ДӘРІСТІК КЕШЕН

Пән: Фармацевттік өндірістің процестері және аппараттары-1

ББББ атауы: 6В07201 – Фармацевтика өндірісінің технологиясы

Пән коды: **PAHFP 2201-1**

Оқу сағаттарының көлемі: 180 (6 кредит)

Курс: 2

Оқу семестрі: 3

Дәріс көлемі: 12 сағат

Шымкент, 2024 ж.

Дәрістік кешен ББП бойынша сәйкес әзірленген "6В07201 – Фармацевтикаөндірісінің технологиясы" және кафедра мәжілісінде талқыланды.

Хаттама №_____Күні_____

Кафедра меңгерушісі_____Орымбетова Г.Э.

№1 дәріс

1 - ТАҚЫРЫП: Фармацевтика өндірісінің негізгі процестерінің жіктелуі. Негізгі процестердің кинетикалық заңдылықтары. Аппараттар мен машиналарды есептеудің жалпы принциптері

2. МАҚСАТЫ: Фармацевтика өндірісінің негізгі процестерінің жіктелуімен, негізгі процестердің кинетикалық заңдылықтарымен, аппараттар мен машиналарды есептеудің жалпы принциптерімен, процестердің негізгі теңдеуімен танысу.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Фармацевтика өндірісінің негізгі процестерінің жіктелуі.
2. Аппараттар мен машиналарды есептеудің жалпы принциптері.
3. Процестердің негізгі теңдеуі.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Фармацевтикалық өнімдерді өндіру үшін көптеген тізбектелген біртипті процестер қолданылады. Мысалы: ысыту, майдалау, кептіру және т.б. Олардың әрқайсысында зат физикалық немесе химиялық өзгерістерге түседі. Бұл процестер әртүрлі өндірістерде әрекеттері ұқсас аппараттарда өткізіледі.

Фармацевтика технологиясында процестердің өту жылдамдығын анықтайтын негізгі заңдарға байланысты былай бөлінеді:

1) Гидродинамикалық процестер - өту жылдамдығы гидродинамиканың заңдарымен анықталады. Бұларға төмендегі процестер жатады: сұйықтарды тасымалдау, газдарды тасымалдау және сығу, сұйықты және газды әртекті жүйелерді ауырлық күштің (тұндыру), ортадан тепкіш күштің (центрафугалау) және қысым күшінің (сүзу) әсерлерімен ажырату, сұйық ортаны араластыру. Процестің қозғаушы күші қысымдар айырмасы немесе ортадан тепкіш күш болады.

2) Жылу процестері - өту жылдамдығы жылу тасымалдау заңдарымен анықталады. Бұларға: жылыту, суыту, конденсациялау, қату, балқу, булану және буландыру процестері кіреді. Процестердің қозғаушы күші – температуралар айырмасы.

3) Масса алмасу (диффузиялық) процестері. Мұндай процестер қоспаның бір немесе бірнеше құрамдастарының бір фазадан екінші фазаға өтуімен сипатталады. Бұларға: абсорбция, ректификация, айдау, экстракция, адсорбция, кристаллизация, кептіру процестері кіреді. Процестің қозғаушы күші концентрациялар айырмасы.

4) Химиялық процестер - өту жылдамдығы химиялық кинетиканың заңдарымен анықталады. Бұл процестерге каталитикалық, крекинг, пиролиз, гидротазалау және т.б. кіреді. Процестің қозғаушы күші әрекеттесетін заттардың концентрациялары болады.

5) Механикалық процестердің өту жылдамдығы қатты заттар механикасының заңдарымен анықталады. Бұларға: қатты денелерді ұсақтау, іріктеу, араластыру және тасымалдау процестері кіреді.

6) Микробиологиялық процестер – микроорганизмдердің өмір сүруінің биологиялық заңдарымен анықталады. Мысалы: ашытқы жасау, сүтті ашыту және т.б.

7) Электрофизикалық процестер электр тогының әсерімен өтеді. Қозғаушы күші потенциалдар айырмасы - ΔU.

Ұйымдастыру тәсілдері бойынша былай жіктеледі:

1) Мерзімді әрекетті процестер. Белгілі уақыт ішінде аппаратқа шикізат материалы жүктеліп, ол өңделіп болған соң, дайын өнім алынады да, аппаратқа жаңадан шикізат жүктеледі. Процестің барлық сатысы бір жерде (яғни бір аппаратта), бірақ әртүрлі кезеңде өтеді.

2) Үздіксіз әрекетті прцестер. Апппаратқа шикізатты жүктеу және одан дайын өнім алу үздіксіз болады. Мұнда процестің барлық сатысы (стадиясы) бір уақытта, бірақ аппараттың әртүрлі нүктелерінде өткізіледі. Сонымен бірге аппарат көлемінің әр нүктесіндегі температураның, қысымның, концентрацияның және т.б. параметрлердің мәні уақыт бойынша өзгермейді.

3) Құрастырылған әрекеттегі процестер. Мұнда үздіксіз әрекеттегі процестің кейбір сатысы мерзімді әрекетте өтеді немесе керісінше.

Үздіксіз әрекеттегі процестердің мерзімді әрекеттегі процестерге қарағанда мынадай артықшылықтары бар:

А) Дайын өнім үздіксіз алынады.

В) Процесті механикаландыру және автоматтандыру оңай.

С) Алынатын өнімнің сапасы біркелкі болады, себебі, процестің өту режимі тұрақты.

Д) Жабдықтың ықшамдылығы, яғни материалдық және эксплуатациялық шығындары аз.

Г) Аппараттың жұмысында тыныс болмағандықтан, берілетін (немесе алынатын) жылу толығымен пайдаланылады және шыққан жылуды пайдалану мүмкіндігі бар.

Бөлшектердің аппаратта болу уақытының таралуы және соған байланысты процеске әсері бар басқа факторлардың температура, концентрация және т.б. уақыт бойынша өзгеруіне байланысты үздіксіз әрекетті аппараттың екі теориялық моделін қарастырады:

А) Идеалды ығыстырғыш, мұнда барлық бөлшек белгілі бағытта, ешқандай араласпастан,алдыңғы бөлшектерді толық ығыстырады, яғни қатты поршень тәрізді жылжиды. Мұндай аппараттарда юарлық бөлшектердің аппаратта болу уақыты бірдей болады.

Б) Идеалды араластырғыш, мұнда аппаратқа кірген бөлшектер, ондағы бөлшектермен лезде және толық араласып кетеді. Бөлшектер, аппараттар көлемінде біркелкі болып таралып, процесті сипаттайтын параметрлердің мәні лезде бірдей болады.

Бөлшектердің аппаратта болу уақыты бірдей емес. Нақтылы үздіксіз әрекеттегі аппараттаросы екі модельдің аралығында болады, яғни бөлшектердің болу уақыты, идеалды араластырғыш аппаратындағыдай ешқашан өзара тең болмайды.

Материалдық баланс. Массаның сақталу заңы негізінде материалдық баланс құрылады:

$$\sum G_б = \sum G_c + G_ш \quad (1.1)$$

Мұнда $\sum G_б$ процесте қатынасатын бастапқы заттардың жалпы массасы; $\sum G_c$- процестің нәтижесінде алынған өнімдердің массасы; $G_ш$ – шығын болған заттардың массасы (буға айналу, саңлаулардан аңып кету және т.б.) материалдық балансты поцеске қатысатын барлық материалдар үшін немесе сол материалдық баланс бір операцияға, ал үздіксіз әрекетті процестерде уақыт бірлігінде жазылады. Бұл баланстан қажет болған шикізат шығыны немесе алынатын өнімнің мөлшері есептеліп анықьалады.

Әнергетикалық баланс. Энергияның сақталу заңының негізінде Энергетикалық (жылулық) баланс құрылады:

$$\sum Q_b = \sum Q_c + Q_ш \quad (1.2)$$

Мұнда $\sum Q_b$ - аппаратқа бастапқы материалдармен енгізілетін жылуы; $\sum Q_c$ – аппараттан алынған өнімдермен шығатын жылу; $Q_ш$ - қоршаған ортаға таралған жылу шығыны.

$$\sum Q_b = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1.3)$$

Мұнда Q_1 – шикізатпен енгізілген жылу. Q_2 – процестің жылу эффектісі (егер процес нәтижесінде жылу сіңірілсе, онда теріс таңбалы болады). Q_3 – сыртттан енгізілетін жылу.

$$\sum Q_c = Q_4 + Q_5 \quad (1.5)$$

Q_4 - алынған өнімдермен кететін жылу. Q_5 – жылутасымалдағышпен кететін жылу.

Процестер және аппараттарды есептеу төмендегі негізгі мақсаттарды көздейді:

1) Жүйенің тепе – теңдік күйін есептеу.

2) Шикізат материалының шығынын және алынған өнімнің мөлшерін, сонымен бірге жұмсалатын әнергия (жылу) және жылутасымалдағыштың мөлшерін есептеу.

3) Аппараттың қолайлы режимін, жұмыс бетін немесе жұмыс көлемін анықтау.

Аппараттың негізгі өлшемдерін есептеу.

Жоғарыда айтылған процестердің барлығы қозғаушы күштің әсерінен ғана өтуі мүмкін. Қозғаушы күш жүйенің тепе – теңдік күйінен ауытқу дәрежесінсипаттайды. Мысалы, ол гидромеханикалық процестер үшін – қысымдар айырмасы, жылу процестер үшін – температуралар айырмасы, масса алмасу процестері үшін – концнетрациялар айырмасы болып табылады. Процестердің негізгі теңдеулерін төмендегінше жазуға болады:

$M=K_f F_{\Delta\tau}$, $M=K_v V_{\Delta\tau}$

Мұнда M – процесс нәтижесі; мысалы өткен жылу немесе зат мөлшері. K_f K_v – процесс жылдамдығының беттік немесе көлемдік коэффициенттері. $_\Delta$ - қозғаушы күш. $_\tau$ – уақыт. F V –аппараттың жұмыс беті немесе көлемі.

4. **ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:** Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

1. «Аппарат» - ұғымын түсіндіріңіз.
2. Мезгілді және үздіксіз әрекетті процестер.
3. Кинетикалық заңдылықтарына байланысты процестердің жіктелуі.
4. Прцестердің материалдық және энергетикалық баланстары.
5. Аппараттарды есептеу мақсаттары.
6. Жылуалмасудың негізгі теңдеуі.

№2 дәріс

ТАҚЫРЫБЫ 2: Гидростатика негіздері.

2. МАҚСАТЫ: Гидростатиканың және гидродинамиканың негізгі теңдеулерін қолдану әдістерін, сонымен қатар сұйықтардың әртүрлі пішінді арналарда ламинарлы және турбулентті ағуларынң заңдылықтарын оқу.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Нақты сұйықтардың негізгі мінездеме параметрлері.
2. Гидростатиканың негізгі теңдеуі.
3. Бернулли теңдеуі. Құбырлардың гидравликалық кедергілері.
4. Денелердің сұйықта қозғалуы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Гидравлика сұйықтардын тепе-теңдігі мен қозғалыс заңдарын және іс жүзінде осы заңдарды инженерлік мәселелерді шешуде қолдану тәсілдерін қарастыратын ғылым. Гидравликада сұйықтар үздіксіз материалдың орта ретінде қарастырылады. Гидравликаның негізгі заңдылықтарын қарастыруды оңайлату үшін идеал сұйық деген ұғым енгізіледі.

Идеал сұйық қысым әсерінен сығылмайды, температура мен қысым өзгергенде тығыздығы өзгермейді және оның ішкі үйкелісі (тұтқырлығы) жоқ деп есептеледі.

Гидравлика, гидростатика және гидродинамика деген екі бөлімнен құралады.

Гидростатикада сұйықтардың тепе-теңдік заңдары, ал гидродинамикада олардан қозғалыс заңдары қарастырылады.

Тығыздық және меншікті салмақ**.** Сұйықтың көлем бірлігінің массасын тығыздық деп атайды және ρ әрпімен белгіленеді.

Сұйықтың көлем бірлігінің салмағын меншікті салмақ деп атайды және γ әрпімен белгіленеді.

Қысым. Аудан бірлігіне нормаль бағытында әсер ететін күштің мөлшерін абсолюттік қысым деп атайды. Қысымның негізгі өлшем бірлігі ретінде паскаль [Па] пайдаланылады.

Қысым мен сұйық бағанасының арасындағы байланыс:

$$P = \gamma \cdot H \qquad (1.7)$$

Абсолют қысым $P_{абс}$:

$$P_{абс} = P_{изб} + P_{атм} \qquad (1.8)$$

$$P_{абс} = P_{атм} - P_{вак} \qquad (1.9)$$

Тұтқырлық. Ағатын денелердің (сұйықтар мен газдар) олардың бір бөлігінің екінші бөлігімен салыстырғанда қозғалуына кедергі туындату қасиеті. Нәтижесінде қозғалуға шығындалған жұмыс жылу түрінде шашылады.

Сұйықтар мен газдардағы ішкі үйкеліс сұйықтың қозғалу бағытына перпендикуляр бағытта импульстің тасымалдануы нәтижесінде туындайды.Ішкі үйкелістің жалпы заңы – Ньютон заңы:

$$\tau = -\mu \frac{dw}{dn}.$$

Мұнда μ. - тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті. Инженерлік есептеулерде тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті жиі қолданылады

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Мұнда ρ — тығыздық; μ. — тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті, Па·с.

Гидростатика. Теңдіктің дифференциалды Эйлер теңдеуі

Тыныштық күйдегі сұйық көлемінде көлемі dV және қабырғалары dx, dy u dz параллелепипед қарастырылады.

Қарапайым параллелепипедтің теңдік шарты мына теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} &= 0 \\ -\frac{\partial P}{\partial y} &= 0 \\ -\rho g - \frac{\partial P}{\partial z} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1.13)$$

(1.13) теңдеуі теңдіктің дифференциалды Эйлер теңдеуі болады.

Гидростатиканың негізгі теңдеуі. (1.13) теңдеуі бойынша тыныштық күйдегі сұйықтың қысымы биіктік бойынша ғана өзгереді. Частная производная $\frac{\partial P}{\partial z}$ жекеше туынды $\frac{dP}{dz}$ -қа алмастырылуы мүмкін. Олай болса

$$-\rho g - \frac{dP}{dz} = 0$$

Бұдан – $$dP - \rho g dz = 0 \qquad (1.14)$$

Оң және сол жақтарын ρg бөліп, және таңбаларын ауыстырсақ

$$dz + \frac{1}{\rho g} dP = 0$$

Сығылмайтын сұйық үшін тығыздық тұрақты, сондықтан

$$dz + d(\frac{P}{\rho g}) = 0$$

немесе $$d(z + \frac{P}{\rho g}) = 0$$

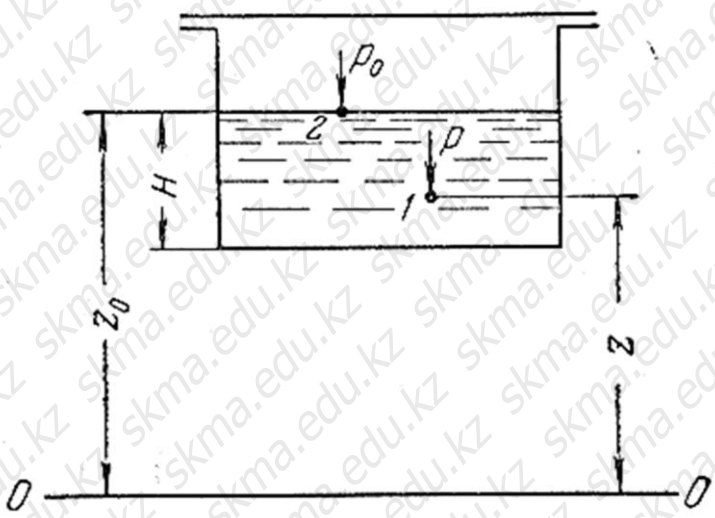
Бұл өрнекті интегралдасақ

$$z + \frac{P_1}{\rho g} = const \qquad (1.16)$$

(1.16) теңдеуін гидростатиканың негізгі теңдеуі деп аталады.

Мұнда z_1, z_2 – нүктелердің нивелирн биіктіктері

P_1, P_2 – нүктелердегі гидростатикалық қысым.



2.2 сурет. Гидростатиканың негізгі теңдеуіне

Сұйықтың екі нүктелерін қарастырамыз. 1 нүктенің биіктігі z $O-O$ жазықтығынан, ал нүктенің биіктігі z_0. Осы нүктелердегі қысымдар P және P_0 (2.2 сурет).

