрифугалау эмулсияны және жіңішкедисперсті суспензияны ажырату үшін қызмет етеді.

Қалыпты жағдайлы центрифугалар тұндыратын және сүзетін болып екеге бөлінеді. Аса ценрифугалар тұндырғыш типті аппараттар болып табылады және олар бөлінеді, құбырлы ценрифугалау, жіңішкедисперсті суспензиялар үшін қолданады және сұйықтықты сепараторлар, эмульсияны ажырату үшін қызмет етеді

Ценрифуга типтердің ең маңызды нышаны, тұнбаны олардан түсіріп шығару болып табылады. Тұнбаны түсіру қолмен, пышақтар немесе қырғыштар көмегі арқылы, шнектер және поршендер қайымды-ілгерлемелі (пульсациялық) қозғалатын, сонымен бірге ауырлық күшер және орадантепкіш күштер әсерлері астыда жүргізеледі.

Айналатын остің орналасуына байланысты тік, иілген және көлбеу ценрифугалар деп бөледі Тік центрифугалардың роторының білігі астында тірек болады немесе жоғарыдан ілінеді.

Ценрифуга процесінің ұйымдастыруына байланысты мерзімді және үздіксіз қозғалатын деп екіге бөледі.

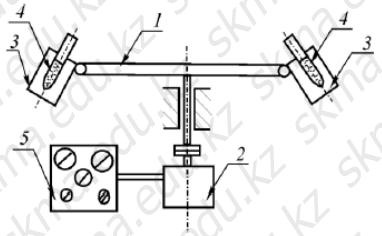
Экспериментальды қондырғысының сипатамасы

Қондырғы (сур.1) ротордан (1), электркозғалтқыштан (2), жұмысшы кюветтен (3), зерттелетін жүйелі пробиркадан (4) және басқару пультten (5) тұрады.

Центрифуга жетегін авоматты қосу үшін басқару пультінде сағаттық механизм, ротордың айналу санын бақылау үшін тахометр, ротордың айналу санын пакетті қосу және электромагнитті тормозды нүктесі құрастырылған.

Зертханалық СМ-6МТ медициналық ценрифуга, 3500 айн/мин айналу жиілікті тасымалдаушы болып табылады, 2 г/см^3 дейін тығыздықтағы әртекті сұйық жүйелерді ортадан тепкіш өрісінде ажырату үшін тағайындалған. Ол медицина саласында және басқа да салаларда зерттеу үшін бағытталған.

Центрифуганың роторының айналу жиілігі 100-ден 3500 айн/мин-қа дейін диапазонда әрбір 100 айн/мин сайын сатылы реттеледі.



1 – ротор; 2 – электркозғалқыш; 3 – жұмысшы кювет; 4 – пробиркалау; 5 – басқару пульті
Сурет 1. Зертханалық қондырғы тәсімі.

Центрифуганы жұмысқа дайындау

1. Айнымалы токтың желісіне центрифугалау желісін қосу. 2. Центрифугалау қақпаған жабыңыз.

3. Центрифугалаудың керек мерзімін уақыттты (әрі қарай – сағат) есептегіш механизмін белгілейтін нүктесін орнату.

4. Ротордың айналу жиілігімен белгілеген айналу санын орнату.

5. «Бастау» нүктесіне басыңыз. Ротор айнала бастайды және автоматты түрде белгіленген айналу жиілікке жеткізеді.

6. Белгілеген уақыт өткеннен кейін автоматты түрде элекркозғалтқыштардың қоректену кернеуі автоматты түрде өшіріледі, және ротор тоқтай бастайды.

7. Қоректену тізбекті қосқышты өшіру орын жайына орнату.

8. Ротордың толықтай тоқтауынан кейін центрифуганың қақпағы ашылады, ротордың қақпағын шешіп алады және пробирканы шағарады.

9. Центрифугалауды жалғастыру үшін пробиркадағы ценрифугатты шайқайды және процесті қайталайды.

Жұмысты жасау тәртібі

1. Екі пробиркаға 10 мл-ден зерттелетін суспензияны құяды.

2. Пробирканы ценрифуганың роторының стаканының айналу осіне салыстырмалы симмериялы центрифугаға орнатады.

3. «Желі» нүктесін басып ценрифуганы қосыңыз.

4. Центрифуганың қақпағын жабыңыз.

5. Центрифугадағы айналу жиіліктерді сәйкесінше нүктелердің көмегі арқылы орнатыңыз (нұсқалар - 300, 700, 1000, 1300, 1700 айн/мин, және уақыты (0 -ден 10мин-ке дейін әрбір 1 мин сайын).

6. Өшірілуі белгіленген аралықта авоматты режимде жүреді.

7. Радиус центрифугалау радиусын r өлшеңіз, бұл, ценрифуганың ортасынан тұнбаның қабытына дейінгі ара қашықтық.

8. Центрифугадан кез келген пробирканы алыңыз және линейканың көмегңмен фугаттың биіктігін өлшеңіз, содан кейін қолмен, ауыз жағын бас саусақпен қатты ұстап тұрып қарқынды шайқаңыз және орнына қайтадан салып қойыңыз. Алынған өлшемдердің нәтижелерін 1 кестеге толтырыңыз. Кейінгі пробиркалармен де дәл сол процесті қайталауға және әрі қарай жалғастыруға болады.

9. Тәжірибені әртүрлі жиілікте және процестің ұзақтығында қайталайды.
10. Ылғал тұнбаның көлемін теңдеуден анықтаңыз:

$$V_{oc} = V_c - V_ф$$

мұнда V_c –суспензия көлемі, мм^3; $V_ф$ –фугаттың көлемі, мм^3.

$$V_ф = h(\pi d^2/4)$$

мұнда h –фугат қабатының биікігі, мм; d –пробирканың диаметрі, мм.
10. Ажырату факорды (6) теңдеумен анықтаңыз.
11. Тұнбаны нығыздалу дәрежесін анықтаңыз:

$$\Delta = V_т'/ V_{тұнба}$$

мұнда $V_т'$– бастапқы тұнба көлемі, мм^3; $V_{тұнба}$ – әр уақыт сәтіндегі тұнба көлемі, мм^3.
12. Ротордың әралуан айналудың саны кезінде ылғал тұнба көлем өзгерісінің центрифугалау ұзақтығына Voc = f(τ) байланыстылық қисығын тұрғызу керек
7. 13. Тұнбаның нығыздалу дәрежесінің ажырату факторына Δ = f(Кр) байланыстылық қисығын тұрғызу керек.
14. Есеп жасаңыз және жұмыс бойынша қорытындылаңыз.

Кесте 1.Ортадан тепкіш күш өрісінде суспензияны ажырату кезіндегі өлшемдері және есептеу нәтижелері

№ пробирка	Айналу саны, айн/мин	Центрифугалау ұзақтығы τ, мин	Центрифугалау радиусы r, м	Фугатты қабаттың биіктігі h, мм	Көлемдері			Ажырату факторы $К_р$
					Суспензия V_c, мм^3	Фугат $V_ф$, мм^3	Тұнба V_{oc}, мм^3	
1	300	1 мин	0,165	47	8	6,5		
2	300	1 мин	0,165	35	8	6		
3	300	2 мин	0,165	57	8	5,8		
4	300	3 мин	0,165	55	8	5,9		

5 Әдебиет

негізгі:

1 Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. - 753 с.
3 Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И.Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400– 368 с
4 Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 14-е изд., стер. - М.: Альянс, 2007. С. 576
5 Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для студ. химико-технологических спец. вузов; Допущено Гос. комитетом СССР / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2008.- 496 с
6 Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 760 с.
7 Ешова Ж.Т. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары: Оқу құралы. – Алматы Қазақ университеті, 2007. – 237б.
8 Ақбердиев Ә.С., Ханқожаев Ш.Х., Омарқұлов П.К. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, 2-ші бөлім, Шымкент, 2004 ж.
9 Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
10 J. F. Richardson and J. H. Harker. Chemical Engineering. V2. Fifth edition. Linacre House, Jordan Hill, Oxford: Butterworth –Heinemann, 2002. – 1183 p.

қосымша:

11 Муравьев И. А. Технология лекарств. Изд. 3-е, перераб. и доп. Т. I, М., «Медицина», 1980, 704 с, ил.
12 Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии.3-е изд. - Л.: Химия,.

13 Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
14 Ақбердиев Ә.С., Молдабеков Ш.М. Химиялық технологияның негізгі процестері және аппараттары, 1-ші бөлім, Алматы; 1993 ж.
15 Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. В 5Т. Т1//Под ред. А.М. Кутепова – М.: Логос, 2001
16 Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой–Москва, Академия – 2006 г.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Тұндырғыш ценрифугалардың типтері және конструкциясы?
2. Центрифуганың жұмысын сипаттайтын көрсеткіштер?
3. Ажырату факторы дегеніміз не?
4. Зертханалық цетрифуга қандай негізгі элементтерден тұрады?

Тестік тапсырмалар

1. Әртекті жүйелерді ... бөлуге арналған процесті центрифугалау деп атайды.
| ауырлық күштері әсерімен
| ортадан тепкіш күштердің әсерімен
| қысым айырмашылығы әсерімен
| инерция күштері әсерімен
| электростатикалық күштердің әсерімен
2. Ортадан тепкіш күш әсерінен суспензия ... бөлінеді.
| тұнбаға және фугатқа
| тұнбаға и сүзіндіге
| кубтық қалдыққа және дистиллятқа
| ылғал және құрғақ өнімдерге
| экстрактқа және рафинатқа
3. Центрифугалау жылдамдығының теңдеуі ... болып табылады.
| $w = dV/Sd\tau$
| $w = \pi dn$
| $w = 2\pi nr/60$
| $w = d^2g(\rho_т - \rho)/18\mu$
| $w = \Delta P/ \mu (R_{ос} + R_{фп})$
4. Қалыпты центрифугалардың бөлу факторы ... болып табылады.
| 3500 кіші
| 3500 үлкен
| 3500 тең
| 10000 үлкен
| 2300 кіші
5. Жоғары жылдамдықты центрифугалардың бөлу факторы ... болып табылады.
| 3500 кіші
| 3500 тең
| 10000 үлкен
| 2300 кіші
| 3500 үлкен
6.Әртекті қоспаларды ажырату үшін келесі жабдықтар қолданылады.
|Ректификациялық қондырғы
|Ұнтақтағыш
|Тұндырғыш центрифуга
|Сорап
|Кептіргіш
7.Центрифугаларда, сепараторларда және гидроциклондарда қоспаларды ажырату ... әсері астында жүргізіледі.
|ауырлық күштер
|температураның құлауы
|қысымның құлауы
|концентрациялар айырмасы
|ортандан тепкіш күштер
8.Өздігінше бір біріне қойылған, бірқатар тұндырғыштар немесе табаны конус тәрізді болып келетін, ішінде конусты бөгеттері бар болатын цилиндрлік резервуар болып таылатын аппаратарды ... деп атайды.

|тарақты араластырғышты тұндырғыштар
|тұндырғышты центрифугалау
|көпярусты тұндырғыштар
|батареялық циклондар
|көпсатылы сораптар
9.Сүзгі центрифугаларда қозғаушы күш ... болып табылады.
|гравитация
|ортадан тепкіш күш
|қысымның түсуі
|температураның түсуі
|концентрацияның айырмасы
10.Мерзімді және үздіксіз әрекетті сүзгі центрифугаларды есептеудің маңыздылығы ... анықтау болып табылады.
|айналу жиілігін
|сүзу бетін
|центрифуганың биіктігін
|суспензияның тығыздығын
|фугаттың тығыздығын



10-тақырып: Араластыру процесін зерттеу
Мақсаты: Араластыру аппараттың құрылысымен және жұмысымен танысу.
Оқыту мақсаты:
Студент білуге тиіс:
- Сұйық орталарды былғау әдістері;
- Тұтынатын қуатты есептеуге арналған ұқсастық сандар теңдеуі;
- Былғауыштың тұтынатын қуатына әсер ететін факторлар.