(1.16) теңдеуі бойынша

$$z + \frac{P}{\rho g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho g} \qquad (1.17)$$

немесе $$\frac{P - P_0}{\rho g} = z_0 - z \qquad (1.18)$$

$\frac{P}{\rho g}$ шамасын статикалық немесе пьезометрлік тегеурін деп аталады.

Давление жидкости на плоскую наклонную стенку

Пусть мы имеем резервуар с наклонной правой стенкой, заполненный жидкостью с удельным весом γ. Ширина стенки в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа (от читателя), равна *b* (рис.2.3). Стенка условно показана развернутой относительно оси *AB* и заштрихована на рисунке. Построим график изменения избыточного гидростатического давления на стенку *AB*.

Так как избыточное гидростатическое давление изменяется по линейному закон P=γgh, то для построения графика, называемого эпюрой давления, достаточно найти давление в двух точках, например *A* и *B*.

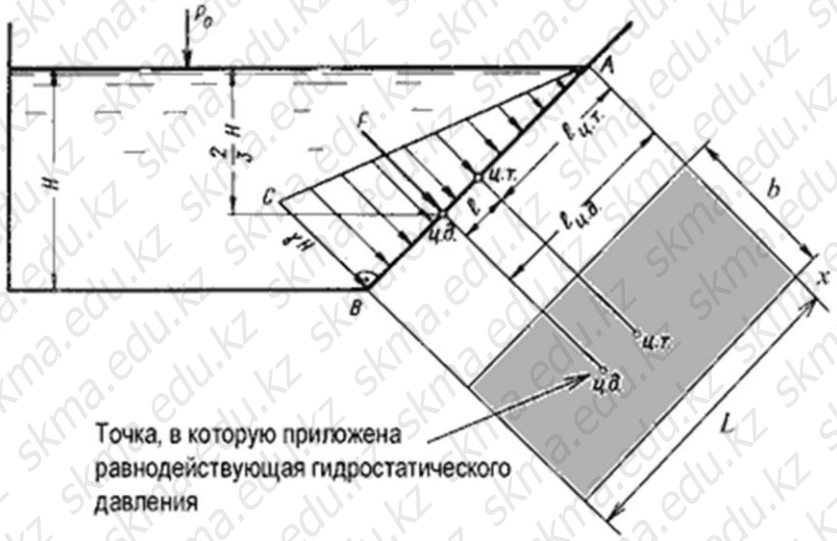


Рис. 2.2. Схема к определению равнодействующей гидростатического давления на плоскую поверхность

Избыточное гидростатическое давление в точке А будет равно

$P_A = \gamma h = \gamma \cdot 0 = 0$

Соответственно давление в точке В:

$P_B = \gamma h = \gamma H$

где *H* - глубина жидкости в резервуаре.

Согласно первому свойству гидростатического давления, оно всегда направлено по нормали к ограждающей поверхности. Следовательно, гидростатическое давление в точке *B*, величина которого равна γH, надо направлять перпендикулярно к стенке *AB*. Соединив точку *A* с концом отрезка γH, получим треугольную эпюру распределения давления *ABC* с прямым углом в точке *B*. Среднее значение давления будет равно

$$\frac{\gamma H + 0}{2} = \frac{\gamma H}{2}$$

Если площадь наклонной стенки *S=bL,* то равнодействующая гидростатического давления равна

$$F = \frac{\gamma H}{2} S = \gamma S h_c$$

где *hc = H/2* - глубина погружения центра тяжести плоской поверхности под уровень жидкости.

Однако точка приложения равнодействующей гидростатического давления ц.д. не всегда будет совпадать с центром тяжести плоской поверхности. Эта точка находится на расстоянии *l* от центра тяжести и равна отношению момента инерции площадки относительно центральной оси к статическому моменту этой же площадки.

$$\ell = \frac{J_{Ax}}{\ell_{ц.т.} S},$$

где J_{Ax} - момент инерции площади *S* относительно центральной оси, параллельной *Ax*.

В частном случае, когда стенка имеет форму прямоугольника размерами *bL* и одна из его сторон лежит на свободной поверхности с атмосферным давлением, центр давления ц.д. находится на расстоянии *b/3* от нижней стороны.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

№3 дәріс

1. Тема 3: Гидродинамика.

2. Цель: Ознакомление с основными характеристиками движения жидкости, дифференциальными уравнениями движения жидкости, уравнением Бернулли.

3. Тезисы лекции:

1) Основные характеристики движения жидкости.
2) Дифференциальные уравнения движения жидкости
3) Уравнение Бернулли.

Краткое содержание лекции

Сұйық қозғалуының негізгі мінездемелері Ағынның көлденең қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін сұйық мөлшерін сұйық шығыны деп атайды. Сұйықтың көлемдік ($м^3/сек$) және массалық ($кг/сек$) шығындарын ажыратады.

Ағынның көлденең қимасының әртүрлі нүктелерінде жылдамдық бірдей емес және жылдамдықтың таралуы белгісіз, сондықтан есептеулерде нақты жылдамдық орнына орташа жылдамдық қолданылады. Орташа жылдамдық көлемдік шығынды (V) көлденең қима ауданына (S) бөлгенге тең.

$$W_ф = \frac{V_{сек}}{S} \ (м/сек) \qquad (2.24)$$

Бұдан көлемдік шығын

$$V_{сек} = W \cdot S \qquad (2.25)$$

Массалық шығын

$$M = \rho \varpi S \qquad (2.25, а)$$

Гидравликалық радиус және эквивалентті диаметр

Сұйық кез келген пішінді көлденең қима ауданы арқылы қозғалғанда, қима пішіні дөңгелектен бөлек болғанда, мінездеме өлшем ретінде гидравликалық радиус немесе эквивалентті диаметр қолданылады.

Сұйық аққан арнаның еркін қимасы ауданының оның ылғалданған периметріне қатынасын гидравликалық радиус (r_r) деп атайды.

$$r_r = \frac{S}{П} \ (м) \qquad (2.26)$$

Дөңгелек қима үшін $S = \frac{\pi d^2}{4}; \ П = \pi d$

Сонда $r_Г = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} = \frac{d}{4}$

Гидравликалық радиус арқылы өрнектелген диаметрді эквивалентті диаметр деп атайды.

$$d = d_э = 4r_r \qquad (2.27)$$

(2.26) теңдеуіне сәйкес

$$d_э = \frac{4S}{П}$$

Тікбұрышты қима үшін

$$r_Г = \frac{S}{П} = \frac{ав}{2а + 2в} = \frac{ав}{2(а + в)}$$

эквивалентті диаметр

$$d_э = 4r_r = \frac{4ав}{2а + 2в} = \frac{2ав}{а + в}$$

Сақиналы қима үшін

$$d_э = \frac{4S}{П} = \frac{4\left(\frac{\pi d_н^2}{4} - \frac{\pi d_в^2}{4}\right)}{\pi d_н + \pi d_в} = \frac{d_н^2 - d_в^2}{d_н - d_в} = d_н - d_в$$

Дөңгелек құбыр үшін $d_э = d_в$

Сұйықтың ағу режимі. Сұйықтың барлық бөлшектері параллель траекториялармен ағатын болса, мұндай қозғалысты ламинарлы қозғалыс деп атайды.

Сұйық бөлшектерінің ретсіз немесе құйынды қозғалысын турбулентті қозғалыс деп атайды.

Ламинарлы қозғалыстан турбулентті қозғалысқа сұйықтың массалық жылдамдығы $\rho\varpi$ және құбыр диаметрі d өскен сайын және тұтқырлық μ кеміген сайын жылдам өтеді

Бұл шамаларды бірінші болып Рейнольдс өлшемсіз комплекске біріктірді, оның сандық мәні сұйықтың қозғалу режимін анықтауға мүмкіндік береді. Осы комплексті Рейнольдс ұқсастық саны деп атайды.

$$\mathrm{Re} = \frac{Wd\rho}{\mu} \qquad (2.28)$$

Рейнольдс ұқсастық саны қозғалатын ағындағы инерция күштерінің тұтқырлық күштеріне қатынасын сипаттайды. $\frac{\mu}{\rho} = \upsilon$ - кинематикалық тұтқырлық деп атайды, сонда

$$\mathrm{Re} = \frac{Wd}{\upsilon} \qquad (2.29)$$

Re<2320 – тұрақты ламинарлы қозғалыс аймағы.

2320<Re<10 000 өтпелі режим.

Re>10 000 дамыған турбулентті режим.

Бернулли теңдеуі . Қозғалудың Эйлер теңдеуін шешу, гидродинамикада кеңінен қолданылатын және маңызды теңдеуі, Бернулли теңдеуін алуға мүмкіндік береді.

Ағынның кез келген екі көлденең қимасы үшін мына теңдеуді жазуға болады:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + \mathrm{h_ш} \qquad (2.37)$$

(2.37) теңдеуі идеал сұйыққа жазылған Бернулли теңдеуі деп аталады.

$\left(z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\varpi^2}{2g} \right)$ шамасын толық гидродинамикалық тегеурін деп атайды.

Олай болса идеал сұйықтың тұрақталған ағынының барлық көлденең қималарында гидродинамикалық тегеурін тұрақты болады.

z — нивелирлік биіктік немесе геометриялық тегеурін (h_r), нүктеде орналасудың меншікті потенциалдық энергиясын сипаттайды.

$\frac{P}{\rho g}$ — статикалық немесе пьезометрлік тегеурін (h_{cm}), нүктеде қысымның меншікті потенциалдық энергиясын сипаттайды.

$\frac{w^2}{2g}$ — жылдамдық немесе динамикалық тегеурін, нүктедегі меншікті кинетикалық энергияны сипаттайды.

Тұрақталған қозғалуда потенциалдық және кинетикалық энергиялардың қосындысы тұрақты болады.

Сондықтан Бернулли теңдеуі ағындар үшін энергияның сақталу заңының жекеше түрі және ағынның энергетикалық балансын өрнектейді.

Құбырлардағы гидравликалық кедергілер

Құбырдағы шығын жалпы жағдайда үйкелу кедергісінен және жергілікті кедергілерден болады.

Үйкелу кедергісі нақты сұйық қозғалғанда құбырдың барлық ұзындығында байқалады және оған сұйықтың ағу режимі әсер етеді.

Жергілікті кедергілер ағын жылдамдығы шамасы мен бағытының кез келген өзгерістерінде туындайды. Олардың қатарына сұйықтың құбырға кіруі және шығуы, құбырдың кеңеюі және тарылуы, бұрылыстар, иіндер, үштіктер және реттеу құрылғылары жатады. Сондықтан тегеурін шығыны екі шамалардың қосындысынан тұрады:

$$h_Г = h_{TP} + h_{м.с.} \qquad (2.52)$$

Бернулли теңдеуіне сәйкес, горизонталь құбыр үшін ($z_1 = z_2$) және ($\varpi_1 = \varpi_2$), сонда үйкелуге шығындалған тегеурін

$$h_{TP} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

Бұдан $\Delta P = h_{TP}\rho g$

Ламинарлы қозғалыста сұйық шығыны Пуазейль теңдеуімен анықталады:

$$V_{сек} = \frac{\pi d^4 \Delta P}{128\mu \frac{\pi d^2}{4}} \qquad (2.53)$$

ΔP мәнін қойсақ және $V_{сек} = w \cdot s = \omega \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ ескерсек:

$$w \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h}{128\mu \text{ ÒÐ}}$$

Мұнда және d — құдырдың ұзындығы және диаметрі.

Бұдан, қысқартқаннан кейін, h_{TP} табамыз:

$$h_{TP} = \frac{32\omega\mu}{\rho g d^2}$$

Бөлшектің бөлімін және алымын $2w$ көбейтсек:

$$h_{TP} = \frac{64\mu}{\rho d\omega} \cdot \frac{}{в} \cdot \frac{\omega^2}{2n} = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

Сонымен құбырдағы ламинарлы қозғалыс кезінде:

$$h_{TP} = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \qquad (2.54)$$

Мұнда $\frac{64}{\mathrm{Re}} = \lambda$ — үйкелу коэффициенті (2.55)

$\zeta_{TP} = \lambda \frac{}{d}$ - кедергі коэффициенті (2.56)

Олай болса (2.54) теңдеуін былай жазамыз:

$$h_{TP} = \zeta_{TP} \frac{\omega^2}{2g} = \lambda \frac{}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \qquad (2.57)$$

немесе ΔP_{TP} үшін ($\Delta P_{TP} = \rho g h_{TP}$)

$$\Delta P_{TP} = \lambda \frac{}{d} \cdot \frac{\rho\omega^2}{2} \qquad (2.58)$$

Квадрат қима үшін $\lambda = \frac{57}{\mathrm{Re}}$

Сақина қима үшін $\lambda = \frac{96}{\mathrm{Re}}$

Тегіс құбырдағы турбулентті қозғалу кезінде

$$\lambda = 0{,}316\,\mathrm{Re}^{-0{,}25} = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}} \qquad (2.59)$$

Абсолют бүдірлік Δ деп құбыр ішіндегі бүдірлердің орташа биіктігін айтады.

Абсолют бүдірліктің Δ құбыр диаметріне қатынасын салыстырмалы бүдірлік ε деп атайды:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d} \qquad (2.60)$$

Турбулентті қозғалудың барлық аймақтарына дұрыс теңдеу:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21g\left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{\mathrm{Re}}\right)0,9\right] \qquad (2.61)$$

Тегеуріннің жергілікті кедергілердегі шығынын жылдамдық тегеуріні арқылы өрнектейді. Тегеуріннің жергілікті кедергілердегі шығынының $h_{м.с.}$ жылдамдық тегеуріне $\frac{\omega^2}{2g}$ қатынасын жергілікті кедергі коэффициенті $\zeta_{м.с.}$ деп аталады. Сонда әртүрлі жергілікті кедергілер үшін:

$$h_{м.с.1} = \zeta_{м.с.1}\frac{\omega^2}{2g}; \quad h_{м.с.2} = \zeta_{м.с.2}\frac{\omega^2}{2g}; \quad h_{м.с.3} = \zeta_{м.с.3}\frac{\omega^2}{2g};$$

Немесе олардың қосындысы $h_{м.с.}$

$$h_{м.с.} = \sum\zeta_{м.с.}\frac{\omega^2}{2g} \qquad (2.62)$$

Тегеуріннің жалпы шығыны үйкелуге және жергілікті кедергілерге шығындалады, сондықтан:

$$h_n = \zeta_{TP}\frac{\omega^2}{2g} + \sum\zeta_{м.с.}\frac{\omega^2}{2g} = \sum\zeta\frac{\omega^2}{2g} \qquad (2.63)$$

Сонда тегеурін шығынын мына теңдеумен анықтаймыз:

$$h_n = \left(\lambda\frac{l}{dz} + \sum\zeta_{м.с.}\right)\frac{\omega^2}{2g} \qquad (2.64)$$

Қысым шығыны

$$\Delta P_n = \left(\lambda\frac{l}{dz} + \sum\zeta_{м.с.}\right)\frac{\rho\omega^2}{2g} \qquad (2.65)$$

<u>Ауырлық күші әсерімен бөлшектердің тұнуы</u>

Бөлшектің ортадағы қозғалу үдеуі нолге тең және бөлшек тұрақты жылдамдықпен қозғалу жылдамдығын тұну жылдамдығы деп атайды.

Диаметрі d шар тәрізді бөлшекті қозғайтын күш оның салмағы мен кері ығыстыратын архимед күші (сұйық салмағына тең) айырмашылығына тең.

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

Ортаның кедергі күші кедергі заңы теңдеуімен өрнектелуі мүмкін:

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

Күштердің теңесуі:

$$\frac{\pi d^3}{6}g(\rho_T - \rho_ж) = \zeta\frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{\rho\omega_{ос}}{2}$$

бұдан

$$\omega_{oc} = \sqrt{\frac{4gd(\rho_T - \rho_{ж})}{3\zeta\rho}} \qquad (2.67)$$

Тәжірибе жүзінде кедергі коэффициентінің төмендегідей мәндері анықталған

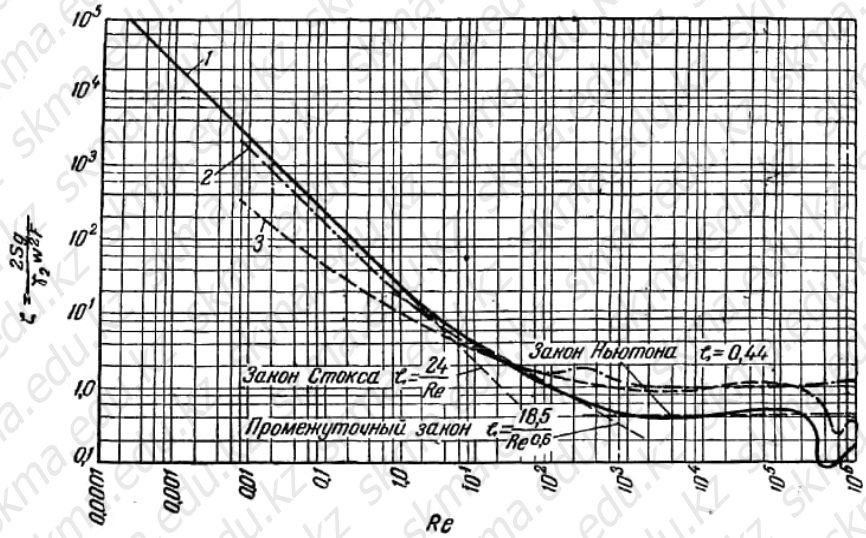
Re ≤ 2 кезінде

$$\xi = \frac{24}{Re}$$

2 < Re < 500 кезінде

$$\xi = \frac{18.5}{Re^{0.6}}$$

ал 500 < Re < 150 000 кезінде кдергі коэффициентінің шамасы тұрақты болады және ол $\xi = 0{,}44$.



5.1 сурет. Кедергі коэффициентінің Рейнольдс санына тәуелділігі.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

№4 дәріс
ТАҚЫРЫБЫ 4: Ұқсастық теориясының негіздері және өлшемдерді талдау
2. МАҚСАТЫ: Ұқсастық теориясының негіздерін және өлшемдерді талдау
3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Аналогия принципі.
2. Гидродинамикалық ұқсастық.
3. Рейнольдс ұқсастық саны.
4. Өлшемдерді талдау әдісі.

Дәрістің қысқаша мазмұны

. Моделдеу принципі.. Математикалық моделдеу... **1 Моделдеу түрлері**

Процесті оқу барысында ол туралы ақпараттарды қысқарту үшін оның моделін құрайды. Модель оқылып отырған процестің жекелеген құбылыстарын көрсетеді. Моделдеудің екі түрін пайдаланады [1, 2]: физикалық және математикалық.

Физикалық моделдеу кезінде берілген процесті оқу физикалық моделде жүргізіледі. Математикалық моделдеуде оқылатын процесс моделі математикалық тұрғыдан сипатталады (математикалық өрнектер түрінде). Бұл кезде физикалық процесс оны моделдейтін алгоритммен алмастырылады. Сонан соң моделдің оқылатын процеске адекваттылығы тексеріледі. Математикалық моделдеу әдістері ЭЕМ біріккенде салыстырмалы аз материалдық шығындарда процестің аппаратуралық технологиялық безендірілуінің әртүрлі нұсқаларын зерттеуге мүмкіндік береді, және процестің оңтайлы параметрлері табылады.

Математикалық моделдеу кезінде дифференциалды теңдеулердің изоморфтығы да пайдаланылады. Ол табиғат заңдарының бірегейлігін көрсетеді және біртипті дифференциалды теңдеулердің көмегімен табиғаты әртүрлі физикалық құбылыстарды сипаттауға мүмкіндік береді. Табиғаты әртүрлі төмендегідей құбылыстардың өзара аналогиясы бар: электрлік, гидродинамикалық, жылулық және массаалмасу. Бұл процестер біртипті дифференциалды теңдеулермен сипатталады [1]:

- электр тогының тасымалдануы (Ом заңы):

$$i = -\frac{1}{R}\frac{dU}{dx};$$

- энергияның тасымалдануы (Ньютонның үйкелу заңы):

$$r = -\mu\frac{dv}{dx};$$

- заттың тасымалдануы (Фик заңы):

$$m = -D\frac{dC}{dx};$$

- жылудың тасымалдануы (Фурье заңы):

$$q = -\lambda\frac{dt}{dx}.$$

Мұнда dU/dx, dv/dx, dC/dx, dt/dx – кернеудің, жылдамдықтың, концентрацияның және температураның сәйкесінше градиенттері; i – ток күші; τ– жанама кернеу; m –массалық лек; D – диффузия коэффициенті; q – жылу легі; R – электрлік кедергі; λ – жылуөткізгіштік коэффициенті; μ – тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті.

Егер сәйкес есептеу коэффициенттерін енгізсек, жоғарыда аталған кез келген процестерді электр тогын тасымалдау процесімен моделдеуге болады. Электрлік моделдерді зерттеуге аналогтық есептеу машиналары негізделген, олар табиғаты әртүрлі физикалық химиялық және биохимиялық процестерді моделдеуге

болады. Аналогтық принципті пайдалану моделді есептеу-шешуші құрылғыға айналдырады, және процестерді теориялық және тәжірибелік зерттеулердің арасындағы айырмашылықтарды азайтады.

2. Ұқсастық теориясы

Бұл теория тәжірибені қалай қою, алынған нәтижелерді қалай өңдеу, оларды қандай процестерге таратуға болатыны туралы сұрақтарға жауап береді, сынама сандары минумум болатын тәжірибе шарттарын анықтайды, өлшейтін шамалардың ең аз санын анықтайды және тәжірибе нәтижелерін дұрыс өңдеу жолдарын көрсетеді, алынған нәтижелердің пайдалану аясын анықтайды.

Фармацевтикалық технологиялар процестері күрделі. Көптеген жағдайларда оларды математикалық сипаттау үшін дифференциалды теңдеулер құруға болады. Олар көп жағдайларда шешілмейді. Өйткені дифференциалды теңдеулер қолданылған заңдар аясындағы көптеген процестердің тобын сипаттайды, және жекелеген процестердің ерекшеліктерін ескермейді. Жекелеген процесті сипаттау үшін дифференциалды теңдеулерді осы процесті сипаттайтын қосымша мәліметтермен толықтыру керек. Бұл мәліметтер бірмәнділік шарттар деп аталады және олар дифференциалды теңдеулер сипаттайтын процестер тобынан жеке нақты процесті бөліп алады.

Егер процестер бір дифференциалды теңдеулермен немесе дифференциалды теңдеулер жүйесімен сипатталса, және олардың бірмәнділік шарттары ұқсас болса, онда мұндай процестер ұқсас.

Бірмәнділік шарттарға жататындар: геометриялық шарттар – процесс өтетін аппараттың өлшемдерін және пішінін сипаттайды; физикалық шарттар – ортаның физикалық қасиеттерін сипаттайды; шекаралық шарттар – процесс өтетін көлемнің қоршаған ортамен әсерлесуін сипаттайды; алғашқы шарттар – процесс басталуға дейінгі жүйенің күйін сипаттайды.

Бірмәнділік шарттардың ұқсастығына аппараттардың геометриялық ұқсастығы, физикалық шамалардың ұқсастығы, уақыттық ұқсастық, шекаралық және алғашқы шарттардың ұқсастығы жатады.

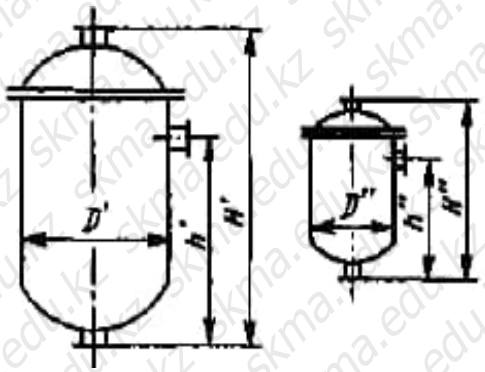
Геометриялық ұқсастық кезінде салыстырылатын аппараттардың барлық сәйкес өлшемдерінің қатынастары өзара тең болады. Мысалы, егер екі аппарат геометриялық ұқсас болса (1 суретті қара), онда

$H'/H''=h'/h''=D'/D''=d'/d''=K_l$;

бұдан

$H'= H''\cdot K_l$; $h'=h''\cdot K_l$ және т.б.,

мұнда K_l – геометриялық ұқсастықтың масштабтық коэффициенті.



1 сурет. Геометриялық ұқсас аппараттар

Уақыттық ұқсастық кезінде процестің сәйкес стадияларының уақыт бойынша өту интервалдарының қатынастары тұрақты болады. Мысалы, бірінші аппаратта қоспаның қайнауға дейінгі қыздыру ұзақтығы r_1', ал екіншіде – r_1''. Судың белгілі мөлшерінің булану ұзақтығы сәйкесінше r_2' және r_2'' Сонда процестердің уақыттық ұқсастығы келесідей қатынастармен сипатталады

$r_1'/r_1'' = r_2'/r_2'' = K_\tau$, бұдан $r_1' = K_\tau \cdot r_1''$; $r_2' = K_\tau \cdot r_2''$,

мұнда K_τ – уақыттық ұқсастықтың масштабтық көбейткіші.

Процестердің уақыттық ұқсастығын гомохрондылық деп атайды. K_τ =1 болған кезде процестердің синхрондылығы орын алады. Ол гомохрондылықтың жекеше түрі.

Физикалық шамалардың ұқсатығы геометриялық және уақыттық ұқсастықтар сақталғанда орын алады. Бұл жағдайда физикалық өрістердің ұқсатығы да орын алады. Мысалы,

$$\rho'_1/\rho''_1=\rho'_2/\rho''_2=\rho'_2/\rho''_2=\ldots=K_\rho ,$$

бұдан

$$\rho'_1=K_\rho\cdot\rho''_1;\ \rho'_2=K_\rho\cdot\rho''_2 \text{ және т. б.,}$$

немесе

$$\mu'_1/\mu''_1=\mu'_2/\mu''_2=\mu'_2/\mu''_2=\ldots=K_\mu ,$$

бұдан

$$\mu'_1=K_\mu\cdot\mu''_1;\ \mu'_2=K_\mu\cdot\mu''_2 \text{ және т. б.,}$$

мұнда ρ',μ'– салыстырылатын процестердің біріншісіндегі тығыздық пен тұтқырлықтың шамалары; ρ",μ"– екінші процестегі; K_ρ және K_μ – сәйкес физикалық шамалардың (тығыздық және тұтқырлық) масштабтық көбейткіштері.

Процесс өтетін жұмысшы көлемдегі барлық нүктелердегі физикалық шамалардың кез келген сәттегі мәндерінің жиынтығын физикалық шамалардың өрісі деп атайды..

Шекаралық шарттардың ұқсастығы кезінде сәйкес нүктелерде және сәйкес уақыт сәттері үшін осы шарттарды сипаттайтын шамалардың қатынасы тұрақты болып қалады..

Алғашқы шарттардың ұқсастығы кезінде процесс басталған сәтте қарастырылып отырған процесте физикалық өрістің ұқсастығы сақталады.

Бір топқа кіретін барлық жеке процестердің жекелеген белгілері ұқсас болса, процестерде ұқсас, б.а. ұқсас процестер әртүрлі масштабтарда өтетін бір процесс болады. Өйткені ұқсас процестер бірдей дифференциалды теңдеулермен сипатталады, ал процестердің жеке белгілері (бірмәнділік шарттары) масштабпен ажыратылады.

В каждом подобном процессе комплексы переменных величин могут изменяться в пространстве и во времени, но в любых сходственных точках рабочего объема в сходственные моменты времени эти комплексы принимают одно и то же значение. Безразмерные комплексы, составленные по такому типу, называются критериями подобия или числами подобия.

Дифференциалды теңдеулерден ұқсастық сандарын алу үшін мына операциялар жүргізіледі [1]: 1) процестің дифференциалды теңдеуі құрылады; 2) дифференциалды теңдеу өлшемсіз түрге келтіріледі. Ол үшін теңдеудің екі жағында оның оң немесе сол жағына, немесе барлық мүшелерін оның бір мүшесіне бөледі; 3) дифференциалдау символдары өшіріледі. Дифференциалдау дәрежелерінің символдары сақталады.

Дифференциалды теңдеулерден алынатын ұқсастық сандардан басқа параметрлік сандарда қолданылады. Параметрлік сандар зерттеу мақсаттарына сәйкес аттас екі шамалардың қатынасын сипаттайды. Мысалы, арнадағы сұйықтың ағуы кезінде процесс құбыр ұзындығы мен диаметрдің қатынасына тәуелді l/d=Г1 (мұнда Г1 – геометриялық ұқсастық саны), салыстырмалы бүдірлік пен құбыр диаметрінің қатынасына тәуелді Δ/d=Г2. Бұл ұқсастық сандарына кіретін сызықтық шамалар анықтаушы өлшемдер деп аталады. Барлық ұқсастық сандарды анықтаушы және анықталушы деп бөлуге болады. Анықтаушы ұқсастық сандар бірмәнділік шарттарға кіретін физикалық шамалардан тұрады. Ал анықталушы ұқсастық сандарға бірмәнділік шарттарына кірмейтін шама кіреді..

Ұқсастықты қамтамасыз ету үшін анықтаушы ұқсастық сандар өзара тең болулары керек. Анықталушы ұқсастық сандардың теңдігі ұқсастықтың жеткілікті шарты. Анықталушы ұқсастық сандар анықтаушы ұқсастық сандарға бірмәнді тәуелді.

Ұқсастықтың бірінші теоремасын былай тұжырымдауға болады: ұқсас құбылыстардың барлық ұқсастық сандары тең болады.

Ұқсастықтың екінші теоремасын (Федерман–Бэкингем теоремасын) былай тұжырымдауға болады: тәжірибе нәтижелерін ұқсастық сандар тәуелділігі түрінде өңдеу керек. Ұқсастық сандардың өзара тәуелділігін ұқсастық сандар теңдеуі деп атайды. Ұқсастық сандар теңдеуі ұқсас құбылыстар тобының барлығын сипаттайды.

Ұқсастықтың үшінші теоремасын (М.В. Кирпичев, А.А. Гухман тоенремасын) былай тұжырымдауға болады: ұқсастық сандар теңдеуін ұқсас процестерді есептеуге қолдануға болады. Егер құбылыстар ұқсас болса олардың анықтаушы ұқсастық сандарда өзара тең, сәйкесінше анықталушы ұқсастық сандар өзара тең болады.

Сонымен ұқсастық теориясы әдісімен процестерді зерттеу дифференциалды теңдеулер және бірмәнділік шарттар арқылы процестің математикалық сипаттамасын алудан, осы теңдеулерді ұқсастық

сандар теңдеуіне түрлендіру және процесті тәжірибелік зерттеулер негізінде ұқсастық теңдеуінің нақты түрін табудан тұрады..

3 Өлшемдерді талдау әдісі

Көптеген күрделі процестерді, мысалы ағындағы жылумассаалмасу процестерді, зерттегенде оларды сипаттайтын дифференциалды теңдеулерді құрастыру және бірмәнділік шарттарды тұжырымдау кейде мүмкін болмайды. Сондықтан ұқсастық теориясын пайдалану да мүмкін болмайды.

Бірмәнділік шарттарда тұжырымдау және анықтаушы және анықталушы ұқсастық сандарды анықтау мүмкін болмағанда, алайда процесті тәжірибелік зерттеулер нәтижелері бойынша қандай физикалық шамалар процеске ықпал ететіні белгілі болса, ұқсастық сандар теңдеуін алу үшін өлшемдерді талдау әдісін қолдануға болады.

Дарси – Вейсбах теңдеуін алу үшін ұқсастық сандар теңдеуін қорытудың өлшемдерді талдау әдісін пайдаланамыз [1].

Құбырда сұйықтың ағу процесін тәжірибелік зерттеу негізінде гидравликалық кедергі құбыр диаметріне және ұзындығына, тығыздыққа,

тұтқырлыққа және сұйықтың ағу жылдамдығына тәуелді екені белгілі. Бұл функционалдық тәуелділік мына түрде жазылады:

$$\Delta p = f(d, l, \rho, \mu, v) .$$

Функционалдық тәуелділікке кіретін барлық физикалық шамалардың өлшем бірліктері бір жүйеде болулары керек. Іздестіріліп отырған ұқсастық сандар теңдеуіндегі ұқсастық сандар санын Бэкингемнің π - теоремасы көмегімен анықтауға болады. Бұл теорема бойынша τ алғашқы өлшем бірліктерді қолдана отырып құрастырылған n айнымалы шамаларды байланыстыратын жалпы функционалдық тәуелділікті $(n–\tau)$ ұқсастық сандардан немесе өлшемсіз кешендерден тұратын ұқсастық сандар теңдеуімен өрнектеуге болады.