Студент істей алуға тиіс:
- Былғауыштың жұмысын сипаттай алатын ұқсастық сандар теңдеуін түзе білу.
- Былғауышты аппараттың қуатын есептей алу.

Тақырыптың негізгі сұрақтары:
1. Былғауышты аппараттың конструктивтік элементтері.
2. Былғауыштың жұмысын сипаттай алатын жалпылама ұқсастық сандар теңдеуі.
3. Былғауыштың тұтынатын қуатын есептеу.

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер былғау процесінің физикалық негіздерімен және былғауышты аппараттың конструкциясымен танысуы керек. Виртуалды зертханалық қондырғыда:

1. Былғауышты аппараттың негізгі мінездемелері бойынша тестілеуден өтіңіз.
2. Былғауышты аппараттың конструктивтік элементтерін және өлшеу тәсімін оқыңыз.
3. Былғауыштың бір түрінің жұмысын сипаттай алатын ұқсастық сандар теңдеуінжазыңыз.
4. Алынған ұқсастық сандар теңдеуінің көмегімен былғауыштың тұтынатын қуатын есептеңіз және оны өлшенген мәнімен салыстырыңыз.

Құрал – жабдықтар: дербес компьютер, виртуалды жұмыстың бағдарламасы.

Теориялық мәліметтер.

Араластыру дегеніміз – бұл сұйық немесе газ ағындық ортада механикалық араластырғыштармен берілетін күштер арқылы өтетін, ағынды ортаның макрокөлемдері бір біріне салыстырмалы түрде барлық аппараттың көлемінде, бірнеше рет орын ауыстырылуы.

Араластыру процесі фармацевтикалық өнеркәсібінде өндеп шығарылатын жүйелердің суыту және қыздыру процестерін қарқындату үшін, сондай-ақ араластыратын ортада массаалмасу процесін қарқындату үшін суспензиялар, эмульсиялар дайындауда кеңінен қолданады.

Қазіргі кезеңде ең көп таралған әртүрлі типті (қалақты, пропеллерлі, турбиналы, якорлы, шнекті) механикалық араластырғыштар болып табылады

Бұл араластырғыштармен араластыру кезінде араластыру ортасының күрделі үшөлшемді қозғалысы пайда болады. Тангенциалды қозғалыс негізгі болып табылады, ол аппараттың көлемінде радиалды және аксиалды ағымдарды қоздырады. Аппаратта қозғалыс ортасының күрделі сипаты, процестің аналитикалық сипаттамасын алу мүмкіндігін бермейді. Сол себепті қалыптасқан режимде процестерді сипаттау үшін ұқсастық теориялар әдісімен алынған, әртүрлі критериалды теңдеулерді пайдаланады.

Кез келген механикалық араластырғыштардың жұмысының сипатының маңыздылығы, оның белгілі өлшемдегі және ортаның берілген физикалық қасиеттерінде араластырғыштың жұмыс элементінің айналуына жұмсалатын энергиясы болып табылады. Араластырғышпен шығындалатын қуат бірнеше факторларға байланысты болып табылады. Қазіргі уақыттағы қуатты анықтау үшін қабылданған әдістер және есептеу теңдеулерін, толығымен жеткілікті деп санауға мүмкін болмай тұр. Бұл жағдай эксперименалды зерттеулер жүргізу қажеттілігіне алып келеді. Содан кейін осылардың негізінде тиісті критериалды теңдеулер алынады.

Араластыру процесі гидродинамикалық көз қарас тұрғысында тұтқыр сұйықтың ағымымен дененің сыртымен айналып ағу процесі сияқты қарастыруға мүмкін болады. Сәйкесінше осы процесті сипаттайтын жалпы критериалды теңдеуді алуға болады:

$$Eu_M = f(\mathrm{Re}_M, Fr_M, \Gamma_1, \Gamma_2, ..., \Gamma_i), \qquad (8.1)$$

мұнда $Eu_M = \dfrac{N}{\rho n^3 d^5}$ – Араластыруға арналған Эйлер критерийі (анықтайтын критерий);

$\mathrm{Re}_M = \dfrac{\rho n d^2}{\mu}$ – Араластыруға арналған Рейнольдс критерийі (анықтайтын критерий);

$Fr_M = \dfrac{n^2 d}{g}$ – ортадантепкіш Фруд критерийі (анықтайтын критерий);

ρ – араластыру ортасының тығыздығы, кг/м^3;

μ – тұтқырлық ортаның динамикалық коэффициенті, Па·с;

g – еркін түсу үдеуі, м/с^2;

d – араластырғыштың жұмысшы элементінің диаметрі, м;

n – араластырғыштың айналу жиілігі, айн/с;

N – қалыптасқан режимде араластырғышқа жұмсалатын қуат, Вт;

$\Gamma_1 = \dfrac{H}{d}$ – геометриялық ұқсастық симплексі;

H – аппараттағы ортаның деңгейі, м;

$\Gamma_2 = \dfrac{D}{d}$ – геометриялық ұқсастық симплексі;

D – аппарат диаметрі, м.

Осылайша геометриялық ұқсастық шартындағы араластырғыштың білігіндегі қуатты анықтауға арналған жалпы байланыстылық теңдеуі:

$$Eu_M = c\,\mathrm{Re}_M^k\, Fr_M^m \quad (8.2)$$

мұнда *c, k,* m – эксперименталды анықталатын шамалар.

Ортаның бетінде үренке түзілмеген жағдайда, мысалы қайтаратын қалқанды немесе араластырғыштың жұмысшы элементін жеткілікті тереңдікке орнатқанда, ауырлық күшінің әсерін алдын алуға болады және (8.2) теңдігінен Фруд критерийін алып тастауға болады. Онда араластырғышқа жұмсалатын қуатты анықтау үшін негізгі теңдеу мына түрде болады:

$$Eu_M = c\,\mathrm{Re}_M^k \quad (8.3)$$

бұдан:

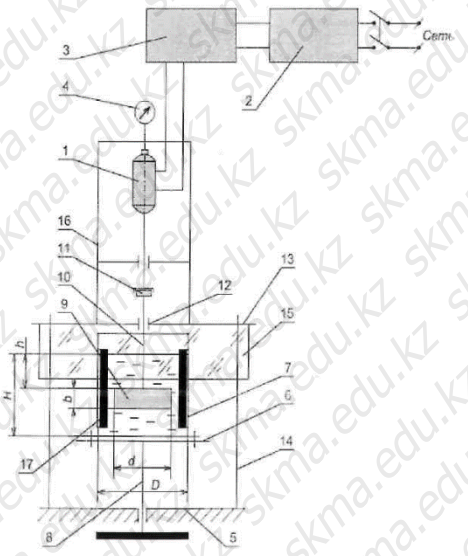
$$N = (\rho n^3 d^5) c\,\mathrm{Re}_M^k \quad (8.4)$$

Жұмыстың мақсаты

1 Араластырғышы бар аппараттың және өлшейтін тәсімнің негізгі конструктивті элементтерін зерделеу.
2 Бір типті араластырғыштың жұмысын сипатайтын жалпы критериалды теңдеуін құру.
3 Алынған критериалды теңдеулер бойынша есептеулер жүргізу және оны өлшенген шамамен салыстыру.

Эксперименталды қондырғының сипаттамасы

Араластыру процесін зерттеуге арналған қондырғы тәсімі 8.1-суретте келтірілген.



Сурет 8.1 Араластыру процесін зерттеуге арналған қондырғы тәсімі

Араластырғыш электрқозғалтқыш 1 арқылы іске қосылады, айналу жиілігінің өзгерісі, сызықтық автотрансформатор 2 (ЛАТР) көмегімен қоректенетін кедергілердің өзгеру жолдарымен жүзеге асырылады. Электрқозғалтқышқа жұмсалатын қуат мөлшері ваттметр 3 көмегімен өлшенеді.

Араластырғыштың білігінің айналу жиілігінің өзгерісі тахометр 4 көмегімен өлшенеді.

Өлшеу кезінде тахометрді электроқозғалтқыштың білігінің кесігіне орналастырылады және қолмен ұстап тұру керек. Тахометрге осьтік күшті салмаған жөн, өйткені қарама-қайшы жағдайда өлшенген нәтижелер нақты болмайды.

Станинада 5 көтеру үстелі 6 орналастырылған, оған араластырғыштың корпусы 7 бекітілген.

Винттің 8 көмегімен, араластырғыш корпусын, жұмысшы элементтің біршама биіктігі бойынша, әртүрлі деңгейде орнатуға мүмкін болады.

Араластырғыш корпусындағы *H* сұйықтың деңгейі, сондай-ақ қалақтың төменгі жиегінен корпустың түбіне дейінгі аралықты, корпустың бүйір бетінде сызылған, шкала бойынша анықталады. Араластырғыштың ауыстырылатын жұмысшы элементі 9 білікке 10 бектіледі, ол муфта 11 арқылы электрқозғалтқышқа 1 қосылған.

Тақтада 13 орнатылған, ішпекте 12 білік 10 айналады. Тақта 13 тіреулермен 14 статинаға қосылған. Тақтаға 13 қорғағыш экраны 15 бекітіледі, сонымен бірге электрқозғалтқышты қаптама 16 бекітіледі. Араластырғыш корпусының ішіне 7 төрт қайтаратын қалқандар 17 орнатылады.

Жұмысты орындау әдісі

1 Қондырғыны іске қосу алдында жұмыстың мазмұнымен және қондырғының құрылғысымен танысу қажет.