Жоғарыда келтірілген функционалдық тәуелділікке алты шама кіреді (n =6), олардың СИ жүйесінде төмендегідей өлшем бірліктері бар: $[\Delta p] = [Н/м2] = [кг/(м·с^2)] = [FL^{-1}T^{-2}]$; $[d] = [м] = [L]$; $[l] = [м] = [L]$; $[\rho] = [кг/м^3] = [FL^{-3}]$; $[\mu] = [Н·с/м^2] = [кг/(м·с)] = [FL^{-1}T^{-1}]$; $[v] = [м/с] = [LT^{-1}]$.

Осы өлшемдерді құрағанда үш алғашқы өлшеу бірліктері қолданылды ($\tau = 3$): м, с, кг. Олай болса, π-теоремасына сәйкес жалпы функционалдық тәуелділік $n-\tau = 6 – 3=3$ ұқсастық сандардан тұратын ұқсастық сандар теңдеуімен сипатталуы мүмкін.

Жалпы функционалдық тәуелділікті дәрежелі функция түрінде жазамыз

$$\Delta p = Ad^a l^b \rho^c \mu^e v^k$$

Шамаларды осы шамалардың өлшемдерінің өрнектерімен алмастырамыз:

$$[FL^{-1}T^{-2}] = [L]^a [L]^b [FL^{-3}]^c [FL^{-1}T^{-1}]^e [LT^{-1}]^k$$

Жақшаны ашсақ

$$FL^{-1}T^{-2} = L^{a+b-3c-e+k} F^{c+e} T^{-e-k}.$$

Бірдей өлшемдер символдарының дәреже көрсеткіштерін теңестіреміз және бес белгісізі бар үш теңделерді аламыз:

$$-1 = a + b – 3c – e + k$$
$$1 = c + e$$
$$-2 = - e - k$$

Екінші теңдеуден $c = 1 – e$, ал үшіншіден $k = 2 – e$. c және k бірінші теңдеуге қойғанда аламыз $a = – b – e$. Алынған мәндерді a, c және k алғашқы теңдеуге қоямыз:

$$\Delta p = Ad^{-b-e} l^b \rho^{1-e} \mu^e v^{2-e}$$

Шамаларды дәреже көрсеткіштері бойынша жинақтап, ұқсастық сандар теңдеуін мыеа түрде жазамыз

$$\frac{\Delta p}{\rho v^2} = A\left(\frac{l}{d}\right)^b \left(\frac{\mu}{ld\rho}\right)^e$$

немесе

$$Eu = A \cdot \Pi^b \cdot Re^e$$

мұнда Eu – Эйлер ұқсастық саны; П – параметрлік ұқсастық сан; Re – Рейнольдс ұқсастық саны.

A, b және e тұрақтылар тәжірибе нәтижелері негізінде анықталады. Және b= 1, ал A және e сұйықтың құбырда ағу режиміне тәуелді екені белгілі.

.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

№7 дәріс

ТАҚЫРЫБЫ 7: Сұйықтарды тасымалдау (сораптар).

2. МАҚСАТЫ: Сұйықтарды тасымалдау (сораптар) заңдылықтарын оқу.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Сораптардың негізгі параметрлері.
2. Сораптар түрлері.
3. Ортадан тепкіш сораптар.

4. Әртүрлі типті сораптарды салыстыру және олардың пайдалану аясын анықтау.

Дәрістің қысқаша мазмұны

СОРАПТАРДЫҢ АНЫҚТАМАСЫ ЖӘНЕ ЖІКТЕЛУІ

Сұйық ортаның ағынын туындататын гидравликалық машиналар мен аппараттарды сораптар деп атайды. Сораптар өзінде және құбырларда сұйықтың қысым айырмашылығын туындатады және, сонымен, қозғалтқыштың энергиясын тасымалданатын сұйық энергиясына айналдырады. Фармацевтика өнеркәсібінде кең қолданылатын сораптардың жітелуі төмендегі суретте көрсетілген (сурет 1).

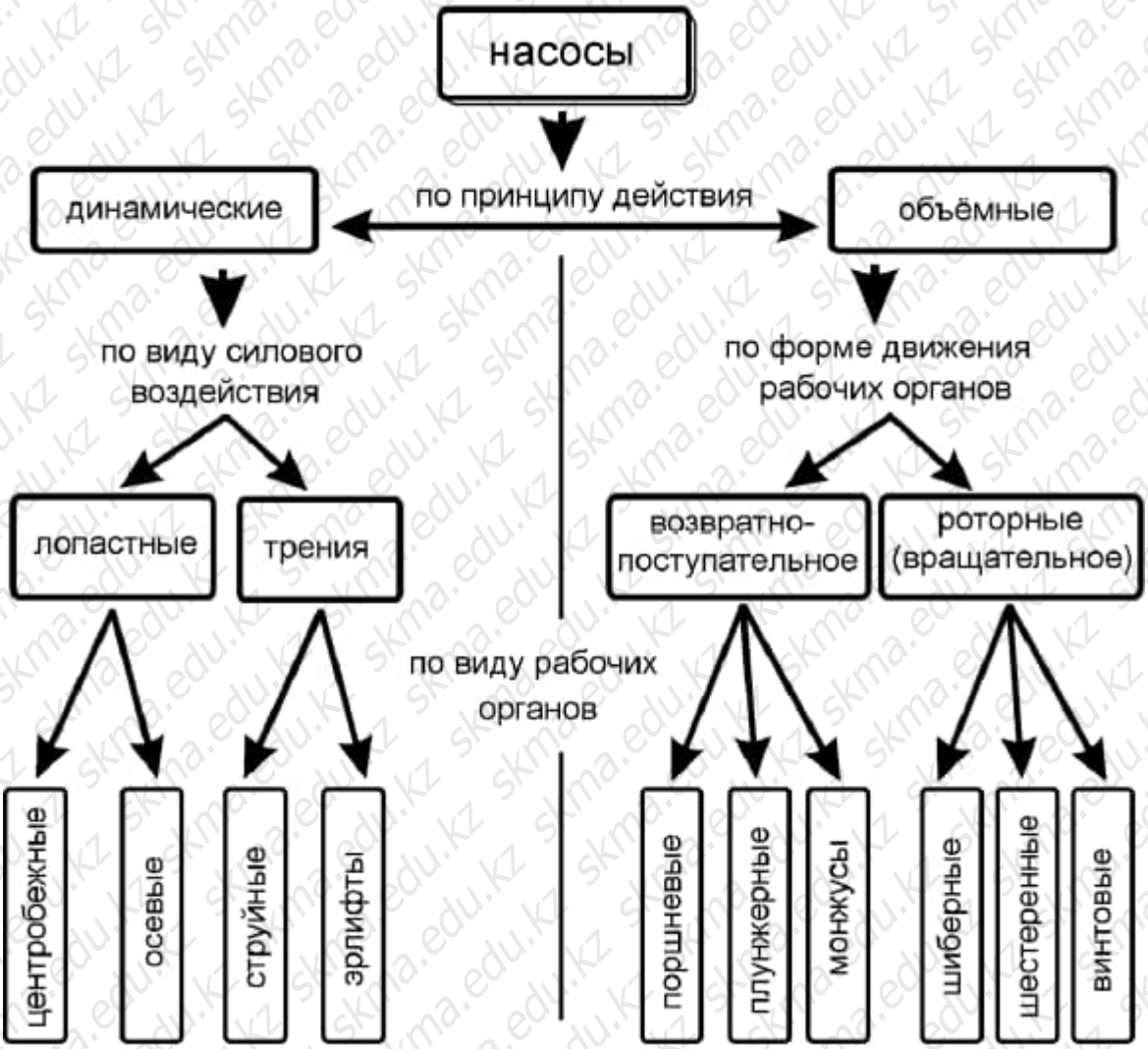


Рисунок 1 Классификация насосов

Динамикалық сораптарда тұйықталмаған көлемдегі сұйыққа күштің әсері кезінде сұйық тасымалданады. Тұйықталмаған көлем сорапқа кіру және шығу қуыстарымен үздіксіз жалғасқан. **Көлемдік сораптарда** сұйық тұйықталған көлемнің мезгіл-мезгіл өзгеруі кезінде тасымалданады (ығыстырылады). Бұл кезде тұйықталған көлем сорапқа кіру және сораптан шығу қуыстарымен кезек-кезек жалғасады. Қалақты сораптарда энергиян сұйыққа жұмысшы доңғалақты (доңғалақтарды) айнала аққанда беріледі. Үйкелу сораптарында сұйық үйкелу күштері әсерімен тасымалданады. Жұмысшы бөліктері қайтымды – ілгерілемелі қозғалатын көлемдік сораптарда сұйыққа жұмысшы бөліктер қайтымды – ілгерілемелі қозғалған кезде энергия беріледі. Роторлық сораптарда жұмысшы бөлктер айнала қозғалғанда сұйыққа энергия беріледі.

СОРАПТАР ЖҰМЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Өнімділік (берілу) Q [м3/с] сораптың айдау құбырына уақыт бірлігінде беретін сұйық көлемімен анықталады.

Тегеурін Н [м] (қысым р [Па]) тасымалданатын сұйықтың салмақ бірлігіне берілетін энергияны сипаттайды. (Тегеурін – 1 кг тасымалданатын сұйықты оған сорап берген энергия көмегімен көтеруге болатын биіктік шамасы).

Қуат [Вт]. Пайдалы қуатты $N_п$, сорап білігіне берілетін қуатты N_e, қозғалтқыш тұтынатын қуатты $N_{қоз}$, және қондырылған қуатты $N_{кон}$ ажыратады. Пайдалы қуат $N_п$ сұйыққа энергия беруге шығындалады және сұйықтың массалық шығынын (ρgQ) сорапта сұйықтың меншікті энергиясының өзгеруіне (Н) көбейткенге тең, б.а.

$$N_п = ρgQH, Вт.$$

Білікке берілетін қуат N_e пайдалы қуаттан сораптағы энергия шығындарына көп болады. Энергия шығыны сораптың пайдалы әсер коэффициентімен (ПӘК) ескеріледі η, б.а.

$$N_e = N_п /η.$$

ПӘК η сорап конструкциясының жетілгендігін және эксплуатациялау тиімділігін сипаттайды. Көлемдік, гидарвликалық және механикалық пайдалы әсер коэффициенттерін ажыратады. Көлемдік ПӘК сұйықтың саңылаулар, сальниктер және т.б. арқылы пайдасыз ағып кетуін ескереді; гидравликалық ПӘК сұйықтың сорап арқылы аққандағы тегеурін шығынын ескереді; механикалық ПӘК сорапта механикалық үйкелуге (мойынтіректе, сальниктерде және т.б.) шығындалатын қуатты ескереді. η мәні сорап конструкциясына және тозу дәрежесіне тәуелді (ортадан тепкіш сораптар үшін η=0,6... 0,7, поршенді сораптар үшін η=0,8...0,9).

Қозғалтқыш тұтынатын қуат $N_{қоз}$ сорап білігіне берілетін қуаттан қозғалтқыштан сорапқа берілістегі және қозғалтқыштың өзіндегі механикалық шығындар салдарынан көп болады. Бұл шығындар беріліс ПӘК-мен, қозғалтқыш ПӘК-мен ескеріледі. Қозғалтқышқа қондырылған қуатты, сорапты қосу сәтінде мүмкін болатын қосымша жүктемені ескере отырып, қозғалтқыш қуаты бойынша $N_{қоз}$ есептейді: $N_{кон} = β N_{қоз}$, мұнда β=1,1...2,0 – қозғалтқыш қуатына байланысты қабылданатын қуат қоры коэффициенті.

СОРАПТЫҚ ҚОНДЫРҒЫ. СОРАП ТЕГЕУРІНІ

Сораптық қондырғының ықшам схемасын қарастырамыз (2 сурет). Сораптық қондырғының негізгі элементтері: қабылдау сыйымдылығы 1, тегеурінді сыйымдылық 2, сорап 3. Сұйық қабылдау сыйымдылығынан тегеурінді сыйымдылыққа айдалады. Белгілейміз: p_0 – қабылдау сыйымдылығындағы қысым; p_2 – тегеурінді сыйымдылықтағы қысым. Қабылдау сыйымдылығынан сорапқа дейінгі құбырды сору құбыры деп атайды. Сораптан тегеурінді сыйымдылыққа дейінгі құбырды тегеурінді немесе айдау құбыры деп аталады. Сору құбырындағы қысым айдау құбырындағы қысымнан әлдеқайда кіші (әдетте сору құбырындағы қысым атмосфералық қысымнан төмен, б.а. – вакуум). Сору биіктігі H_c – қабылдау сыйымдылығындағы сұйық деңгейінен сорап осіне дейінгі қашықтық. Айдау биіктігі H_a – сорап осінен айдау сыйымдылығындағы сұйық деңгейіне дейінгі қашықтық. Сұйықты көтерудің геометриялық биіктігі $H_г$ – биіктік бойынша қабылдау және айдау сыйымдылықтарындағы сұйық деңгейлерінің ара қашықтығы. Әдетте сораптық қондырғы вакуумметрмен В жабдықталады (сору құбырында) және манометрмен М (айдау құбырында).

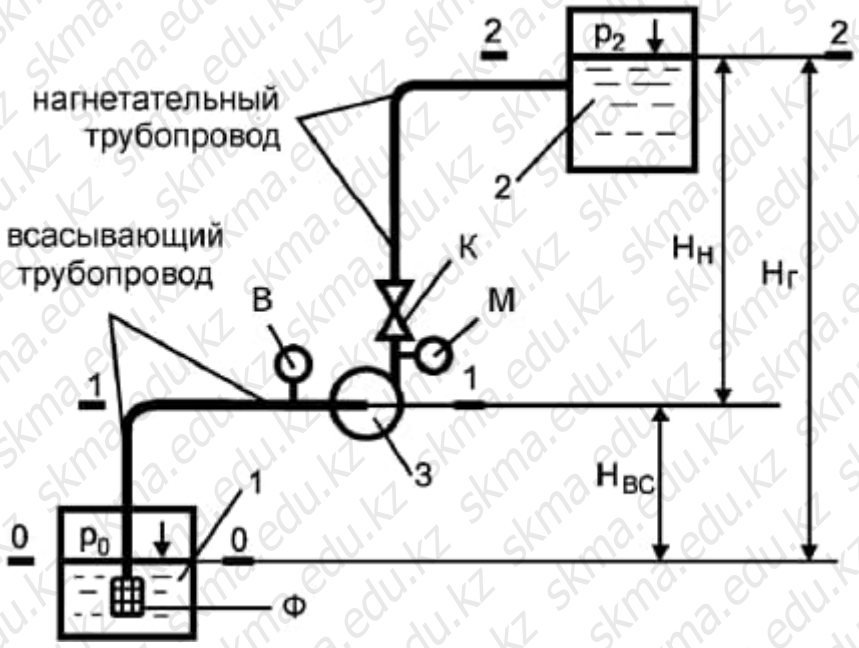


Рис. 2 Схема насосной установки

Сору құбырының батырылған шетінде сүзу қақпақшасы Ф қондырылады, ал айдау құбырында, сорапқа жақын жерде, кран (вентиль) К қондырлады.

Керекті өнімділікті қамтамасыз ететін қажетті (немесе тұтыну) тегеурінін анықтау үшін мінездеме қималарға 0–0, 1–1 және 2–2 Бернулли теңдеуін түзеді.

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

Мұнда h_a және h_c – айдау және сору құбырларындағы тегеурін шығындары. Сонымен, сораптың қажетті тегеуріні Н сұйықты геометриялық көтеру биіктігіне тасымалдауға, айдау және қабылдау сыйымдылықтарындағы қысым айырмашылығын жеңуге, айдау h_a және сору h_c құбырларындағы гидравликалық кедергілерді жеңуге шығындалады. (1) Теңдеуді технологиялық қондырғыларға сораптарды таңдау үшін қолданады. Егер құбырлар горизонталь және қабылдау және тегеурінді сыйымдылықтардағы қысымдар бірдей болса, (1) теңдеу ықшамдалады: $H = h_a + h_c$.

СОРАПТЫҢ СОРУ БИІКТІГІ

Величина высоты всасывания насоса НВС (см. рис. 2) не может быть назначена произвольно. Из уравнения Бернулли для сечений 0–0 и 1–1 определяем

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

где $v_{вс}$ и v_o – скорости движения жидкости во всасывающем трубопроводе и приемной емкости соответственно.

Таким образом, $H_{вс}$ увеличивается с возрастанием давления p_o и уменьшается с увеличением давления во всасывающем патрубке $p_{вс}$, скорости и потерь напора. Практически высоту всасывания насоса $H_{вс}$

выбирают в пределах 5…6 м при скорости движения жидкости во всасывающей трубе около 0,8...1,0 м/с. Для устойчивой работы насоса давление в его всасывающем патрубке должно быть больше давления насыщенного пара жидкости при температуре всасывания ($p_{вс} > p_t$) , т. к. в противном случае жидкость в насосе начнет кипеть. При этом в результате интенсивного выделения из жидкости паров возможен разрыв потока.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

Центробежные насосы характеризуются большими производительностями независимо от величины напора. Основной частью центробежного насоса (рис. 3) является рабочее колесо 1, имеющее изогнутые лопатки. Колесо соединено с валом 2 и заключено в кожух (спиральную камеру) 3. При быстром вращении рабочего колеса 1, приводимого во вращение от двигателя, развивается центробежная сила. Под ее влиянием жидкость между лопатками колеса прогоняется к его периферии и, выходя из колеса, поступает в спиральную камеру насоса, а из нее в нагнетательный трубопровод 4. Освобождающееся от выброшенной жидкости центральное пространство насосной камеры заполняется жидкостью, поступающей по всасывающей трубе 6 под действием внешнего давления p_o. Таким образом, образуется непрерывный поток жидкости в насос, а из него – к месту подачи.

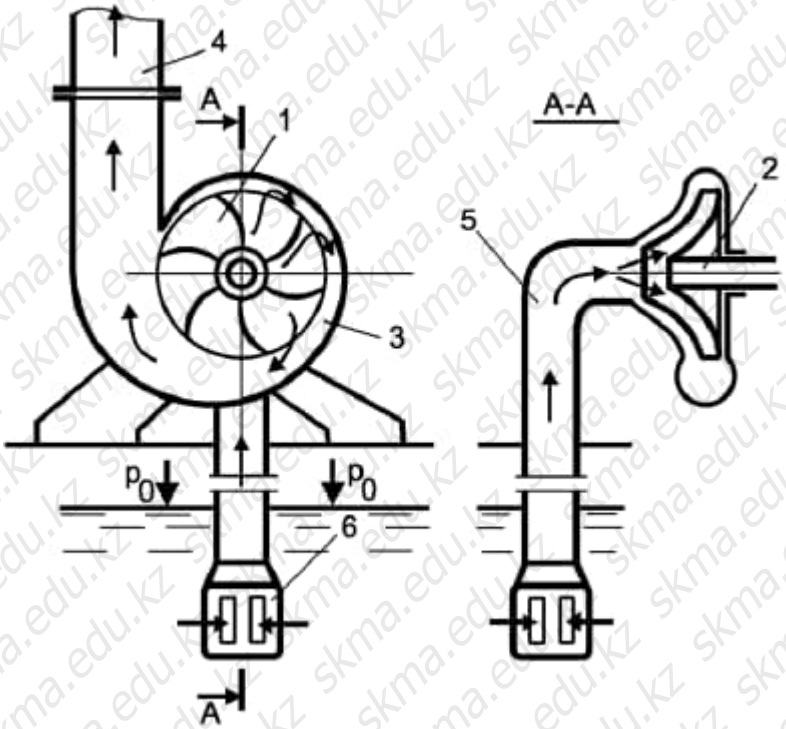


Рис. 4.3 Центробежный насос

До начала своей работы центробежные насосы требуют предварительной заливки, без чего они не могут производить всасывание жидкости. Для того, чтобы жидкость при заливке насоса не вытекала из него в исходный резервуар, на погруженном конце всасывающей трубы устанавливается приемный обратный клапан 6, снабженный фильтром (сеткой) для предохранения от загрязнений. Для увеличения подачи при данном напоре насос выполняют с несколькими рабочими колесами, соединенными параллельно. Для подачи небольших объемов жидкости на значительную высоту делают насосы с несколькими последовательно соединенными колесами. По величине создаваемого напора различают: низконапорные центробежные насосы (при напоре до 20 м); насосы среднего давления (напорот 20 до 60 м), а при напоре более 60 м – насосы высокого давления.

По способу подвода жидкости на рабочее колесо центробежные насосы подразделяют на насосы с односторонним и двусторонним входом. По расположению вала: горизонтальные и вертикальные насосы.

По способу соединения с двигателем: со шкивом или с редуктором; при помощи муфты; моноблоки (насосы, имеющие общий вал с двигателем).

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

Рабочие характеристики насоса определяются при его испытаниях на специальном стенде. При этом выявляются зависимости напора H, потребляемой мощности N и коэффициента полезного действия (к.п.д.) η от подачи Q насоса.

Эти зависимости изображают графически кривыми H=f(Q), N=f(Q) и η=f(Q) (рис.4). Испытания ведутся при постоянной частоте вращения n рабочего колеса. Регулируя степень открытия задвижки на напорном трубопроводе, получают различные подачи и соответственно параметры насоса.

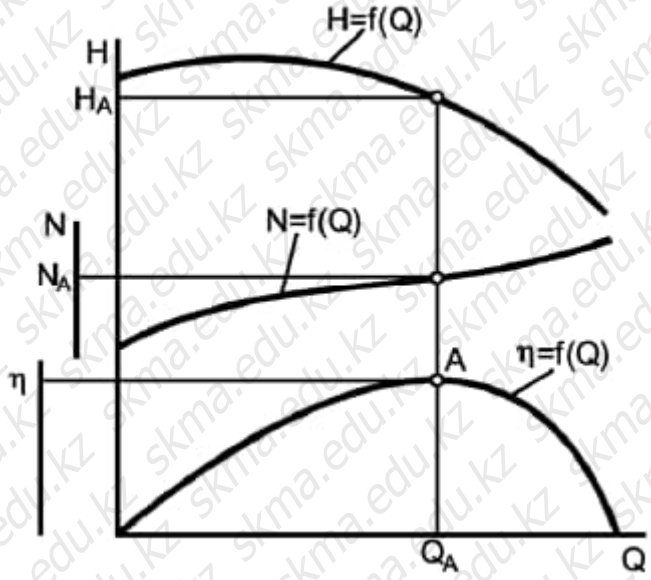


Рисунок 4. Рабочие характеристики насоса.

В точке А, называемой оптимальной, кривая к.п.д. η=f(Q) имеет аксимальное значение. Ему соответствуют подача Q_A, напор H_A.и мощность N_A.

РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА СЕТЬ

При выборе насоса необходимо учитывать характеристику сети, т.е. трубопровода и аппаратов, через которые перекачивается жидкость. Из уравнении (1) следует, что потребный напор расходуется на подъем жидкости на высоту $H_г$, преодоление разности давлений и преодоление потерь напора в сети. Обозначив сумму

$$H_г + \frac{P_2 - P_0}{\rho g} = H_{ст}$$

получим потребный напор

$$H = H_{СТ} + h_{П} = H_{СТ} + \xi_C \frac{v^2}{2g} = H_{СТ} + \xi_C \frac{\left(Q/S\right)^2}{2g} = H_{СТ} + kQ^2.$$

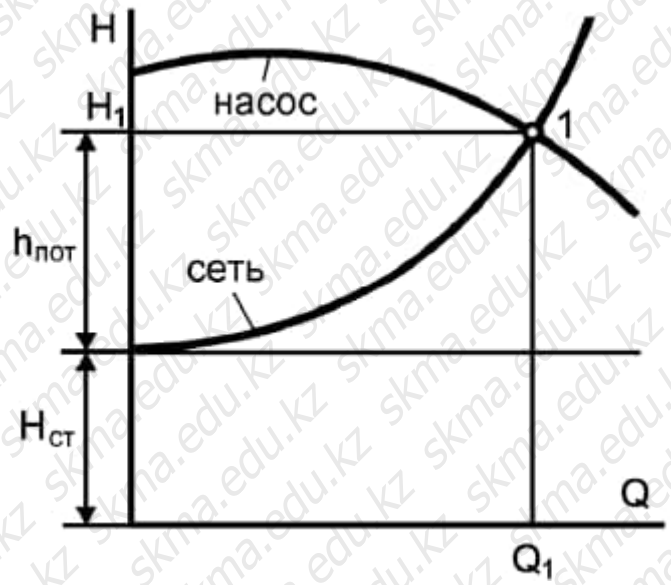


Рисунок 5. Совмещенные характеристики насоса и сети.

где ξ_e – коэффициент сопротивления сети; k – коэффициент пропорциональности сети. Таким образом, полученная характеристика сети выражается уравнением параболы. Совмещая характеристику сети и рабочую характеристику насоса (рис. 4.5) определяют рабочую точку 1, которая отвечает наибольшей производительности насоса при его работе на данную сеть. По этой точке определяются все данные, характеризующие режим работы насоса: подачу Q, напор H, мощность на валу насоса N, к.п.д. насоса η. Знание характеристик сети и насоса необходимо при выборе насоса. Рабочая
точка должна соответствовать требуемым подаче Q и напору H.

ОСЕВЫЕ НАСОСЫ

Внешне осевой насос похоже на гребной винт корабля (рис. 6). На втулке 1 закреплено несколько лопастей. Механизм передачи энергии от рабочего колеса жидкости тот же, что и у центробежного насоса. Отводом насоса служит осевой направляющий аппарат 3 (неподвижный), с помощью которого устраняется закрутка жидкости, и кинетическая ее энергия преобразуется в энергию давления. Осевые насосы применяют при больших подачах и малых напорах (до 20 м). Для расширения диапазона работы осевых насосов применяют поворотные лопасти.

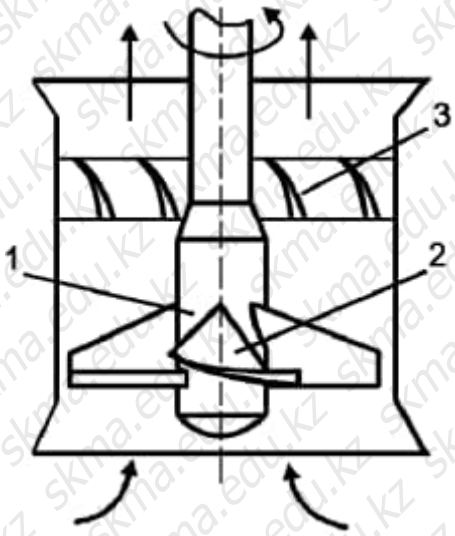


Рисунок 6. Осевой насос.

ЭРЛИФТЫ

Действие эрлифтов основано на создании разности объемного веса жидкости в двух сообщающихся сосудах. При помощи компрессора (рис. 4.11) по трубке 1 подается сжатый воздух, который через форсунку 2 распыляется в нижнем конце трубы 3. В подъемной трубе 3 образуется газожидкостная эмульсия плотностью ρЭ, которая будет вытесняться жидкостью (ρЖ > ρЭ) и подниматься по трубе 3. Эрлифты характеризуются простотой конструкции, отсутствием трущихся частей и низким к.п.д. (20…25%). Кроме того, высота подъема жидкости в трубе (напор) зависит от глубины погружения трубы.

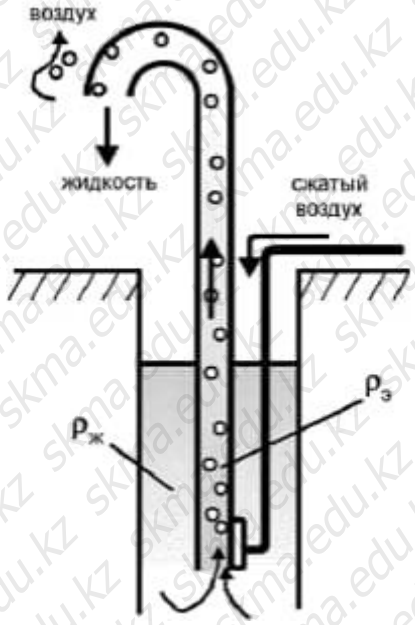


Рисунок 7. Эрлифт.

ПОРШНЕВЫЕ НАСОСЫ

Поршневые насосы представляют собой простейшие гидравлические машины с возвратно–поступательным движением поршня в гидроцилиндре (рис. 8). В гидроцилиндре 1 поршень 2 со штоком 3 совершает возвратно-поступательное движение. При движении поршня вправо объем в рабочей камере 4 увеличивается, давление в ней уменьшается, и жидкость из резервуара по всасывающей трубе 5 через всасывающий гидроклапан поступает в рабочую камеру. Процесс всасывания происходит при закрытом напорном клапане $К_н$. При движении поршня влево объем в камере 4 уменьшается, давление повышается. Под действием давления напорный клапан открывается, а всасывающий клапан $К_{вс}$ закрывается, и жидкость из рабочей камеры вытесняется через $К_н$ в напорный трубопровод 6. Дальнейшее вращение кривошипа 7 ведет к повторению цикла поршневого насоса.

Теоретическая производительность определяется следующим образом:

$Q_т = F S n$.

Действительная подача составит:

$Q_д = \eta_{об} F S n$,

где F – площадь сечения поршня, $м^2$; S – длина хода поршня, S=2r, м; n – частота вращения кривошипа, об/с; $\eta_{об}$ – объемный к.п.д., учитывающий утечки жидкости через уплотнения поршня и штока.

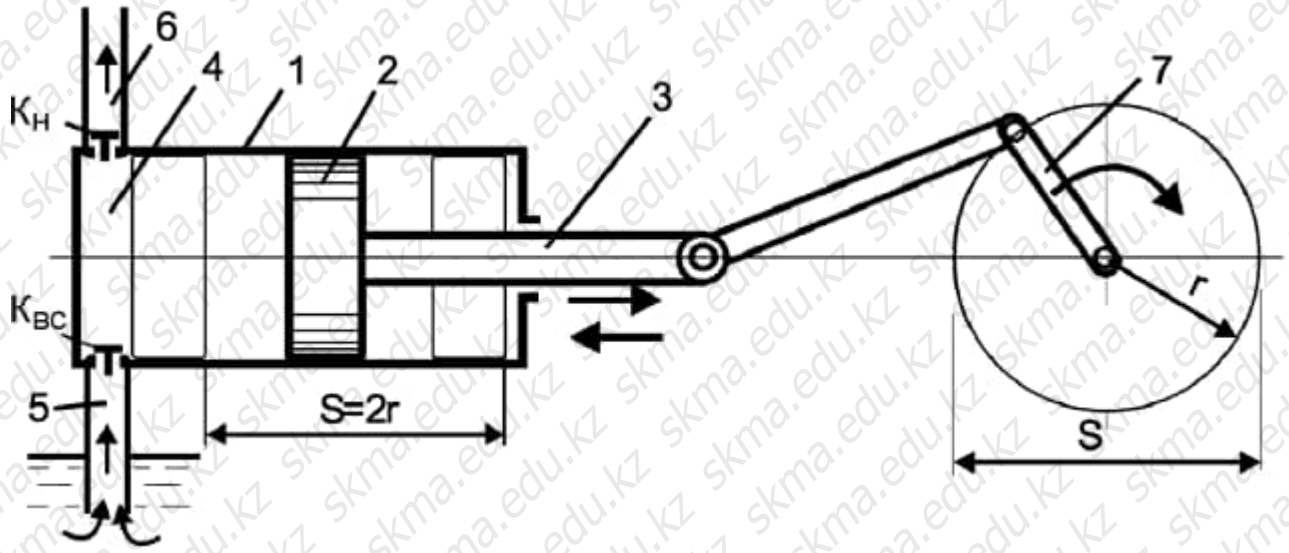


Рисунок 8. Поршневой насос простого действия.

ПЛУНЖЕРНЫЕ НАСОСЫ

Отличаются от поршневых насосов рабочим органом. Плунжер или скалка не имеют уплотнительных колец и отличаются от поршня значительно большим отношением длины к диаметру. Плунжерные насосы не требуют такой тщательной обработки внутренней поверхности цилиндра как поршневые, поэтому находят применение для перекачивания загрязненных и вязких жидкостей. Они более распространены, чем поршневые насосы.