2 Қуаттың өлшеу жұмысының жүйесін алдымен дайындау және қосу қажет (қуат көзін қосу).

3 Электрқозғалтқыштың қуат көзінің кернеу реттегішін нөлге қою керек.

4 тапсырмаға сәйкес бастапқы мәліметтердің кестесін толтыру керек. (кесте 8.1). Геометриялық өлшемдерін штангенциркулмен өлшеу қажет.

5 Тапсырмаға сәйкес араластырғыштың жұмыс элементінің белгіленген типі мен біліктегі өлшемін бекіту керек. Сонымен қатар белгіленген типті араласырғыштың корпусын көтерілетін үстелде, бекіту керек.

Электрқозғалтқыштың қуат көзін қосу керек.

Кесте 8.1

Үлгі өлшемдері	Белгіленуі	Өлшем бірліктері	Мәні
Араластырғыштың диаметрі	d	м	
Араластырғыштың сыртқы диаметрі	D	м	
Ортаның қабатының биіктігі	H	м	
Қалақтың ені	b	м	
Сыртқы бетінің қалқасы	z	шт	
Жұмыс элементінің батыру тереңдігі	h	м	
Ортаның температурасы	t	^{0}C	
Ортаның тығыздығы	ρ	кг/м^3	
тұтқырлық ортаның динамикалық коэффициенті	μ	Нс/м^2	

Араластырғыш типі _____

Зерттелінетін орта _____

Кесте 8.2

№ сынау	Қуат, Вт	Айналу жиілігі, айн/мин			Орташа мәні n, айн/мин	Рандомизация	
						Кездейсоқ саны	Тізбектік өлшемі
1	N_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_1		
2	N_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_2		
3	N_3	...	...	...	...		
4	N_4	...	...	...	...		
5	N_5	...	...	...	...		
6	N_6	...	...	...	...		
7	N_7	...	...	...	...		
8	N_8	n_{81}	n_{82}	n_{83}	n_8		

6. Сынаулардың рандомизациясын өткізу қажет (кесте 8.2 қараңыз). Жүйелік қателіктерді белгілі дәрежеде теңгеру үшін, сондай ақ тәжірибедегі өлшеулер нәтижелері арасындағы бірқатар келеңсіз байланыстарды болдырмау үшін, рандомизация деп аталатын амал қолданылады.

Оның ерекшілігі, тәжірибелерді тұрақсыз сандар кестесі арқылы белгіленетін, кездейсоқ реттілікпен өткізеді. Рандомизациялау үшін, тұрақсыз сандар кестесінен, тұрақсыз сандар реттілігінің кез-келген бағанынан немесе жолынан таңдалады және 2.2. кестедегі бағанға сәйкестендіріп жазылу керек. Өлшеулер тұрақсыз сандардың өсуі немесе кемуі ретімен жүргізіледі.

7. Араластырғыштың белгіленген айнау жиілігіндегі бос жүрісте жұмсалған қуатты өлшеу керек және 8.2 кестені толтыру керек. Айнау жиілігін әрбір бірізді өзгерте отырып, өлшеуді кем дегенде үш рет өткізу керек.

8. Араластырғышың корпусына зерттелетін жүйенің белгіленген көлемін құяды және оның температурасын өлшеу керек. Жүрісті винттің көмегімен араластырғыштың жұмысшы элементінің сұйықта, белгіленген тереңдікке жүктелгенін белгілеуге болады.

9. Берілген қуаттың мәндері кезінде араластырғыштың қалыптасқан режимдік жұмыстың шартында араластырғыштың айналу жиілігін өлшеу керек.

Нақты нәтижелерді алу үшін, айнау жиілігін әрбір бірізді өзгерте отырып, өлшеуді кем дегенде үш рет өткізу керек. Өлшеулер нәтижелерін 8.2 кестесіне жазу керек.

10. Өлшеулерді жүргізіп болғанннан кейін, кернеудің ретегішін нөлге апарып қою керек және содан кейін электрқозғалтқыштың қуат көзін сөндіру керек; араластырғыш қуатының өлшеу жүйесін сөндіру керек; көтеру стөлін түсіру керек; араластырғыштың корпусын алып қою керек; зерттеленген сұйықтықты жиағышқа төгіп және корпусты шаю керек; араластырғышты алып қою керек.

Тәжірибе мәліметтерін өңдеу және есепті құрастыру

1. Эксперименталдық мәліметтерді өңдеулерді жүргізбей тұрып, алдымен өлшеулердің нәтижелері жаңартылып өңделгеніне көз жетізу керек және оларға ескерілмеген шамалардың әсері болмағандығын белгілеу керек. Осындай мақсатпен эксперименталды-статистикалық зерттеу әдістері негізінде айналу жиілігінің өлшемдері бойынша параллелді тәжірибелердің мәндерін өңдеу керек. Бұл үшін айналу жиілігінің өлшемдерін 8.3.кестеге жазу керек.

Осындай түрде айналу жиілігінің өлшемдері U қамтылатын ($U = 3$), параллелді тәжірибелердің e сериялары жүргізілді($e = 8$).

Кесте 8.3

№ сынау	Айналу жиілігі, айн/мин			Орташа мәні n, айн/мин	Дисперсия, S_j^2
	1	2	3		
1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_1	S_1^2
2	n_{21}	n_{22}	n_{22}	n_2	S_2^2
.	...	...	...	...	
.	...	...	...	...	
j	...	...	...	...	S_j^2
.	...	...	...	...	
.	...	...	...	...	
8	n_{81}	n_{82}	n_{83}	n_8	S_i^8

Паралелді тәжірибелердің әрбір сериясы үшін, өлшенген айналу жиіліктердің орташа арифметикалық мәнін есептеу:

$$\bar{n}_j = \frac{1}{U} \cdot \sum_{i=1}^{U} n_{ji} \qquad (j = 1,2\square\square\square e;\ i = 1\square\square\square U)$$

Содан кейін әрбір серия үшін дисперсиялық бағалауды есептеу:

$$S_j^2 = \frac{1}{(U-1)} \cdot \sum_{i=1}^{U} \left(n_{ji} - \bar{n}_j\right)^2$$

Тәжірибенің туындысын тексеру үшін Кохрен критерийін табу керек. Ол ең үлкен дисперсияның бағасының барлық дисперсияның бағасының қосындына қатынасы арқылы табылады:

$$G_p = \frac{\max S^2}{\sum_{i=1}^{e} S_j^2}$$

Кохрен критерийінің G_T мәні кестеде 8.4 келтірілген. Тәжірибенің туындысының гипотезасы арқылы қабылданатын, тура ықтималдылыққа ($P = 0,95$), сәйкес келеді.

Кохрен критерийінің G_T мәнін 8.4 кесте бойынша, еркіндік дәрежесінің сандары $f_2 = e$ және $f_1 = (U - 1)$ арқылы анықтайды.

Егер $G_p < G_T$ шарттары орындалатын болса, онда тәжрибелер жаңадан өндірілген болып саналады. Бұл жағдайда негізгі дисперсияның туындысын есептеуге болады:

Кесте 2.4

Еркіндік дәрежесі $f_2 = e$	Еркіндік дәрежесі $f_1 = U - 1$					
	1	2	3	4	5	6
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8584	0,8534
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5440	0,5063	0,4783
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3907	0,3726
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286	0,3067

Егер тәжрибелер жаңадан өндірілмесе, онда эксперименттің қалыптаспаған қайнар көзін пайда болдыру және алып тастау арқылы, сондай-ақ нақты әдістерді және амалдарды пайдалану арқылы жаңадан өндіруді жетілдіруге болады.

Жалпы жағдайда тәжрибелерді жаңадан өндіруді қарастырғанда, бағалау әдісі, әмбебап сипатта болады және кез-келген эксперименалды зерттеулерде қолдануға мүмкін болады.

Бұл жағдайда «*e*» және «*U*» шамалардың минималды мәндері 2-ден 4-ке дейін аралықта болады.

2. Бос жүрісті қуаттың N_x, араластырғыштың айналу жиілігіне тәуелділігінің қисығын, эксперименттік мәндері бойынша тұрғызу керек: $N_x = f(n)$.

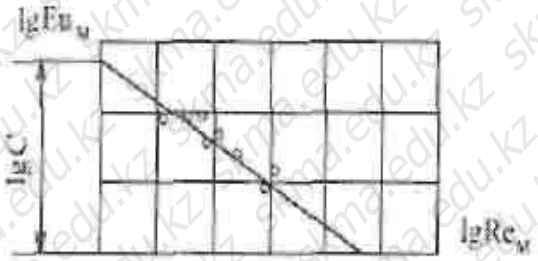
3. Жұмысшы элементінің берілген айналу жиілігіндегі сұйықтарды араластыруға жұмсалатын пайдалы қуатты анықтау (кесте 2). N_x –графиктен табу керек $N = N_p - N_x$

4. Әрбір тәжірибе үшін (8.3) теңдіктері арқылы $Eu_м$ және $Re_м$ критерий мәндерін анықтаңыз.

5. $Eu_м$ және $Re_м$ анықталған мәндер негізінде, l$gEu_м$-нің $lgRe_м$-ге тәуелділік қисығын тұрғызу керек және критериалды теңдеудің (8.3) құрамына кіретін, *C* және *K* мәндерін анықтау керек. (2.3) теңдеуді логарифмдеп, логарифмдік координатада түзу сызықты теңдеуді алу керек:

$$lg(Eu_м) = K \cdot lg(Re_м) + lg(C)$$

Дәрежелік көрсеткіші абсцисса осіне φ иілу бұрышының тангенсі арқылы анықталады (сур. 8.2.). Бұрыш екінші ширекте болу себебінен, бұл бұрыштың тангенсі – теріс шама, демек *K* – теріс шама болады.



Сурет 8.2. $lg(Eu_м) = f(lg\ Re_м)$ тәуелділігі.

Тұрақтылық *C* координата өсінде тура кесіп өтетін, кесінді түрінде болады немесе *K* белгілі болған кезде, (2.3) теңдеуінен анықтауға болады. Егер (8.3) теңдеуін пайдалана отырып тұрақтылықты *C* анықтайтын болса, онда 3-5 рет *C* мәнін есептеп, олардың орташасын табу керек.

Ескерту

8.2-сурет бойынша график тұрғызу үшін келесі шарттар орындалуы қажет:

– координат осі нөлден басталуы тиіс;

– остер бойынша масштабтары бірдей болуы тиіс.

Анықталған мәліметтерді 8.5 кесте есебіне енгізу

Кесте 8.5.

№ сынау	Айналу жиілігі *n*, об/с	Қуаттың бос жүрісі N_x, Вт	Жұмсалатын қуат *N*, Вт	$Eu_м$	$lg\ Eu_м$	$Re_м$	$lg\ Re_м$	$N_{рас}$, Вт	Δ
1									
2									
3									

6. Экспериментальды анықталған *C* және *K* шамаларын қойып, алынған (8.3) критериалды теңдеуді жазып қою керек.