МОНТЕЖЮ (МОНЖУС)

Монтежю (от фр. monte–jus < monter подниматься + jus сок, вода) работает по принципу вытеснения жидкости из резервуара газом или паром. Жидкость через кран 2 поступает в резервуар 1 (рис.9). Кран–воздушник 3 должен быть открыт (удаляется воздух в атмосферу). После заполнения резервуара краны 2 и 3 закрываются, открываются 4 и 5. Сжатый воздух поступает через кран 4 и вытесняет жидкость по трубе через кран 5. Производительность насоса может быть рассчитана следующим образом: Q = q/t, где q – объем резервуара, t – время продолжительности цикла, включающее в себя время наполнения, опорожнения резервуара и время на вспомогательные операции. Именно по той причине, что полный цикл работы насоса включает в себя непроизводительное время наполнения, к.п.д. насоса невелик. Напор, создаваемый монтежю, достигает 300 метров.

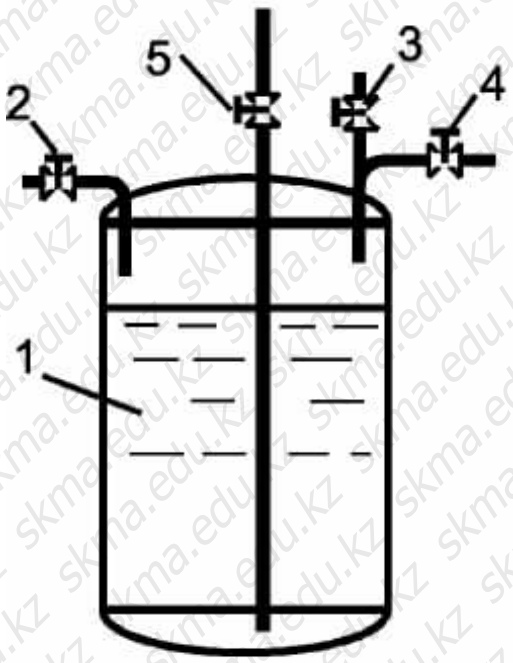


Рисунок 9. Насос монтежю.

ШЕСТЕРЕННЫЕ НАСОСЫ

Для перекачки вязких жидкостей при небольшой подаче (не более 0,1м3/с) и напорах до 2,5 МПа (25 атм) применяются шестеренные (зубчатые) насосы рис. 4.17), которые состоят из двух плотно сцепляющихся широких зубчатых колес, расположенных с минимальными зазорами (0,01...0,03 мм) в кожухе и вращающихся в противоположные стороны. С той стороны, где зубья выходят из зацепления, создается разрежение и жидкость всасывается в кожух по всасывающему трубопроводу, заполняя пространство между зубьями. Далее жидкость переносится впадинами зубчатки на диаметрально противоположную сторону кожуха, где зубья вновь входят в зацепление и вытесняют жидкость в нагнетательный трубопровод. Насос является реверсивным. Преимущества насоса: отсутствие клапанов, компактность, реверсивность, низкий (сравнительно) коэффициент неравномерности подачи. Недостатки: низкий к.п.д. (0,6...0,7), небольшая производительность, высокие требования к чистоте перекачиваемой жидкости. Подача шестеренного насоса определяется по формуле:

$$Q = 2\pi \cdot d \cdot b \cdot m \cdot n \cdot \eta_{об}, \quad (4.6)$$

где d – диаметр шестерни, м; b – ширина шестерни, м; n – частота вращения шестерни, об/с; $\eta_{об}$ – объёмный к.п.д. насоса; m = d / z – модуль шестерни, z – число зубьев шестерни.

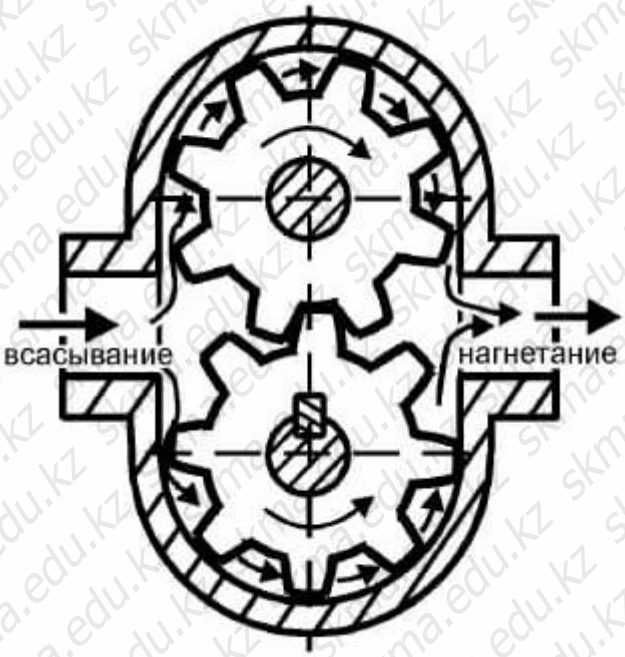


Рисунок 10. Шестеренный насос. РОТОРНО–

ПЛАСТИНЧАТЫЕ (ШИБЕРНЫЕ)НАСОСЫ

В пластинчатом насосе (рис. 4.18) ротор 1 с лопатками (пластинами) 2 вращаются вместе с валом, посаженным с эксцентриситетом относительно статора 3. Пластины 2 скользят в прорезях ротора. Благодаря эксцентричному расположению ротора, каждая пластина под действием центробежной силы за один оборот вала вдвигается и выдвигается из паза, прижимаясь к внутренней поверхности статора (кожуха). При вращении ротора, каждая пара лопастей (пластин) непрерывно отделяет изолированный объем жидкости и переносит его на сторону нагнетания, где жидкость вытесняется вследствие уменьшения объема. Подача насоса весьма равномерна и обычно регулируется изменением эксцентриситета е.

На рис. 4.18 показан насос однократного действия. В пластинчатом насосе двукратного действия за один оборот ротора насос дважды подает жидкость в напорную гидролинию. Насосы однократного действия создают давление 5...6 МПа, насосы двукратного действия – более 20 МПа.



Рисунок 11. Пластинчатый насос.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

№8 дәріс

ТАҚЫРЫБЫ 8: Газдарды тасымалдау және сығу (компрессорлар және желдеткіштер).

2. МАҚСАТЫ: Газдарды тасымалдау және сығу (компрессорлар және желдеткіштер) заңдылықтарын оқу.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Газдарды сығудың термодинамикалық негіздері.
2. Поршенді компрессорлар.
3. Ортадан тепкіш машиналар.
4. Желдеткіштер.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Негізгі ұғымдар. Компрессорлар типтері.

Компрессорлар газдарды сығуға және оларды құбырлар жүйесі арқылы тұтынушыларға жеткізуге арналған. Төмен қысымды (вакуум) сыйымдылықтан газды сорып, газды атмосфералық немесе одан сәл жоғары қысымға дейін сығатын компрессорларды вакуум-сораптар деп атайды. Компеpессорлың жұмысын сипаттайтын негізгі мінездемелерге көлемдік өнімділік Q, бастапқы p_1 және срңғы p_2 қысымдар, қысымның көтерілу дәрежесі $x = p_2/p_1$, компрессор білігінің айналу жиілігі және компрессор білігіне берілетін қуат.

Компрессорларды жұмыс істеу әдістеріне байланысты үш топтарға бөлуге болады: көлемдік, қалақты және ағынды. Конструктивтік белгілері бойынша көлемдік компрессорлар поршенді және роторлы, ал қалақты компрессорлар ортадан тепкіш және ості болып бөлінеді. Компрессорларды тасымалданатын газдың тегіне, жетек түріне, тағайындалуына байланысты да бөлуге болады.

Өндірісте қолданылатын әртүрлі компрессорлардың негізгі параметрлері 1 кестеде келтірілген.

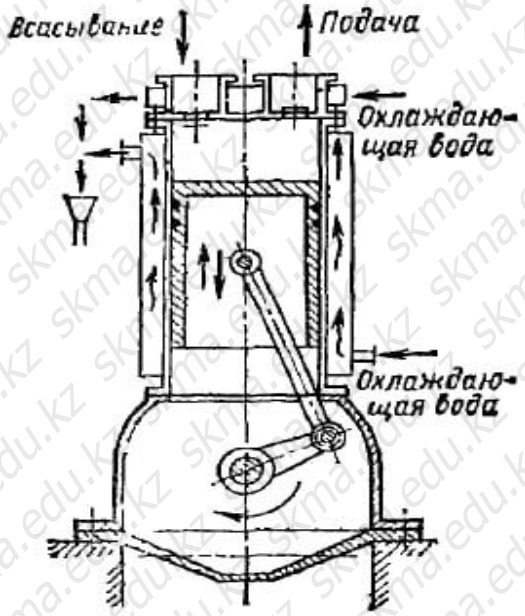
1 Кесте. Компрессорлық машиналардың негізгі мінездемелері

Тип	Назначение	Подача, м³/мин	Степень повышения давления	Частота вращения n, об/мин
Поршневые	Вакуум-насосы	0—100	1—50	60—1500
	Компрессоры	0—500	2,5—1000	100—3000
Роторные	Вакуум-насосы	0—100	1—50	250—6000
	Газодувки	0—500	1,1—3	300—15 000
	Компрессоры	0—500	3—12	300—15 000
Центробежные	Вентиляторы	0—6000	1—1,15	300—3000
	Газодувки	0—5000	1,1—4	300—3000
	Компрессоры	100—4000	3—20	1500—45 000
Осевые	Вентиляторы	50—10 000	1—1,04	750—10 000
	Компрессоры	100—15 000	2—20	500—20 000

Төменде компрессорлардың ықшам конструктивтік схемалары қарастырылған.

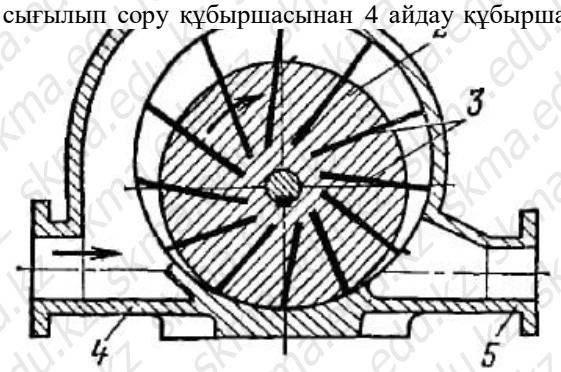
Поршенді компрессор (бірсатыда сығатын бірцилиндрлі) 1 суретте көрсетілген. Поршеннің ілгерілемелі – кейінді қозғалысы кезінде мына фазадағы процестер жүзеге асады: кеңею, сору, сығу және айдау. Газды поршенмен ығыстыруға негізделген пошенді компрессордың қозғалу әдісі, өнімділігі

салыстырмалы аз кезінде жоғары қысым беретін диаметрі және поршен жүрісі кіші конструкцияны жасауға мүмкіндік береді.



1 сурет. Поршенді компрессордың конструктивтік схемасы

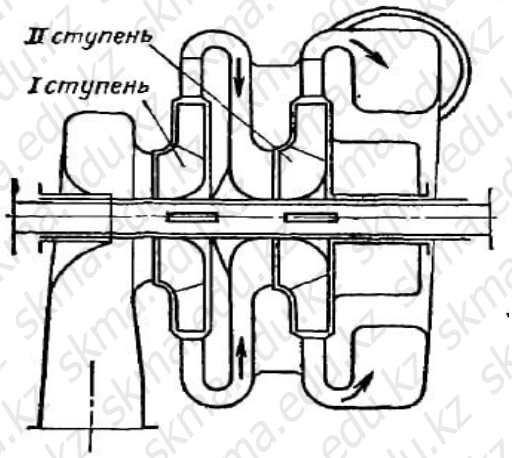
Пластина типті роторлы компрессор 2 суретте көрсетілген. Ауыр ротор 2 айналған кезде, оның көлденең жырықтарында орналасқан болат пластиналар (қалақтар) 3 еркін қозғалуы мүмкін, газ қалақтар арасындағы кеңістікпен ығыстырылып, сығылып сору құбыршасынан 4 айдау құбыршасына тасымалданады және құбырға айдалады.



2 сурет. Роторлы компрессордың конструктивтік схемасы.
1–корпус; 2–ротор; 3-пластиналар; 4-сору құбыршасы; 5-айдау құбыршасы.

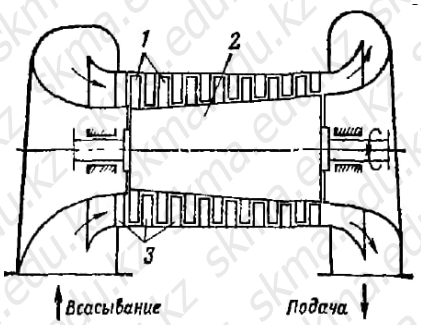
Роторлы компрессордың білігі жетек қозғалтқышымен тікелей, редукторсыз, байланысуы мүмкін. Бұл қондырғы габариттерінің шағын және массасының аз болуын қамтамасыз етеді.

Ортадан тепкіш компрессор (3 сурет) ортадан тепкіш сорғыға ұқсас жұмыс істейді. Ортадан тепкіш компрессордың білігі жетек қозғалтқышы (электрқозғалтқыш, бу турбинасы) білігімен тікелей немесе механикалық беріліс арқылы байланысады. Бұл кезде компрессор білігінің айналу жиілігі артады, сәйкесінше, компрессор өлшемдері кішірейеді, оның массасы және құны төмендейді.



3 Сурет. Екісатылы ортадан тепкіш компрессордың конструктивтік схемасы

Остік компрессордың схемасы 4 суретте көрсетілген. Оның конструкциясы бірнеше жұмысшы қалақтары бар ауыр ротордан және бағыттаушы қалақтарды ұстап тұрған корпустан тұрады. Газ қабылдау құбыршасына сорылады және, остік бағытта қозғалу барысында, компрессордың тізбектелген қалақты сатыларында сығылады. Тегеурінді құбырша арқылы газ тұтынушыларға баратын құбырға айдалады. Остік компрессорлардың жетегі ретінде электркозғалтқыштар, бу және газ турбиналары қолданылады.



4 сурет. Жетісатылы остік компрессордың схемасы

Ортадантепкіш желдеткіштер

Ортадан тепкіш желдеткіштер таза газдарды және газдар қоспасын тасымалдауға арналған машиналар. Желдеткіштердегі қысымның көтерілу дәрежесі 1,15 – тен аспайды және газдың тығыздығы 1,2 кг/м3. Ортадан тепкіш желдеткіштерде қысымның көтерілуі газдың жұмысшы доңғалақта ортадан шетке қозғалуы кезінде пайда болатын ортадан тебу күштерінің әсерінен болады. Газ қысымының азғантай көтерілуі кезінде оның термодинамикалық күйінің өзгеруін ескермеуге болады, сондықтан ортадан тепкіш желдеткіштер үшін сығылмай вХарактерным признаком центробежного вентилятора является повышение давления за счет работы центробежной силы газа, движущегося в рабочем колесе от центра к периферии. При незначительном повышении давления газа изменением его термодинамического состояния можно пренебрегать. Поэтому к центробежным вентиляторам применима теория машины для несжимаемой среды.

Центробежные вентиляторы широко распространены в промышленности и коммунальном хозяйстве для вентиляции зданий, отсасывания вредных веществ в технологических процессах.

Конструктивное устройство центробежного вентиляторапростейшего типа показано на рис. 5. Рабочее колесо вентилятора состоит из литой ступицы 1, жестко сопряженной с основным диском 2. Рабочие лопатки 3 крепятся к основному диску 2 и переднему диску 4, обеспечивающему необходимую жесткость лопастной решетки 5; 6 — шкив привода вентилятора. Корпус 7 вентилятора крепится к литой

или сварной станине 8, на которой располагаются подшипники 9, несущие вал вентилятора с посаженным на пего
рабочим колесом; 10 и 11— фланцы крепления всасывающей и напорной труб.

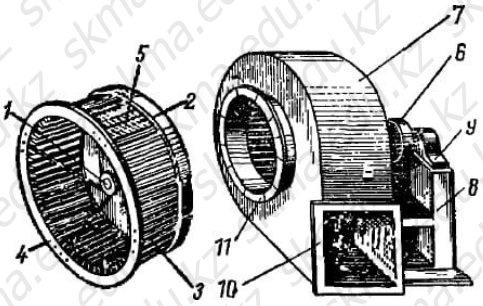


Рисунок 5. Центробежный вентилятор

Газдарды сығудың термодинамикалық негіздері.