7. Белгіленген айналу жиілігінде араластырғышпен жұмсалған қуатты (8.4) теңдеу бойынша есептеу және оны эксперименталды алынған мәнмен салыстыру (кесте 8.5) керек.

8. Алынған критериалды теңдеудің адекваттылығын бағалау.

Алынған критериалды теңдеудің қателігін бағалауға мүмкіндік беретін қатынасты анықтау (пайыздық көрсеткіште):

$$\Delta = \frac{N_{рас} - N}{N_{рас}} 100$$

Виртуалды зертханалық жұмысты орындау тәртібі

Араластыру процесін және қуаттың шығынын анықтауды жаңарту бойынша виртуалды зертханалық жұмыс мыналардан тұрады: суы бар ыдыс; білікке бекітілген, араластырғышы бар электрқозғалтқыш; элекрқозғалтқышқа берілетін кернеуді реттеуге мүмкіндігі бар болатын, автотрансформатор желісі; жұмсалатын қуаттың, онымен бірге токтың өлшеуіші және қозғалтқыштың білігіндегі айналу санын өлшеуге арналған тахометр.

Ыдыстың аутқуды оқшаулау үшін және үрінкенің түзілу мүмкіндігін алдын-алуға арналған төрт қалқасы бар болады. Қозғалтқыш және тахометр штативтерде орнатылады және арнайы тұтқалар арқылы тігінен аударыстыруға болады.

Бұдан басқа, виртуалды жұмыс *X* осі бойынша және *Y* осі бойынша екі өлшемді сызықтардан тұрады. Бұл қисықтар көмегімен ыдысқа араластырғышы бар қозғалтқышты жүктеу биіктігінің өлшемін, ыдыс пен араластырғыштың өлшемін алуға болады.

Сызықты жылжыту үшін, бағыттағышты қызыл дөңгелектің аймағына алып барады, тінтеуірдің сол жақ нүктесін басып тұрып, оны қажетті бағытқа қарай жылжытуға болады.

Осындай түрде қозғалтқышты штатив және тахометр арқылы жылжытуға болады.

Жұмыстың орындалуын бағыттағышты ЛАТРдың «Сөндіру» сөндіру желісіне кіргізіп шығаруымен бастау қажет.

Мұнда экранның ортасында 8.1 және 8.2 кестелеріне сәйкес көшіріп алуға қажетті, мәліметтері бар панель шығады.

Элекрқозғалтқышты қоспай тұрып, ыдыстың және араластырғыштың геометриялық өлшемін алады және 8.1 кестеге мәліметтерді енгізеді.

ЛАТРды қосқаннан кейін *X* өсі бойынша өлшеулерге тоскауыл қойылады, себебі араластырғыштың қалақтарының енін, оның айналған кезінде қателіктерсіз өлшеу мүмкін болмай қалады.

ЛАТРдың астынғы бөлігі жағында орналасқан қозғалтқышқа берілетін кернеуді реттеу арқылы да оны әрі қарай қосуға болады. Назар аударыңыз, ваттметрдің 150 бөліктері бар, бірақ өлшенетін максималды қуат бұл жерде 75 Вт құрайды, демек ваттметрдің бөліну бағасын анықтау қажет болады.

Бос жүрісті қуатты өлшеу үшін, қозғалтқышты жоғарырақ, араластырғыштың жұмысшы элементі судың үстінде болатындай етіп, орналастырып қою керек. Жұмсалу диапазонының (кем дегенде 8 рет) бірнеше нүктесінде, мысалы 5 Вт-тан 45 Вт-қа дейін, 5 Вт-тық қадаммен, айналу жиілігінің өлшеулерін жүргізеді. Өлшеулер нәтижелерін 8.2 кестеге жазу керек.

Айналу жиілігін тахометрмен өлшеу қажет. Ол үшін бағыттағышты, тахометрдің дөңгелек тұтқасының қызыл аймағына орналастырып, тінтеуірдің сол жақ басқышын басып тұрып, оны төмен қарай тахометрдің астынғы бөлігінің өсі мен қозғалтқыштың өсі жанасқан жеріне дейін алып барады. Бұл кезде тахометрдің көрсеткішінде, оның айналым саны бейнеленетін болады.

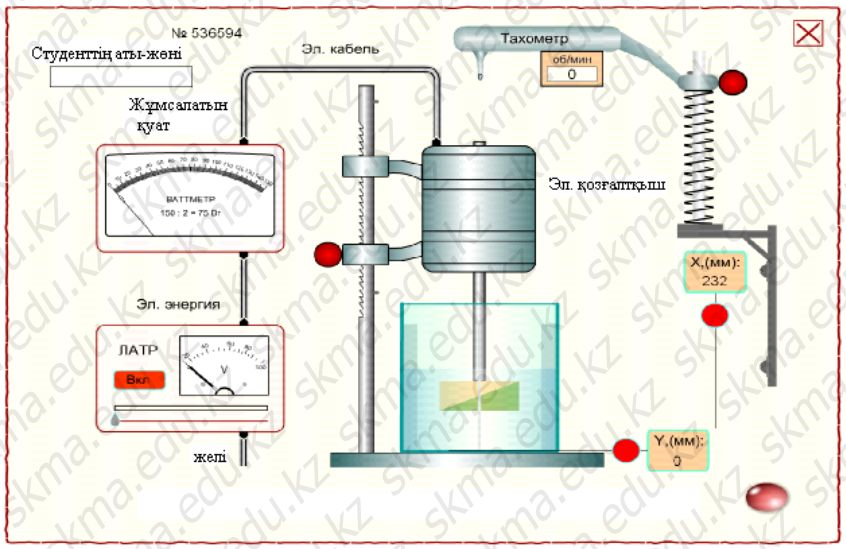
Өлшеулер тізбегі алдында алынған кездейсоқ сандардың қатарымен анықталады, мысалы олардың мәндерінің өсуі бойынша, ал олардың айналу жиіліктерін кем дегенде үш рет өлшеу керек және орташа мәнін алу керек. Содан кейін 8.2 кестедегі мәліметтер бойынша бос жүрісті қуаттың *N* араластырғыштың айналу жиіліктерінен тәуелділік қисығын тұрғызу керек.

Виртуалды жұмыстың орындалуының келесі этапы – бұл сұйықтарды араластыруға жұмсалатын қуатты анықтау болып табылады. Экспериментті өткізу үшін араластрығышы бар электрқозғалтқышты оқытушының белгілеп берген тереңдікке *h*, мысалы 65 мм-ге түсіру керек.

Әрі қарай да бос жүрісті қуатты өлшегендей етіп, өлшеулер сериясын қайталау керек. Сонымен бірге 8 пункттерді де 8.2 кестеге сол реттілікпен (сол кездейсоқ сандармен сәйкестікте) үстемелеп қосып жазу керек. Бірақ шығындалатын қуаттың басқаша мәндерімен, мысалы 25 Вт-тан 60 Вт-қа дейін, 5 Вт-тық қадаммен, айналу жиілігінің өлшеулерін жүргізеді (оқытушының тапсырмасына сәйкес).

8.2 кестені толтырып болғаннан кейін жаңартылған өлшеу нәтижелерін саралауға өткізуге мүмкін болады. Бұл үшін 8.3 кестедегі өлшеніп алынған айналу жиілігін көшіріп алу қажет және негізгі жаңарту дисперсиясын анықтау керек.

Содан кейін осы әдістемелік нұсқаулықта келтірілген 8.5 «Тәжірибе мәліметтерін өңдеу және есепті құрастыру» бөлімнің 2–7 пунктері бойынша есептеулер жүргізу керек.



5 Әдебиет негізгі:

1 Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560

с.
2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. - 753 с.
3 Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И.Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400– 368 с
4 Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 14-е изд., стер. - М.: Альянс, 2007. С. 576
5 Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для студ. химико-технологических спец. вузов; Допущено Гос. комитетом СССР / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2008.- 496 с
6 Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 760 с.
7 Ешова Ж.Т. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары: Оқу құралы. – Алматы Қазақ университеті, 2007. – 237б.
8 Ақбердиев Ә.С., Ханқожаев Ш.Х., Омарқұлов П.К. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, 2-ші бөлім, Шымкент, 2004 ж.
9 Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
10 J. F. Richardson and J. H. Harker. Chemical Engineering. V2. Fifth edition. Linacre House, Jordan Hill, Oxford: Butterworth – Heinemann, 2002. – 1183 p.

қосымша:

11 Муравьев И. А. Технология лекарств. Изд. 3-е, перераб. и доп. Т. I, М., «Медицина», 1980, 704 с, ил.
12 Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии.3-е изд. - Л.: Химия,.
13 Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
14 Ақбердиев Ә.С., Молдабеков Ш.М. Химиялық технологияның негізгі процестері және аппараттары, 1-ші бөлім, Алматы; 1993 ж.
15 Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. В 5Т. Т1//Под ред. А.М. Кутепова – М.: Логос, 2001
16 Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой–Москва, Академия – 2006 г.

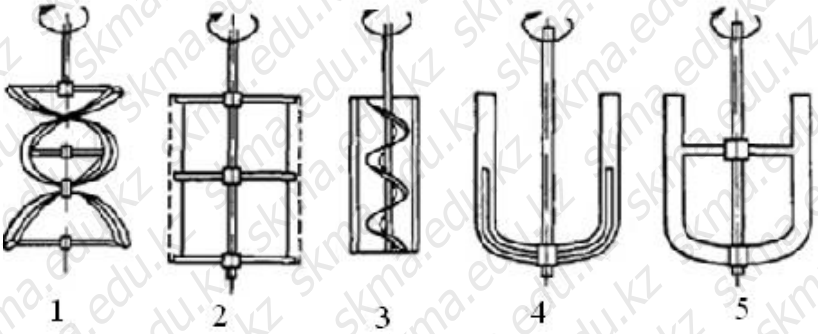
Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1 Араластыру процесінің өнеркәсіптіктегі маңызы.
2 Араластырғыштардың механикалық типтері.
3 Араластыру кезіндегі қуаттың шығына негізгі әсер ететін көрсеткіштер қандай?
4 Араластыру процесі үшін қорытылған критериалды теңдеудің түрі және тәжрибелік мәні.
5 Жұмысты орындау тәртібі.
6 Мәліметті өңдеуде кординаттың логарифмдік жүйесін қолдану неліктен ең ұтымды болып табылады?
7 Тәжрибелерді ұдайы жаңғыртуын сынап байқау тәртібі және эксперименталды зерттеулерді өткізгендегі оның маңызы.

Тестік тапсырмалар

1. Сұйық ортада механикалық араластыру әдісі ... жүзеге асырылады.
| сығылған ауамен
| құбырларда
|сораптың көмегімен
| былғауыштар көмегімен
| соплалар көмегімен
2. Сұйық ортада пневматикалық араластыру әдісі ... жүргізіледі.
| былғауыштар көмегімен
| сығылған ауамен
| құбырларда
|сораптың көмегімен
| соплалар көмегімен
3. Былғау кезінде сұйықтың былғауыштың айналу осіне параллель бағытта ағуын ... деп атаймыз.
| тангенциалды
| радиалды
| ості
| ламинарлы
| турбулентті
4. Былғау кезінде сұйықтың былғауыштың айналу осіне перпендикуляр бағытта былғауыштан аппарат қабырғасына қарай ағуын ... деп атаймыз.
| ості
| радиалды
| тангенциалды
| ламинарлы
| турбулентті

5. Былғау кезінде сұйықтың былғауыштың айналу жазықтығына параллель бағытта бір орталықты шеңберлермен ағуын ... деп атаймыз.
|тангенциалды
|радиалды
|ості
|турбулентті
|ламинарлы
6.Сұйық ортада механикалық араластыру әдісі ... жүзеге асырылады.
|сығылған ауамен
|құбырларда
|былғауыштар көмегімен
|сораптың көмегімен
|соплалар көмегімен
7.Сұйық ортада пневматикалық араластыру әдісі ... жүргізіледі.
|былғауыштар көмегімен
|құбырларда
|сораптың көмегімен
|соплалар көмегімен
|сығылған ауамен
8.Қалақты былғауыштар ... болып табылады.
|якорлы
|рамалы
|парақты
|пропеллерлі
|турбиналы
9.Суретте әр алуан араластырғыш конструкциясының тәсімі көрсетілген. Суреттен рамалық араластырғышты көрсетіңіз.



|3
|5
|4
|1
|2
10.Циркуляциялық араластырудың анықтамасын көрсетіңіз.
|Араластыратын сұйықтар қабаттары арқылы өтетін, сығылған газ (көптеген жағдайда ауа) көмегімен жүзеге асырылатын араластыру
|Статикалық араластырғышта сұйықтың немесе газдың кинетикалық энергиясы арқылы жүзеге асырылатын араластыру
|Әр алуан араластыратын құрылғылар–араластырғыштар көмегімен жүзеге асырылатын араластыру
|Айдалатын сұйықтарды араластырғыш – сорап – араластырғыш жабық жүйесі бойынша, сораптың көмегімен жүзеге асырылатын араластыру
|Электростатикалық күштер өрісінде жүзеге асырылатын араластыру

11-тақырып: Балғалы үгітіштегі майдалау процесін зерттеу.
Мақсаты: Балғалы үгітіш құрылысымен және жұмысымен танысу.
Оқыту мақсаты:
Студент білуге тиіс:
- Майдалау түрлері;
- Майдалау әдістері;

- Энергияның майдалауға шығыны.

Студент істей алуға тиіс:

- Материалдың майдалану дәрежесін анықтай алу;
- Балғалы үгігштің өнімділігін анықтай алу;
- Үгігіш электркозғалтқышының тұтыну қуатын анықтай алу;
- Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектердің орташа өлшемдерін анықтай алу;

Тақырыптың негізгі сұрақтары:

1. Майдалау дәрежесі.
2. Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектердің орташа өлшемдері
3. Балғалы үгігштің өнімділігі
4. Үгігіш электркозғалтқышының тұтыну қуаты

Білім берудің және оқытудың әдістері:

Студенттер майдалау процесінің физикалық негіздерімен және балғалы үгігштің конструкциясымен танысуы керек. Виртуалды зертханалық қондырғыда:

1. Балғалы үгігштің негізгі мінездемелері бойынша тестілеуден өтіңіз.
2. Балғалы үгігште материалдың берілген мөошерін майдалаңыз.
3. Торлы талдау жасаңыз. Материалдың майдалану дәрежесін анықтаңыз
4. Үгігіш өнімділігінің және майдалану дәрежесінің решетка өлшемдеріне тәуелділігін анықтаңыз.
5. Майдаланған материал өлшемдерінің таралу графигін тұрғызыңыз.

Құрал – жабдықтар: дербес компьютер, виртуалды жұмыстың бағдарламасы.

Теориялық мәліметтер.

Қатты материалдарды тиімді майдалаудың тәсілі соққылы бұзу болып табылады. Соққылау машиналары, басқа принципті қозғалысты машинарларға қарағанда жақсы технологиялық-экономикалық көрсеткіштерге ие болады. Соққылау машиналары арасынан, майдалау сатысының бірінде майдаланған бөлшектердің жоғары дисперсті қоспасын алу қажет болғанда қолданылатын, балғалы ұсатқыштардың келешегі ең зор болып табылады. Балғалы ұсатқыштар морт сынғыш материалдарды (дән, тұз, қант және т.б.) жақсы майдалайды. Сондай-ақ ылғалды материалдарды және жоғары май құрамды өнімдерді майдалау кезінде тиімділігі төмен болады. Ең кеңінен тараған еркін аспалы балғалы ұсатқыштар болып табылады.

Материалды балғамен соққан кезде алдымен бұзылуын қамтамасыз ететін айналмалы жылдамдықпен балғалар қақтығысуы керек. Қозғалыс мөлшерінің заңынан шығатын, мұндай қажетті жылдамдықты жуықтап анықтауға болады:

$$m(W_2 - W_1) = P\tau \qquad (14.1)$$

Мұнда m – бөлшектің ұсақтау салмағы, кг;

W_2 – балғаға соғылғаннан кейінгі бөлшектің жылдамдығы , м/с;

W_1 – балғаға соғылғанға дейінгі бөлшектің жылдамдығы, м/с;

P – бөлшектің алдыңғы бұзылуы үшін қажетті соққының күші, Н;

τ – соққының ұзақтығы, ол 10^{-5} м·с тең деп қабылдануы мүмкін.

Так как W_1 значительно меньше W_2, то можно приять $mW_2 = P\tau$

Балғалы ұсатқышта майдалау тиімділігі, майдалау дәрежесімен, өнімділігімен, процесті өткізуге кететін меншікті энергия шығынымен бағаланады.

Майдалауға дейінгі бөлшектің орташа диаметрінің D_{op} майдаланғаннан кейінгі өнім бөлшегінің орташа диаметріне d_{op} қатынасын майдалау дәрежесі i деп аталады:

$$i = \frac{D_{op}}{d_{op}} \qquad (14.2)$$

Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектің орташа өлшемін анықтау үшін сынама материалдарды әртүрлі өлшемді саңылаулары бар електен елеу арқылы таңдалады және бірнеше фракциялар алады. Әрбір фракцияға өткен бөлшектердің және қалған бөлшектердің, електегі саңылау мөлшері сияқты жартылай қосындылы фракциялық бөлшектің орташа өлшемі табылады:

$$d_{op} = \frac{d_{i-1} + d_1}{2} \qquad (14.3)$$

Негізінен максималды бөлшектің өлшемі, белгіленген фракциядан барлық материал толығымен өту арқылы електің саңылауының өлшемімен анықталады. Ал минималды бөлшектің өлшемі белгіленген фракцияда материалдың болғандағы електің саңылауының өлшемімен анықталады

Қоспадағы бөлшектің орташа өлшемі келесі теңдеумен анықталады:

$$d_i^{\phi} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i}{d_{cpi}}\right)} \quad (14.4)$$

мұнда x_i ...x_n – әрбір фракция бөлшектерінің орташа өлшемі;

d_{cp1}... d_{cpn} – қоспадағы әрбір фракцияның салыстырмалы салмағының мөлшері:

$$X_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^{n} G_i} \quad (14.5)$$

мұнда G_i – i-лі електегі қалдық салмағы.

Балғалы ұсатқыштың өнімділігі тек материалдың түріне және қасиетіне ғана емес, сонымен қатар балғалар бекітілген біліктің айналу санына және ұсатқыштан шыққандағы тордың өлшеміне және ұсатқыштың өлшеміне байланысты болады.

Балғалы ұсатқыштың Q өнімділігі:

$$Q = K_1 \rho D_p L n \quad (14.6)$$

мұнда K_1 – эпирикалық коэффициент, ол балғалы ұсатқыштың конструктивті ерекшеліктері мен физика-механикалық қасиеттеріне, торлар саңылауларының өлшемдері мен типтеріне байланысты болады;

ρ –майдаланған материалдың тығыздығы, кг/м^3;

D_p – ұсатқыштың роторының диаметрі, м;

L – ұсатқыштың роторының ұзындығы, м;

n – ротордың айналу жиілігі, с$^{-1}$.

Ұсатқыштың электрқозғалтқышының майдалау процесінде шығындалатын қуаты N:

$$N = K_1 K_2 D_p^2 n \quad (14.7)$$

мұнда K_2 – эпирикалық коэффициент, ол негізінен майдаланатын материалдың физика-механикалық қасиеттеріне және алынатын майдалау дәрежесіне байланысты болады, кВтс/кг.

Эмпирикалық коэффициенттердің K_1, K_2 мәні келесі болады:

Егер електердің саңылау диаметрі 3 мм дейін болғанда, K_1 мәні $3{,}6 \cdot 10^{-5}$-тен $4{,}7 \cdot 10^{-5}$-ке болады;

Егер електердің саңылау диаметрі 4–5 мм-ден 10 мм-ге дейін болғанда, K_1 мәні $6 \cdot 10^{-5}$-тен $10{,}5 \cdot 10^{-5}$-ке болады (K_1 коэффициентінің кіші мәнін електің кіші өлшемді саңылауы үшін қабылдайды); K_2 мәні 2,0-ден бастап – 4,0 дейін болады (K_2 кіші мәнін ірілеп үгіту кезінде, ал үлкен мәнін – уатып үгіту кезінде).

Жұмыстың мақсаты

1. Балғалы ұсатқыштың қондырғысымен және жұмысымен танысу.
2. Балғалы ұсатқышта белгіленген материал бөлігін майдалау.
3. Електік саралауды жүргізу. Материалдың майдалау дәрежесін анықтау.
4. Торлардың өлшемдерінен майдалау дәрежесімен ұсатқыштың өнімділігі арасындағы тәуелділікті тұрғызу.
5. Өлшемдер бойынша майдаланған материалдың таралу қисығын тұрғызу.