Сығылған газ, әдетте ауа, өндірісте кеңінен қолданылады. Мысалы металл өндіруде, газтурбиналы қондырғыларда, реактивті қозғалтқыштарда. Сонымен қатар әртүрлі пневматикалық аспаптарда және т.б.

Газдарды сығуға арналған машиналарды компрессорлар деп атайды. Конструкциялық ерекшеліктеріне байланысты компрессорлар көлемді және қалақты болып бөлінеді. Өз кезегінде көлемді компрессорлар екі түрлі болады – поршенді және ротациялы.

Компрессор жетегіне сыртқы энергия көзінен берілген жұмыс газдың потенциалды энергиясына және жылуға айналады. Компрессорлардың конструкциялық ерекшеліктері және олардың жұмыс істеу принциптері әр түрлі болғанымен, олардағы өтетін термодинамикалық процестер бірдей , және, сәйкесінше, оларды сипаттайтын термодинамикалық қатынастар да бірдей. Сондықтан жұмысшы процестері көрнекі болғандықтан поршенді компрессорға керекті термодинамикалық қатынастарды қорытамыз. Алынған теңдеулер және тұжырымдар басқа компрессорларды да есептеуге жарайды.

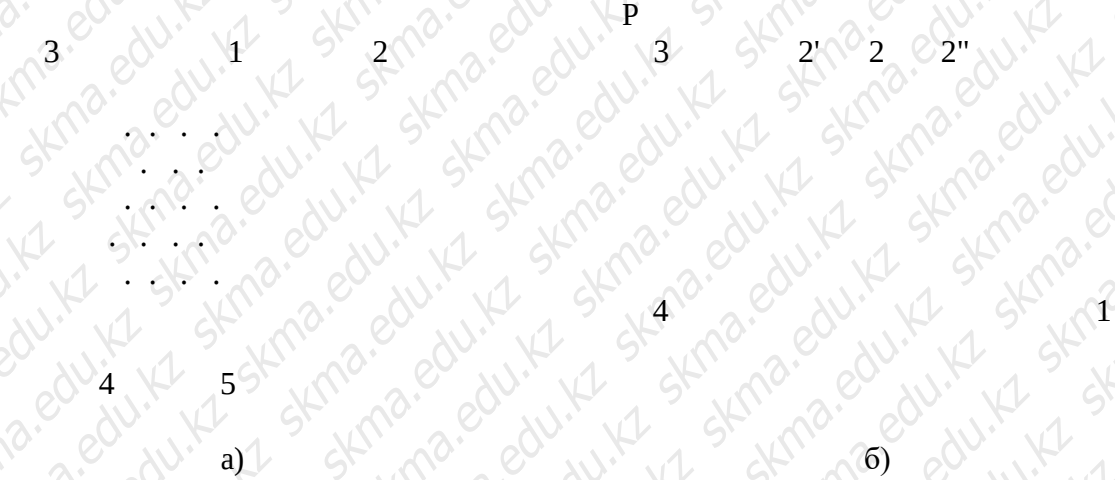
11.1 Бірсатылы компрессор

Поршенді компрессордың ықшам кескіні 11.1а суретте көрсетілген. Компрессор поршені 1 сыртқы қозғалтқыш әсерінен ілгерілемелі-кейінді қозғалады. Поршень 2 сол жақтағы өлі нүктеден оңға қарай қозғалғанда сору клапаны 3 ашылып, ауа атмосферадан цилиндрге 1 сорылады. Поршеннің кері қозғалысында сору клапаны жабылады, цилиндрдегі ауа берілген қысымға дейін сығылады. Осы кезде айдау клапаны 4 ашылып, сығылған ауа тұтынушыға беріледі. Сонан соң көрсетілген процестер қайталанады.

Компрессорды термодинамикалық есептеудің негізгі мақсаты сығылған газды алуға шығындалатын жұмысты және компрессор жетегінің қуатын анықтау.

Идеалдандырылған бірсатылы компрессордың жұмысын қарастырамыз. Бұл компрессорда жұмыстың үйкелуге, газдың клапандардағы дроссельденуіне шығыны ескерілмейді. Компрессор цилиндрінің геометриялық көлемі жұмысшы көлеміне тең (зиян көлем нольге тең), газды сору және айдау процестері тұрақты қысымда өтеді деп қабылданған. Идеалдандырылған компрессордың индикаторлық диаграммасы 11.1б суретте көрсетілген. Сору процесі 4-1 сызығы, сығу процесі 1-2 сызығы, айдау процесі 2-3 сызығы.

Идеалдандырылған компрессордағы процестерді қайтымды және



11.1. сурет. а) Бір сатылы компрессордың ықшам кескіні. 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – сору клапаны; 4 – айдау клапаны; 5 – газ. б) Бір сатылы компрессордың Pv – диаграммасы.

кинетикалық энергия қосылмайды деп қабылдап, сығылған газға шығындалған меншікті жұмысты мына өрнекпен анықтаймыз

$$l_k = P_1 v_1 - P_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} P dv . \qquad (11.1)$$

Мұнда P_1v_1 – сыртқы ортаның цилиндрді толтыруға істеген жұмысы; P_2v_2- сығылған газды айдауға шығындалған жұмыс; $\int_{v_1}^{v_2} Pdv$ - газды сығу жұмысы.

$$P_1 v_1 - P_2 v_2 = \int_{v_2}^{v_1} d(Pv)$$

екенін ескерсек

$$l_k = \int_{v_1}^{v_2} [-d(Pv) + Pdv] = -\int_{P_1}^{P_2} v dP . \qquad (11.2)$$

(11.2) теңдеуіне сәйкес компрессордың газды сығуға шығындалған жұмысы Pv – диаграммада 12341 ауданымен бейнеленеді (11.1б сурет), таңбасы (-).

Газды компрессорда изотермалық 1-2′, адиабаталық 1-2″, политропалық 1-2 процестерде сығуға болады.

Идеал газды изотермалық сығу кезінде $P_1v_1 = P_2v_2$, сондықтан (11.1) өрнегі бойынша компрессор жұмысы

$$l_k^{из} = \int_{v_1}^{v_2} Pdv = -RT \ln \frac{P_2}{P_1} . \qquad (11.3)$$

Изотермалық сығу кезінде алынып кететін жылу мөлшері сығу жұмысына тең

$$q_k^{из} = l_k^{из} = \int_{v_1}^{v_2} Pdv = -RT \ln \frac{P_2}{P_1} . \qquad (11.4)$$

Адиабаталық сығу кезіндегі меншікті көлемді адиабата теңдеуінен анықтаймыз

$$P_1 v_1^k = Pv^k . \qquad (11.5)$$

Бұдан

$$v = v_1 P_1^{\frac{1}{k}} P^{-\frac{1}{k}} . \qquad (11.6)$$

Сонда

$$l_k^a = -v_1 P_1^{\frac{1}{k}} \int_{v_1}^{v_2} P^{-\frac{1}{k}} dP = -\frac{k}{k-1} v_1 P_1^{\frac{1}{k}} (P_2^{\frac{k-1}{k}} - P_1^{\frac{k-1}{k}}). \qquad (11.7)$$

Жақша сыртына $P_1^{\frac{k-1}{k}}$ шығарып, компрессордың жұмысын анықтаймыз:

$$l_k^{a} = -\frac{k}{k-1} v_1 P_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right), \quad (11.8)$$

немесе

$$l_k^{a} = -\frac{k}{k-1} RT_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right) \quad (11.9)$$

Енді

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_2}{T_1}$$

екенін ескерсек, (11.9) теңдеуі мына түрге келеді

$$l_k^{a} = -\frac{k}{k-1} R(T_2 - T_1) = -\frac{k}{k-1}(v_2 P_2 - v_1 P_1). \quad (11.10)$$

(11.10) және (4.39) теңдеулерін салыстыра отырып, адиабаталық процесте сығатын компрессордың жұмысы адиабаталық процестің жұмысынан k есе көп екенін көреміз.

Политропалық процесте сығатын компрессордың жұмысы (11.8), (11.9), (11.10) теңдеулеріндегі адиабата көрсеткішін k политропа көрсеткішіне n ауыстыру арқылы алынған теңдеулермен анықталады

$$l_k^{кол} = -\frac{n}{n-1} v_1 P_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right) = -\frac{n}{n-1} RT_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right) = -\frac{n}{n-1}(v_2 P_2 - v_1 P_1) \quad (11.11)$$

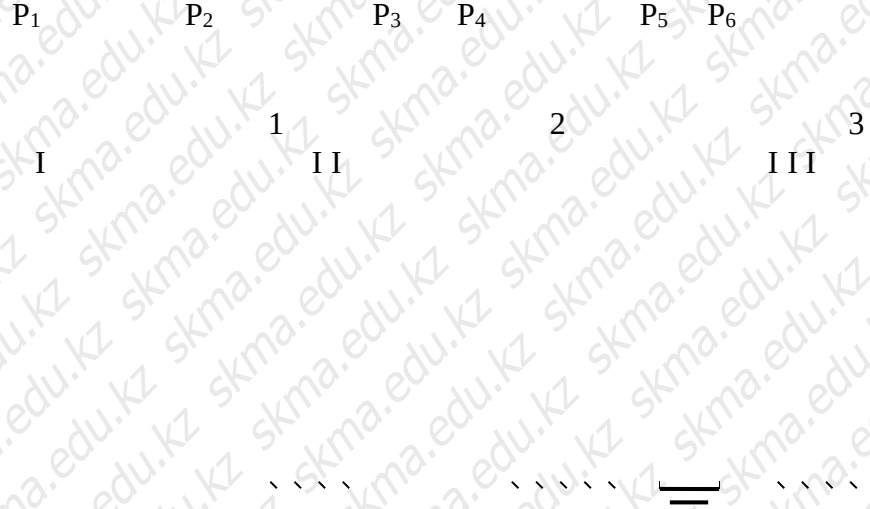
Политропалық сығу кезінде бөлінетін жылуды (4.61) теңдеуінен анықтаймыз

$$q_k = c_{v\frac{n-k}{n-1}}(T_2 - T_1). \quad (11.12)$$

Сығу процестерін (11.1 сурет) салыстыру нәтижесінде, компрессорда шығындалатын жұмысты оның цилиндрлері арқылы алынып кететін жылу мөлшерінің қарқынын арттыру арқылы азайтуға болатынын анықтаймыз. Pv – диаграмма бойынша изотермалық сығу кезінде компрессор жетегіне басқа процестерге қарағанда аз жұмыс шығындалады. Осы кезде сығу процесі ең тиімді болады. Алайда газ бен суытатын су арасындағы жылуалмасу процесі шекті жылдамдықпен және сығу процесі өте жылдам өтетін болғандықтан, компрессордағы нақты процестер политропа бойынша жүреді. Сонымен қатар поршеннің цилиндрге үйкелеуі нәтижесінде жылу бөлінеді және газ температурасы көтеріледі.

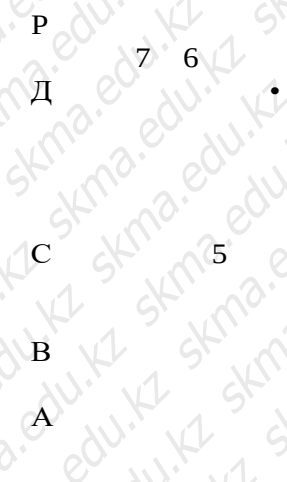
11.2 Көпсатылы компрессор

Бірсатылы компрессорда сығылған газдың соңғы температурасы жоғары қысымдарда шектен тыс көтеріліп кетуі мүмкін, және сығуға шығындалатын меншікті жұмыс мөлшері де көп болады. Сондықтан жоғары қысымды газ алу үшін көпсатылы компрессорлар қолданылады. Көпсатылы компрессор тізбектеле қосылған бірсатылы компрессорлардан, және олардың араларына қойылған суытқыштардан тұрады (11.2 сурет).



11.2. сурет. Үшсатылы компрессордың ықшам кескіні

Бірінші цилиндрге I газ P_1 қысымда және T_1 температурада сорылады (11.3 суреттегі А-1 сызығы), ол 1-2 политропа процесінде P_2 қысымға дейін сығылып аралық суытқышқа 1 беріледі. Мұнда газ тұрақты қысымда T_2 температурадан бастапқы T_1 температураға дейін суытылады (2-3 процесс), сонан соң газ екінші цилиндрге II беріледі. Екінші цилиндрде газ 3-4 политропалық процесте P_4 қысымға дейін сығылады, содан кейін екінші суытқышта 2 бастапқы T_1 температураға дейін суытылады (4-5 процесс). Үшінші цилиндрде III газ 5-6 политропалық процесте P_6 қысымға дейін сығылады. Осы қысымда газ 3 суытқышта бастапқы температураға дейін суытылып (6-7 процесс), тұтынушыға немесе арнайы сыйымдылықтарға беріледі (7-Д процесс).



11.3. сурет. Үшсатылы компрессордың Pv – диаграммасы.

Pv – диаграммада үшсатылы компрессордың бірінші сатысында шығындалған жұмыс А123ВА ауданына тең, екінші сатысында – В345СВ ауданына, үшінші сатысында С56ДС ауданына. Үш сатылы компрессордың жетегіне шығындалған жұмыс А123456ДА ауданына тең, ол бірдей қысымға дейін сығатын бірсатылы компрессордың жұмысынан әлдеқайда кіші (23456Е2 ауданнан) және аралық суытқыштарды қолдану нәтижесінде сығу процестерінің температуралары төмен болады, сондықтан цилиндрлердің майлану шарттары жақсарып, көпрессордың қызмет ету мерзімі ұзарады.

Компрессордағы сатылар санының көбеюі, көпсатылы компрессордың жұмысын изотермалық процесте сығатын бірсатылы компрессордың жұмысына жақындатады.

11.4 суретте үш сатылы компрессордың Ts – диаграммасы көрсетілген.

1-2 , 3-4 және 5-6 сызықтары сатылардағы сығу процестерін, 2-3, 4-5 және 6-7 сызықтары изобаралық процесте сатылардан жылу алу процестерін көрсетеді.

Көпсатылы компрессодың сығуға шығындалатын жалпы жұмысын азайту үшін сатылардағы қысымдардың өзгеру дәрежелері дұрыс таңдалу керек. Бұл мәселені шешу үшін көп сатылы компрессор жұмысына мына шарттар қойылады:

1) Әр сатыда сығылған газ бастапқы T_1 температураға дейін суытылады. Сондықтан әр сатыға кіретін газдың температуралары бірдей және T_1-ге тең;
2) Газды сатыларда бір температураға дейін сығады. Оның мәні T_2-ге тең.

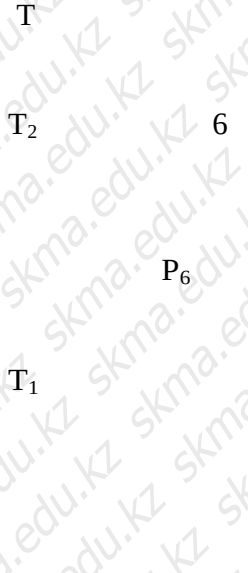
Сонда үшсатылы компрессор үшін

$$T_1 = T_3 = T_5\,, \tag{11.13}$$

$$T_2 = T_4 = T_6\,, \tag{11.14}$$

$$P_2 = P_3\,,\ P_4 = P_5,\ P_6 = P_7\,. \tag{11.15}$$

Сатылардағы политропалық сығу процестерінің көрсеткіштері бірдей деп қабылдап, сатылардағы қысымдар қатынасын анықтаймыз:



11.4 сурет. Үшсатылы компрессордың Ts – диаграммасы.

бірінші сатыдағы қысымдар қатынасы

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \tag{11.16}$$

екінші сатыдағы қысымдар қатынасы

$$\frac{P_4}{P_3} = (\frac{T_4}{T_3})^{\frac{n}{n-1}} = (\frac{T_2}{T_1})^{\frac{n}{n-1}}, \quad (11.17)$$

үшінші сатыдағы қысымдар қатынасы

$$\frac{P_6}{P_5} = (\frac{T_6}{T_5})^{\frac{n}{n-1}} = (\frac{T_2}{T_1})^{\frac{n}{n-1}}. \quad (11.18)$$

(11.16) - (11.18) теңдеулерінен

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_4}{P_3} = \frac{P_6}{P_3} = x. \quad (11.19)$$

Мұнда x – сатыда газды сығу дәрежесі.