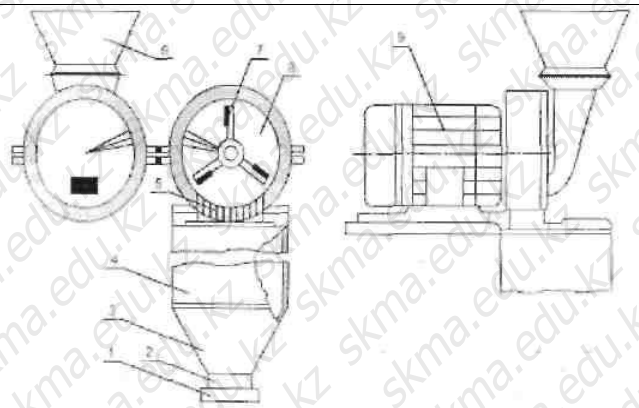
1.3 Эксперименталды қондырғының сипаттамасы

14.1 суретте балғалы ұсатқыштың тәсімі қарастырылаған.Ұсатқыш электрқозғалтқыш 9 арқылы жұмыс жасайды, білігінде құйылған балғалар 7 бекітілген, айналатын құйылған жұмыс камерасында 8 майдалау жүреді.

Материал бункерден 6 ұсатқыштың жұмыс камерасына түседі, мұнда балғалардың соққысының әсері және ұсатқыштың жұмыс камерасының қабырғасына қабаттың сақиналы айналуындағы қозғалысы кезінде материалды ұнтақтау нәтижесінде оның қарқынды бұзылуы жүреді.

Материал ұсатқыштың төменгі бөлігінде орналастырылған, ауыстырылатын тор 5 арқылы бөлшектер өтіп болғанға дейін майдалау аймағында болады. Майдаланған материал сыйымдылыққа 3 жиналады. Тор саңылауларының өлшемдерін өзгерте отырып, ұсақталған өнімнің ірілігін реттейді. Сыйымдылықты 3 босату кезінде тығынды 1 бұрап шығарады және алынған өнім келте құбыр 2 арқылы дайын өнімге арналған, жинақтау сыйымдылығына түседі.

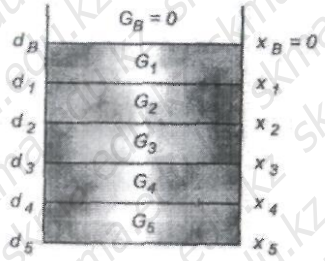
Ұсатқыштың жұмысы кезінде бункер 6 арқылы қоршаған ауа сорылады. Ол торлар арқылы жинақтау сыйымдылығына 3 өтеді, бұл жерде шаңсүзгіш жеңдер 4 арқылы шығарылады.



Сурет 14.1. Балғалы ұсатқыштың тәсімі

Жұмысты орындау әдісі

Белгіленген саңылау өлшемді ауыстырылатын тор 5 орналастырылады. Дәннің бөлігін $G_{бас}$ оқытушы нұсқауымен бункерге төгіледі. Электрқозғалтқышты іске қосады. Бункер астындағы ысырманы ашады және сол мезетте секундомерді қосады. Майдалау аяқталғаннан кейін секундомерді тоқтатады, электрқозғалтқышты өшіреді. Майдаланған материалды $G_{соң}$ өлшейді, одан кейін електік саралау жүргізеді. Електерді, олардың саңылау өлшемдері кішірею қатарымен жоғарыдан төмен қарай орналастырады.



Сурет 14.2. *d* ұяшық өлшемді торлар жиынтығы:
$d_1 = 3$ мм; $d_2 = 2$ мм; $d_3 = 1$ мм; $d_4 = 0{,}5$ мм; $d_5 = 0$.

Өлшенген құрғақ сынама массаны, оқытушы нұсқауымен жоғарғы бетіндегі қатқылдау елекке орналастырады, содан кейін оны қолмен сілкиді. Елегеннен кейін әр бір електе қалған қалдықтарды өлшейді, сондай-ақ жинағыш түбіне түскен материалды да қосып өлшейді.

Алынған өлшемдерді және електік саралау нәтижелерін 14.1 және 14.2 кестеге қойып жазу керек.

Сынаулар тордың әртүрлі өлшемдерінде жүргізіледі. Материал бөлшектерінің орташа өлшемдерін анықтау үшін, ұсақтағаннан кейін електік саралау жүргізеді.

Кесте 14.1

№ сынау	Тордың өлшемі, мм	τ, сек	$G_{нач}$, кг	$G_{кон}$, кг
1				
2				
3				

Кесте 14.2

№ сынау	Саңылау диаметрі, мм						Електегі қалдық, г				
	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
1											
2											
3											

1.5 Тәжірибе мәліметтерін өңдеу және есепті құрастыру

1. 14.1. кестедегі мәліметтерді пайдалана отырып, балғалы ұсатқыштың өнімділігін теңдеу бойынша анықтайды, кг/с:

$$Q = \frac{G_{нач}}{\tau}$$

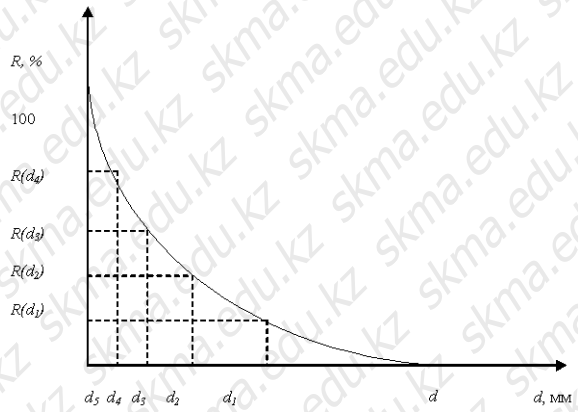
2. Сынаулардың мәліметтерін електік саралауды (кесте 14.2) пайдалана отырып, (14.3), (14.4), (14.5) теңдеулер бойынша, қоспадағы бөлшектердің орташа өлшемін d_i^{ϕ}, мм анықтайды.
3. Материалдың майдалау дәрежесі i (14.2) теңдеу бойынша есептеледі.
4. Есептеп алынған мәліметтерді 14.3 кестеге енгізеді.

Кесте 14.3

№ сына у	Тор өлшемдері, мм.	Әр фракцияда бөлшектің орташа өлшемі, мм					Қоспадағы әрбір фракцияның салыстырмалы массалық құрамы, мм					d_i^{ϕ}, мм	Q, кг/с	i
		d_{cp1}	d_{cp2}	d_{cp3}	d_{cp4}	d_{cp5}	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5			
1														
2														
3														

5. Електік саралау арқылы бөлшектің диамерлері $R(d)$ бойынша майдаланған материалдың таралу фукциясының қисығы алынады (сур. 14.3).

Майдаланған материалдың сынамасының жалпы массасына қарағанда d диаметрі үлкен болғанда, $R(d)$ функциясы келтірілген бөлшектің барлық массасының пайыздық қатынасына тең. Диаметрдің d шамасы електің саңылау диамерлері арқылы анықталады.



Сурет 14.3. Майдаланған материалдың таралу қисығы.
$R(d_1) = x_1 100$; $R(d_2) = (x_1 + x_2)100$; $R(d_3) = (x_1 + x_2 + x_3)100$;
$R(d_4) = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)100$.

6 Тәжірибелер нәтижелері бойынша байланыстылықтар тұрғызылады: $Q = f(i)$.
Балғалы ұсатқыштағы майдалау дәрежесімен өнімділігіне тордың өлшемдерінің әсері туралы қорытынды жасалады.

Виртуалды зертханалық жұмысты орындау тәртібі

Жұмыстың мақсаты – Түйіршіктердің әр қайсысы 100 граммнан тұратын үш кезеңдік ұсақтаудың мысалында ұсақтағыштың жұмысымен танысу. Ұсақтау саңылаулардың диамерлері 1, 2, 3 мм болатын үш ауыспалы әр түрлі торларды пайдалану арқылы жүргізіледі. Осылайша ұсақтағыштың өнімділігіне және майдалау процесіне тордың саңылауларының өлшемдерінің әсері арқылы дәрежелерін бағалауға болады.

Електік саралау және әрі қарай өлшеудің әртүрлі фракциялардың ұсақталған түйіршіктері арқылы бөлшектердің диаметрі

арқылы майдаланған материалдың таралу қисығын тұрғызуға болады.

Виртуалды қондырғы максималды түрде ақиқатқа сай келеді және сондай -ақ басқаруларға да бағынады. Ұсақтауға жұмсалатын уақытын өлшеу айрықша күрделі болып табылады. Жапқыштың ашылу және ұсақтаудың басталу мезетінде таймер автоматты түрде қосылады. Ұсақтау процесі аяқталғанда ғана таймерді тоқтатуға болады. Мұнда қуатың бос жүрісінің мәніне қарай ваттметрдің тілі қайтуымен дәлелденеді және таймерде айналатын жапырақшалар пайда болады. Бұл кезде бағыттаушыны таймердің аймағына апару керек және тінтеуірдің сол жақ басқышын басады.

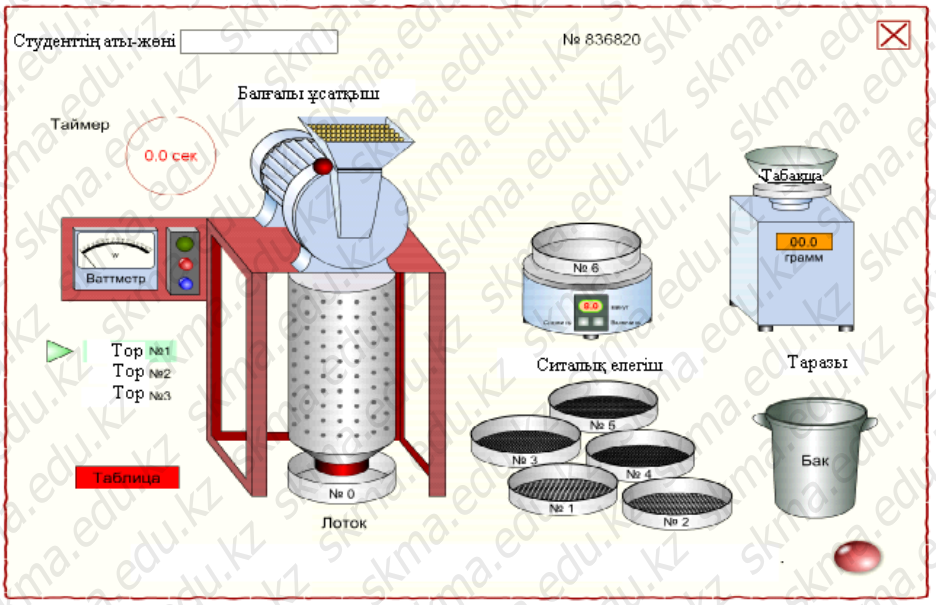
Экрандағы барлық іс әрекеттер тінтеуірдің көмегімен жүргізіледі. Құралды басқыштармен басқару үшін, бағыттаушыны басқарылатын объектің қызыл аймағына апару жеткілікті болады немесе объектінің өзінде, сол жақ басқышты басып, тінтеуірді қажетті бағытқа қозғауға болады.

Жұмысты орындау нұсқауын қатаң ұстану керек, өйтпесе қате мәліметтер алынуы мүмкін. Түйіршіктің әрбір порциясының ұсақтауына кететін, уақыт шамасын, өлшеулер көрсеткіштерін енгізетін кестеге өздігінше дербес жазу керек. Сол мезетте фракциялардың өлшенетін салмағы кестеге автоматты түрде қосыла жазылады.

Виртуалды зертханалық жұмысты орындау нұсқаулары

1. Ұсақтағыштың электрқозғалқышының басқару тақтасындағы «іске қосу» көк нүктесін қосыңыз және ұсақтағыштың бос жүрісіне жұмсалатын қуатты анықтаңыз.
2. Ұсақтағыштың төменгі бөлігінде орналасқан, № 1 тордағы түйіршіктің ұсақтау порциясының бірінші сынауын бастаңыз. Бұл үшін бункер астындағы ысырманың қызыл шеңберін басыңыз және ұсақтау процесіне элекрқозғалтқышпен жұмсалатын, максималды қуатты анықтаңыз.
3. Ұсақтау процесі аяқталғанда, бұл кезде электрқозғалтқышқа жұмсалатын қуат, бос жүріс мәніне дейін түседі, сол кезде бағыттаушыны таймер аймағына апарыңыз және тінтеуірдің сол жағындағы нүктені басыңыз. Түйіршіктің тап осы порциясын ұсақтауына кеткен, уақыттың өлшенген көрсеткіштерін кестеге жазыңыз.
4. Электрқозғалқыштың басқару тақтасындағы «Тоқта» қызыл нүктесін басып, ұсақтағышты тоқтатыңыз.
5. Төменде орналасқан жеңді шаңұстағыштың қызыл түсті нүктесін басыңыз да, астауға ұсақталған өнімді жүктеңіз.
6. Електік елегіштің «Жинау» нүктесін басыңыз. Өнімі бар астауды електік елегіштің үстіңгі қабатына қойыңыз. Үстіңгі електі, астаудың толық жапқандығын қадағалаңыз.
7. Електік елегіштің «Қосу» нүктесін басыңыз. Үдетілген виртуалды 8 минут ішінде фракциялар бойынша елек арқылы өткізілетін, ұсақталған өнімнің елену процесін бақылаңыз.
8. Бос астауды шешіп алып, оны жеңді шаңұстағыштың астына апарып қойыңыз.
9. № 1 торды шешіп алып, оны бастапқы позицияға төменге апарып қойыңыз.
10. № 2 торды шешіп алып, оны таразыда орналасқан табақтың үстіне қойыңыз. Белгіленген фракцияның салмағы таразының цифрлі таблосында көрінгенін қадағалаңыз, сонымен бірге табақты босату үшін баққа алып келіңіз.
11. Қалған барлық елек үшін фракцияларды өлшеу операциясын қайталаңыз.
12. № 2 тордағы түйіршіктің жаңа порциясының ұсақтау режиміне виртуалды жабдықтың қосылғандығына көз жеткізіңіз.
13. № 2 тормен 1-ші пуктен 11-ші пункке дейін барлық іс-әрекетті қайталаңыз.
14. № 3 тордағы түйіршіктің жаңа порциясының ұсақтау режиміне виртуалды жабдықтың қосылғандығына көз жеткізіңіз.
15. № 3 тормен 1-ші пуктен 11-ші пункке дейін барлық іс-әрекетті қайталаңыз.
16. Бұл кезде барлық мәліметтер және өлшенген мәндердердің барлығы өлшенген көрсеткіштері бар кестеге енгізілуі керек, содан кейін зертханалық жұмыстың орындалуы туралы есебіне қосып жазу үшін сақталуы тиіс болуы керек. Қортындыланған кестені сақтау алдында, өз аты - жөнінізді сәйкесінше «студенттің аты-жөні» деген қысқа жолға ендіріңіз және компьютердің тақтасындағы «PrtScSysRq» нүктесін басыңыз. Осылайша кестенін экранды бейнесі барлық мәліметімен компьютердің жүйелік қалтасына (ауыстыру буферіне) көшіріледі.

WORD бағдарламасында жаңа құжат ашыңыз және «Қою» стандартты пәрмен беру көмегімен зертханалық жұмыстың кестесімен бірге экранды бейнесін WORD құжатына көшіріңіз. Ал енді алынған құжатты кез-келген тасымалдауышта сақтауға болады және оны оқытушының тексеруіне тапсыруға болады.



5	**Әдебиет негізгі:**
1	Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. - 753 с.
3	Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И.Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400– 368 с
4	Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 14-е изд., стер. - М.: Альянс, 2007. С. 576
5	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для студ. химико-технологических спец. вузов; Допущено Гос. комитетом СССР / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2008.- 496 с
6	Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 760 с.
7	Ешова Ж.Т. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары: Оқу құралы. – Алматы Қазақ университеті, 2007. – 237б.
8	Ақбердиев Ә.С., Ханқожаев Ш.Х., Омарқұлов П.К. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, 2-ші бөлім, Шымкент, 2004 ж.
9	Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
10	J. F. Richardson and J. H. Harker. Chemical Engineering. V2. Fifth edition. Linacre House, Jordan Hill, Oxford: Butterworth – Heinemann, 2002. – 1183 p.
	қосымша:
11	Муравьев И. А. Технология лекарств. Изд. 3-е, перераб. и доп. Т. I, М., «Медицина», 1980, 704 с, ил.
12	Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии.3-е изд. - Л.: Химия,.
13	Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
14	Ақбердиев Ә.С., Молдабеков Ш.М. Химиялық технологияның негізгі процестері және аппараттары, 1-ші бөлім, Алматы; 1993 ж.
15	Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. В 5Т. Т1//Под ред. А.М. Кутепова – М.: Логос, 2001
16	Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой–Москва, Академия – 2006 г.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1. Майдалаудың тиімділігі қалай бағаланады?
2. Майдалау дәрежесі дегеніміз не?
3. Балғалы ұсақтағаштың өнімділігі неге тәуелді?
4. Қатты материалдарды майдалаудың қандай тәсілдері қолданылады?

Тестік тапсырмалар

1. Таптау қимылына негізделген майдалау машиналары ... болып табылады.
| жақты үгітіштер
| жылтырбілікті үгітіштер
| жүгіртектер
| тісті білікті үгітіштер
| барабанды диірмендер
2. Үйкеу – таптау қимылына негізделген майдалау машиналары ... болып табылады.
| жүгіртектер

| жақты үгітіштер
| жылтырбілікті үгітіштер
| дезинтеграторы
| дисмембраторы
3. Соққылау қимылына негізделген майдалау машиналары ... болып табылады.
| жақты үгітіштер
| тісті білікті үгітіштер
|газағынды диірмендер
| жүгіртектер
| роликті – сақиналы үгітіштер
4. Ылғал әдіспен өткізілетін механикалық процесс ... болып табылады.
| араластыру
| үгу
| елеу
| жіктеу
| өте майдалау
5. Пайдалану негізі бойынша барабанды диірмендердің жұмысы:
| ортадан тепкіш күш
| ұсақ және өздігінен майдалануы
| гравитациялық күш
| ауырлық күш
| тек өздігінен майдалануы
6.Механикалық процестерге ... майдалауды, сұрыптауды және араластыруды жатқызады.
|металдарды
|қатты материалдарды
|сұйықтарды
|газдарды
|қоймалжың заттарды
7.Қатты материалды майдалау процесінің жылдамдығы ... артады.
|майдалайтын дене бетіне қысымды азайтқанда
|майдалайтын дене бетінің ауданы өскенде
|майдалайтын дененің беріктігі өскенде
|майдалайтын дене бетіне қысымды өсіргенде
|майдалайтын дене бетінің температурасытөмендегенде
8.Қатты дене бетінің ауданын көбейту әдісі ... болып табылады.
|байыту
|елеу
|сепарациялау
|сұрыптау
|майдалау
9.Қатты затты майдалау әдісі ... болып табылады.
|ұзынша майыстыру
|созу
|таптау
|көлденең майыстыру
|күрделі деформациялау
10.Қатты затты майдалау әдісі ... болып табылады.
|жару
|ұзынша майыстыру
|созу
|көлденең майыстыру
|күрделі деформациялау

12-тақырып: Материалдың фракциялық құрамын торлық талдау
Мақсаты: Майдаланған материалдың фракциялық құрамын анықтау.
Оқыту мақсаты:
Студент білуге тиіс:

- Майдаланған материалдың түрлері;
- фракциялық құрамын анықтау;
- Електік саралауды жүргізу.

Студент істей алуға тиіс:
- Өлшемдер бойынша майдаланған материалдың таралу қисығын тұрғызу
- Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектердің орташа өлшемдерін анықтай алу;

Тақырыптың негізгі сұрақтары:
- Майдалау дәрежесі.
- Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектердің орташа өлшемдері

Білім берудің және оқытудың әдістері:
Студенттер материалдың фракциялық құрамын торлық талдауымен танысуы керек.
1.Торлы талдау жасаңыз.
2.Материалдың майдалану дәрежесін анықтаңыз
3.Майдаланған материал өлшемдерінің таралу графигін тұрғызыңыз.

Теориялық мәліметтер.

Сусымалы материалдарды електе, торларда немесе басқа да құрылғыда елеу механикалық классификациялау деп атайды. Қоспадағы қатты бөлшектерді, сұйықтықта бөлшектердің тұну жылдамдығына байланысты фракцияларға бөлуді гидравликалық классификациялау деп атайды. Қоспадағы қатты бөлшектерді, ауада бөлшектердің тұну жылдамдығына байланысты фракцияларға бөлуді ауалық сепарациялау деп атайды.

Майдалау процесі майдалану дәрежесімен сипатталады.

Майдалауға дейінгі бөлшектің орташа диаметрінің D_{op} майдаланғаннан кейінгі өнім бөлшегінің орташа диаметріне d_{op} қатынасын майдалау дәрежесі *i* деп аталады:

$$i = \frac{D_{op}}{d_{op}} \tag{14.2}$$

Майдалауға дейінгі және кейінгі бөлшектің орташа өлшемін анықтау үшін сынама материалдарды әртүрлі өлшемді саңылаулары бар електен елеу арқылы таңдалады және бірнеше фракциялар алады. Әрбір фракцияға өткен бөлшектердің және қалған бөлшектердің, електегі саңылау мөлшері сияқты жартылай қосындылы фракциялық бөлшектің орташа өлшемі табылады:

$$d_{op} = \frac{d_{i-1} + d_1}{2} \tag{14.3}$$

Негізінен максималды бөлшектің өлшемі, белгіленген фракциядан барлық материал толығымен өту арқылы електің саңылауының өлшемімен анықталады. Ал минималды бөлшектің өлшемі белгіленген фракцияда материалдың болғандағы електің саңылауының өлшемімен анықталады

Қоспадағы бөлшектің орташа өлшемі келесі теңдеумен анықталады:

$$d_i^{\phi} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i}{d_{cpi}}\right)} \tag{14.4}$$

мұнда $x_i \ldots x_n$ – әрбір фракция бөлшектерінің орташа өлшемі;

$d_{cp1} \ldots d_{cpn}$ – қоспадағы әрбір фракцияның салыстырмалы салмағының мөлшері:

$$X_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^{n} G_i} \tag{14.5}$$

мұнда G_i – *i*-лі електегі қалдық салмағы.

5 Әдебиет
негізгі:
1 Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. - 753 с.
3 Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И.Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400– 368 с
4 Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 14-е изд., стер. - М.: Альянс, 2007. С. 576
5 Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для студ. химико-технологических спец. вузов; Допущено Гос. комитетом СССР / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2008.- 496 с
6 Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 760 с.

7 Ешова Ж.Т. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары: Оқу құралы. – Алматы Қазақ университеті, 2007. – 237б.
8 Акбердиев Ә.С., Ханқожаев Ш.Х., Омарқұлов П.К. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, 2-ші бөлім, Шымкент, 2004 ж.
9 Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
10 J. F. Richardson and J. H. Harker. Chemical Engineering. V2. Fifth edition. Linacre House, Jordan Hill, Oxford: Butterworth – Heinemann, 2002. – 1183 p.
қосымша:
11 Муравьев И. А. Технология лекарств. Изд. 3-е, перераб. и доп. Т. I, М., «Медицина», 1980, 704 с, ил.
12 Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии.3-е изд. - Л.: Химия,.
13 Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
14 Акбердиев Ә.С., Молдабеков Ш.М. Химиялық технологияның негізгі процестері және аппараттары, 1-ші бөлім, Алматы; 1993 ж.
15 Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. В 5Т. Т1//Под ред. А.М. Кутепова – М.: Логос, 2001
16 Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой–Москва, Академия – 2006 г.

Бақылау (сұрақтар, тестілер, есептер және т.б.)

1 Майдалаудың тиімділігі қалай бағаланады?
2 Майдалау дәрежесі дегеніміз не?

Тестік тапсырмалар

1.Сусымалы материалдарды електі классификациялау дегеніміз:
|меншікті салмағы бойынша матриалдарды бөлу
|көлемі бойынша материалдарды бөлу
|пайда болу бойынша материалдарды бөлу
|тұтқырлығы бойынша материалдарды бөлу
|елек арқылы ірілігі бойынша бөлу
2.Елеуге арналған аппараттың негізгі бөлігі ... болып табылады.
|қаңқасы
|тор
|электркозғалтқыш
|тіреу
|тиеу құрылғысы
3.Елегіш жұмысының негізгі көрсеткіші ... болып табылады.
|тиімділік
|өнімділік
|қуаты
|өнімді беру жылдамдығы
|аппарат өлшемдері
4.Бөлінетін материалдың физикалық-механикалық қасиеттеріне байланысты елегіштің негізгі көрсеткіші ... болып табылады.
|материалдың қозғалуының салыстырмалы жылдамдығы
|қуаты
|аппарат өлшемдері
|тор өлшемдері
|жұмыс режимі
5.Сусымалы материалдарды електе, торларда немесе басқа да құрылғыда елеу ...деп атайды.
|механикалық классификациялау
|ауалық сепарациялау
|гидравликалық классификациялау
|ұсақтау
|престеу
6.Сусымады материалдың фракциялық қаситетін анықтайтын, прибор:
|Микроскоп микрометриялы сызықшасымен
|Стандартты елек жинақтары
|Прибор ВП-12А
|Прибор 545-Р-АК-3
|Прибор ХНИХФИ
7.Престелетін материалдың бөлшектерінінің гранулометриялық таралуы технологиялық қасиетке жақызылады және...терминімен белгіленеді.
|Үймелік тығыздық

|Шынайы тығыздық
|Фракциялық құрам
|Кеуектілік
|Сусымалылық
8.Стерженді диірмендерде ұсақталатын түйіршік материалдардың өлшемі:
|5-20 мм
|20-30 мм
|50-60 мм
|10-15 мм
|1-3 мм
9.Сусымалы материалдарды араластыру ...процестерге жатады.
|гидромеханикалық
|жылулық
|массаалмасу
|механикалық
|химиялық
10.Процестер мен аппараттарды есептеудің соңғы мақсаты ... болып табылады.
|жүйенің теңдік күйін анықтау
|материалдық немесе жылулық баланс түзу
|оңтайлы жұмыс режимін анықтау
|аппараттардың өлшемдері
|процестің кинетикасын есептеу

Білімді бағалау критерийлері және ережелері

№	Бақылау түрі	Баға	Бағалау критериилері
1.	Ауызша жауап (Сұрау)	Өте жақсы A (4,0; 95-100%); A- (3,67; 90-94%) бағаларға сәйкес	Студент жауап беру кезінде қандай да бір қателіктер, дәлсіздіктер жіберген жоқ. Оқытылатын пән бойынша теорияны, концепцияны, бағыттарды жақсы біледі және оларға сын баға береді, басқа пәндердің ғылыми жетістіктерін қолданады.
		Жақсы B+ (3,33; 85-89%); B (3,0; 80-84%); B- (2,67; 75-79%); C+ (2,33; 70-74%);	Студент жауап беру кезінде өрескел қателіктер жіберген жоқ, студенттің өзімен түзетілген түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, оқытушының көмегімен бағдарламалық материалды жүйге келтірді.
		Қанағаттанарлық C (2,0; 65-69%); C- (1,67; 60-64%); D+ (1,0; 50-54%) бағаларға сәйкес	Студент жауап беру кезінде түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, оқытушы көрсеткен оқу әдебиеттерімен шектелді, материалды жүйеге келтіруде үлкен қиындыққа тап болды.
		Қанағаттанарлықсыз F (0; 0-49%) бағаға сәйкес	Студент жауап беру кезінде түбегейлі қателіктер жіберді, тақырып бойынша негізгі әдебиеттермен жұмыс істеу толық жүргізілмеген. Пәннің ғылыми терминдерін қолдана алмайды, стилистикалық және логикалық өрескел қателіктер жіберді.
2.	Зертханалық жұмыстарды орындау, аппаратурамен, кестелермен жұмыс істеу, зерттеу нәтижелерін талқылау, хаттамаларды безендіру	Өте жақсы A (4,0; 95-100%); A- (3,67; 90-94%) бағаларға сәйкес	Тәжірибелік және лабораториялық жұмыстарды орындауда қандай да бір қателіктер жібермей, уақытысында орындады және есептеме тапсырды. Жұмыс нәтижелерін талқылауда белсенді қатысты. Дәйекті қорытынды жасады және осы кезде нақты ойлау қабілетін көрсетті.
		Жақсы B+ (3,33; 85-89%); B (3,0; 80-84%); B- (2,67; 75-79%); C+ (2,33; 70-74%);	Тәжірибелік және лабораториялық жұмыстарды уақытысында орындады және принципиалды ескертулерсіз есептеме тапсырды. Жұмыс нәтижелерін талқылауда белсенді қатысты.
		Қанағаттанарлық C (2,0; 65-69%); C- (1,67; 60-64%); D+ (1,0; 50-54%) бағаларға сәйкес	Тәжірибелік және лабораториялық жұмыстарды уақытысында орындады және есептеме тапсырды. Жұмыс нәтижелерін талқылауда белсенділік танытпады, оқытушының көмегін қажетсінді.
		Қанағаттанарлықсыз F (0; 0-49%) бағаға сәйкес	Есептемені уақытысында тапсырмады, орындау кезінде принципиалды қателіктер жіберді. Бағдарламада көрсетілген зертханалық жұмыстарды түгел орындамады. Жұмыс нәтижелерін талқылауда белсенділік көрсетпеді.
		Жақсы B+ (3,33; 85-89%); B (3,0; 80-84%); B- (2,67; 75-79%); C+ (2,33; 70-74%)	Типтік есепті орындауда белсенділік танытты, материалды білетінін көрсетті, студенттің өзімен түзетілген түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, оқытушының көмегімен бағдарламалық материалды жүйге келтірді.
		Қанағаттанарлық C (2,0; 65-69%); C- (1,67; 60-64%); D+ (1,0; 50-54%) бағаларға сәйкес	Типтік есептеулер барысында белсенділік танытпады, түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, материалды жүйелеу кезінде үлкен қиындыққа тап болды.
		Қанағаттанарлықсыз F (0; 0-49%) бағаға сәйкес	Типтік есептерді шығаруға қатыспады, оқытушының сұрағына жауап беру кезінде принципиалды қателіктер және дәл емес жауаптар берді, ғылыми терминологияны қолданбады.

3.	Тестік тапсырмаларды шешу	Өте жақсы A (4,0; 95-100%); A- (3,67; 90-94%) бағаларға сәйкес	90-100% дұрыс жауаптар
		Жақсы B+ (3,33; 85-89%); B (3,0; 80-84%); B- (2,67; 75-79%); C+ (2,33; 70-74%);	75-89% дұрыс жауаптар
		Қанағаттанарлық C (2,0; 65-69%); C- (1,67; 60-64%); D+ (1,0; 50-54%) бағаларға сәйкес	50-74% дұрыс жауаптар
		Қанағаттанарлықсыз F (0; 0-49%) бағаға сәйкес	50% төмен дұрыс жауаптар
		Жақсы B+ (3,33; 85-89%); B (3,0; 80-84%); B- (2,67; 75-79%); C+ (2,33; 70-74%);	БӨЖ-ді орындау және қорғау кезіндежауап беру кезінде өрескел қателіктер жіберген жоқ, студенттің өзімен түзетілген түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, оқытушының көмегімен бағдарламалық материалды жүйге келтірді.
		Қанағаттанарлық C (2,0; 65-69%); C- (1,67; 60-64%); D+ (1,0; 50-54%) бағаларға сәйкес	БӨЖ-ді орындау және қорғау кезінде түбегейлі емес дәлсіздіктер немесе қателіктер жіберді, оқытушы көрсеткен оқу әдебиеттерімен шектелді, материалды жүйеге келтіруде үлкен қиындыққа тап болды.
		Қанағаттанарлықсыз F (0; 0-49%) бағаға сәйкес	БӨЖ-ді орындау және қорғау кезінде түбегейлі қателіктер жіберді, тақырып бойынша негізгі әдебиеттермен жұмыс істеу толық жүргізілмеген. Пәннің ғылыми терминдерін қолдана алмайды, стилистикалық және логикалық өрескел қателіктер жіберді.