Сонымен әр сатыда газды сығу дәрежесі өзара тең болады. (11.19) теңдеуін түрлендірсек

$$x^3 = \frac{P_2 \cdot P_4 \cdot P_6}{P_1 \cdot P_3 \cdot P_5} \quad (11.20)$$

Газды суыту тұрақты қысымда өтетін болғандықтан ((11.15) теңдеуіне қара), үшсатылы компрессор үшін

$$x = \sqrt[3]{\frac{P_6}{P_1}}. \quad (11.21)$$

Немесе кез келген сатылы компрессор үшін

$$x = \sqrt[z]{\frac{P_c}{P_б}} \quad (11.22)$$

Мұнда z - сатылар саны; $P_б$, P_c – газдың бастапқы және соңғы қысымдары.

(11.18) теңдеуі бойынша

$$P_2 = P_1 x, \quad (11.23)$$

$$P_4 = P_3 x = P_2 x = P_1 x^2, \quad (11.24)$$

$$P_6 = P_5 x = P_4 x = P_1 x^3 \quad (11.25)$$

Былайша айтқанда газдың қысымы сатыдан сатыға өткенде геометриялық прогрессия бойынша өседі.

Газдың көлемі сатыдан сатыға өткенде кішірейеді. Осыған байланысты әр сатыдағы цилиндрлердің көлемдерін V_I, V_{II} және V_{III} деп белгілейміз. 1, 3 және 5 нүктелері изотерма бойында жатқандықтан (11.3 сурет),

$$P_1 V_I = P_3 V_{II} = P_5 V_{III} \quad (11.26)$$

Бұдан

$$V_{II} = V_I \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_I}{x}. \quad (11.27)$$

Өз кезегінде

$$V_{III} = V_{II} \frac{P_3}{P_5} = \frac{V_I}{x^2}. \quad (11.28)$$

Олай болса газдың көлемі сатыдан сатыға өткенде геометриялық прогрессия бойынша азаяды.

Әр сатыдағы газды сығу дәрежесі, бастапқы және соңғы температуралары өзара тең болғандықтан, компрессордың барлық сатыларындағы шығындалған жұмыс та бірдей болады:

бірінші сатыда шығындалған жұмыс

$$l_1 = -\frac{n}{n-1} v_1 P_1 ((\frac{P_2}{P_1})^{\frac{n-1}{n}} - 1) = -\frac{n}{n-1} RT_1 ((\frac{P_2}{P_1})^{\frac{n-1}{n}} - 1);$$

екінші сатыда шығындалған жұмыс

$$l_2 = -\frac{n}{n-1} v_3 P_3 ((\frac{P_4}{P_3})^{\frac{n-1}{n}} - 1) = -\frac{n}{n-1} RT_3 ((\frac{P_4}{P_3})^{\frac{n-1}{n}} - 1);$$

үшінші сатыда шығындалған жұмыс

$$l_3 = -\frac{n}{n-1} v_5 P_5 ((\frac{P_6}{P_5})^{\frac{n-1}{n}} - 1) = -\frac{n}{n-1} RT_5 ((\frac{P_6}{P_5})^{\frac{n-1}{n}} - 1)$$

сонда

$$l_1 = l_2 = l_3 \,. \qquad (11.29)$$

Олай болса үшсатылы компрессорда шығындалған жұмыс

$$l_k = 3l_1. \qquad (11.30)$$

Ал кез келген сатылы компрессор үшін

$$l_k = zl_1 \qquad (11.31)$$

Мұнда z-сатылар саны.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫС):

№9 дәріс

1. ТАҚЫРЫБЫ 9: Біртекті емес жүйелерді бөлу.

2. МАҚСАТЫ: Студенттерді біртекті емес жүйелермен және оларды бөлу әдістерімен таныстыру.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Біртекті емес жүйелердің жіктелуі.
2. Біртекті емес жүйелерді бөлу әдістері.
3. Бөлу процестерінің материалдық балансы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Екі және оданда көп фазалардан құралған жүйелерді әртекті жүйе дейді. Фазалардың физикалық күйіне йланысты әртекті жүйелердің төмендегі түрлері болады:

Суспензиялар- сұйық және оның ішінде қатты бөлшектер таралғаннан пайда болған әртекті жүйелер. тты бөлшектердің өлшеміне байланысты шартты түрде суспензиялар ірі, майда, өте майда және коллоидты тінді болып бөлінеді (4.1-кесте).

Эмульсиялар - бір сұйық ішінде онымен араласпайтын екінші сұйық бөлшектері таралғаннан пайда ған әртекті жүйелер.

Көбіктер- сұйық және оның ішінде газ көпіршіктері таралғаннан пайда болатын әртекті жүйелер. Бұл ды - сұйықты қоспалар өздерінің қасиеттері бойынша эмульсияларға жақындау.

Ш а ң д а р және түтіндер- газ оның ішінде қатты бөлшектер таралғаннан пайда болатын әртекті жүйелер. аңдар көбінесе қатты әаттарды ұхақтағанда, араластырғанда және тасымалдағанда пайда болады. аңдағы қатты бөлшектердің өлшеміне байланысты олар түтін, тұман және аэрозоль болып бөлінеді.

Біртекті емес жүйелерді бөлудің мына әдістері қолданылады: тұндыру, сүзу, центрифугалау, ылғалды бөлу.

Тұндыру - сұйықта немесе газда ұшып жүрген қатты немесе сұйық бөлшектерді тұтас фазадан ауырлық күші, инерция күші немесе электростатикалық күш әсерімен бөлу. Ауырлық күші әсерімен тұндыруды тұну деп атайды.

Сүзу — сұйықты немесе газды өткізіп, асылып жүрген қатты бөлшектерді ұстайтын кеуек бөгеттердің көмегімен бөлу процесі.

Центрифугалау — ортадан тепкіш күштер өрісінде суспензияны және эмульсияны бөлу процесі.

Ылғалды бөлу — қандай да бір сұйықтың көмегімен газда асылып жүрген бөлшектерді ұстау арқылы бөлу процесі.

Бөлу процесінің материалдық балансы

Тұтас фазадан және онда ұшып жүрген бөлшектерден тұратын жүйені бөлу керек деп есептейміз. Мына белгілеулерді енгіземіз:

Gк, Gм, Gт - берілген қоспа, мөлдірленген сұйық және тұнба мөлшерлері, кг. Хк, $X_м$, $X_т$ - b затының

падағы, мөлдірленген сұйықтағы және тұнбадағы массалық үлестері.

Егер заттардың шығыны болмаса, онда ажыратудың материалдық тепе-теңдігін былай жазуға болады: заттардың барлық мөлшері бойынша:

$$G_K = G_M + G_T \quad (4.1.)$$

дисперсті фаза (Ь заты) бойынша;

$$G_K X_K = G_M X_M + G_T X_T \quad (4.2)$$

Егер қоспадағы Ъ затының массалық үлесі берілген болса (4.1) және (4.2) теңдеулерінен мөлдірленген ық Gм және тұнба мөлшерін анықтауға болады:

$$G_M = G_K \frac{X_T - X_K}{X_T - X_M} \quad (4.3.)$$

$$G_T = G_K \frac{X_K - X_M}{X_T - X_M} \quad (4.4.)$$

Мөлдірленген сұйықтағы және тұнбадағы затының массалық үлестерін әр технологиялық процестердің шартына байланысты таңдап алуға болады.

4. **ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:** Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1) Біртекті емес жүйелерді жіктеу негізінде жатқан белгілерді атаңыз.
2) Қандай біртекті емес жүйелерді білесіз?
3) Біртекті емес жүйелерді бөлу әдістерін атаңыз.
4) Бөлу процесінің материалдық балансынан қандай шамаларды анықтайды?
5) Бөлу эффектісін не сипаттайды?

№10 дәріс

1. ТАҚЫРЫБЫ 10: Сүзу.

2. МАҚСАТЫ: Студенттерді тұндыру, сүзу және центрифугалау процестерімен, және оларды есептеу әдістерімен, оларды аппаратуралық безендірумен таныстыру.

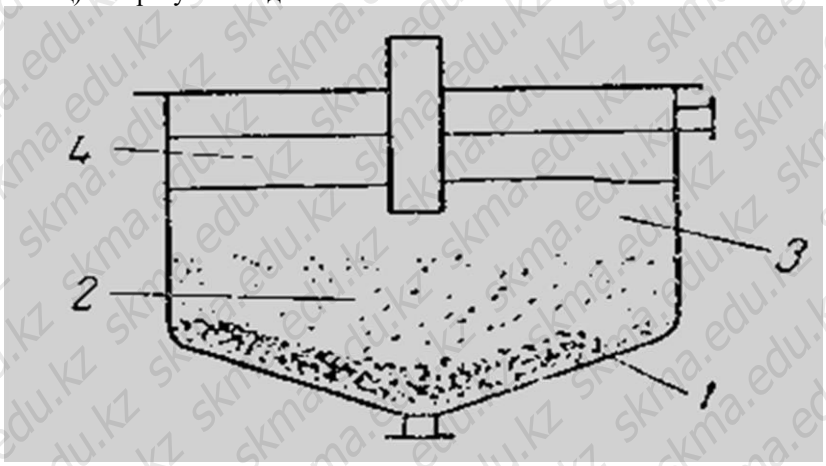
3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Тұндыру және оны есептеу әдістері.
2. Сүзу және оны есептеу әдістері.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Тұндыру

Тәжірибе жүзінде біртекті емес жүйелерді тұндыру кезінде шашыраған бөлшектердің концентрациясы аппараттың үстіңгі жағынан төмен қарай біртіндеп өсетіні байқалған. Тұнба қабаты (1 аймақ) үстінде қойылған суспензия аймағы (2 аймақ) түзіледі. Бұл аймақта бөлшектердің қысыла тұнуы, олар өзара үйкеледі және соқтығысады. Аппаратта шекаралары анық бөлінген қысыла тұну аймағын (2 аймақ), одан жоғары жатқан еркін тұну аймағын (3 аймақ), оның үстіндегі тазаланған сұйық аймағын (4 аймақ) ажыратуға болады.



8.1 сурет. Тұну процесінің тәсімі:
1 – тұнба қабаты (шлам); 2 – қойылған суспензия аймағы; 3 – еркін тұну аймағы; 4 – тазаланған сұйық аймағы.

Тұндыру процесінің басында көбінесе үлкен бөлшектер тұнады. Алайда бұл бөлшектердің

концентрациясы азайғанда кері ағынды сұйықтың тежеу әсері әлсірейді және тұну жылдамдығы әсер ететін күшпен орта кедергісінің күші динамикалық теңдікке жеткенше артады. Одан кейінгі уақыт кезеңінде тұну тұрақты жылдамдықпен өтеді. Тұну процесінің соңғы және өте жәй жүретін кезеңі – тұнбаның тығыздалуы. Бұл кезде тұну процесінің жылдамдығы азаяды.

Қысыла тұну жылдамдығы еркін тұну жылдамдығынан аз болады. Бұл құбылыс қысыла тұну кезінде бөлшектер орта кедергісін жеңумен қатар, қосымша кедергіні, бөлшектердің өзара үйкелі және соқтығысуы нәтижесінде пайда болған, жеңуі керек.

Тұндырғыштарды есептеу. Тұндырғыштар алғашқы қоспа құрамындағы ең майда бөлшектерді де тұндыруға арналып жобаланады.

τ (сек)уақыты аралығында суспензия тұнбаға және биіктігі h (м) болатын тазаланған сұйық қабатына бөлінді деп есептейік. Тұну беті F ($м^2$) кезінде уақыт бірлігінде тазаланған сұйық көлемі $V_{осв}$ ($м^3$/сек) мына теңдеумен өрнектеледі:

$$V_{осв} = \frac{hF}{\tau} \quad (5)$$

Осы уақыт ішінде ω_{CT} жылдамдықпен тұнатын бөлшектер *h (м)* жолын өтуі керек. Олай болса

$$h = \omega_{CT}\tau \quad (6)$$

Биіктікті *(жолды)* (5) теңдеуге қойсақ

$$V_{осв} = \frac{\omega_{CT}\tau F}{\tau} = \omega_{CT} F \quad (7)$$

(7) теңдеу тұндырғыштың өнімділігі оның биіктікке емес, тұну жылдамдығына және бетіне тәуелді екенін көрсетеді. Керекті тұну бетін мына өрнектен анықтаймыз:

$$F = \frac{V_{осв}}{\omega_{CT}} \quad (8)$$

Тазаланған сұйық көлемі $V_{осв}$ оның тығыздығы $\rho_{осв}$ ($кг/м^3$) кезінде

$$V_{осв} = G_{осв} / \rho_{осв}$$

Мұнда $G_{осв}$ — тазаланған сұйық массасы, кг.
Сонда

$$F = \frac{G_{осв}}{\rho_{осв}\omega_{CT}} \quad (9)$$

(3) теңдеуден $G_{осв}$ мәнін (9) теңдеуге қойсақ, тұну беті

$$F = \frac{G_{см}}{\rho^{осв}\omega_{CT}}\left(\frac{X_{ос} - X_{см}}{X_{ос} - X_{осв}}\right) \quad (10)$$

Сүзу

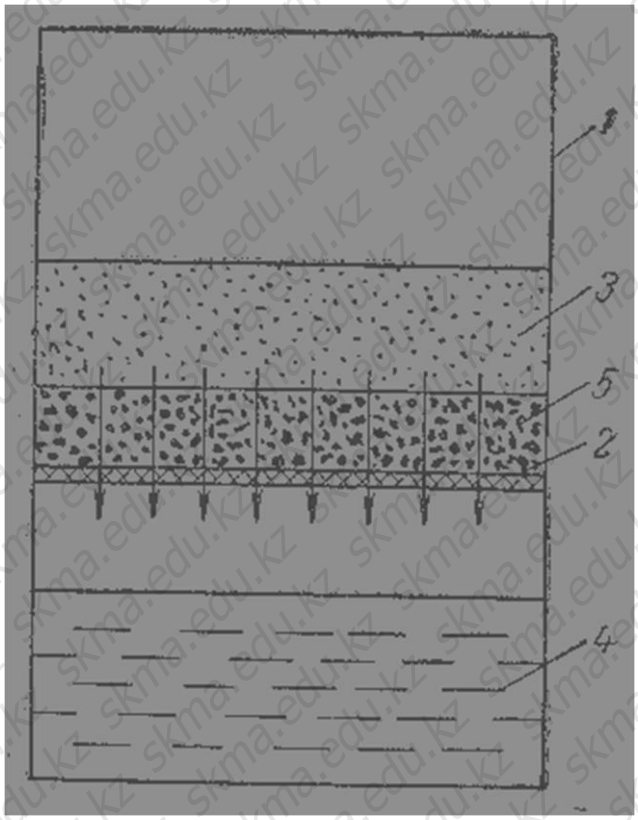
Сүзу — сұйықты немесе газды өткізіп, асылып жүрген қатты бөлшектерді ұстайтын кеуек бөгеттердің көмегімен бөлу процесі. Суспензияны сүзгіштің көмегімен бөледі. Ол сүзу бөгетімен екіге бөлінген. Ыдыс бөліктерінде қысым айырмашылығын туындатады, соның әсерінен сұйық сүзу бөгетінің кеуектері арқылы өтеді, ал қатты бөлшектер оның бетінде қалып қояды. Сонымен суспензия таза сүзіндіге және ылғал тұнбаға бөлінеді. Сүзу бөгетінде алынған тұнбалар екіге бөлінеді: сығылатын және сығылмайтын. Қысым айырмашылығы үлкейгенмен кеуектілігі азаймайтын тұнбаны сығылмайтын тұнба деп атайды, кері жағдайда сығылатын тұнба деп атайды.

Сүзу жылдамдығы

Сүзу жылдамдығы қозғаушы күшке тура пропорционал және кедергіге кері пропорционал. Айнымалы жылдамдықты дифференциалды түрде былай өрнектейміз:

$$W = \frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} + R_{фn})} \qquad (11)$$

Мұнда V — сүзінді көлемі, м^3; S — сүзу беті, м; ΔP — қысым айырмашылығы, н/м^2; μ — сұйық фазаның тұтқырлығы, н·сек/м^2; R_{oc} — тұнба қабатының кедергісі; $R_{фn}$ — сүзу бөгетінің кедергісі. R_{oc} , $R_{фn}$ м$^{-1}$ өлшенеді.



8. 3 сурет. Сүзу процесінің тәсімі:
1 – сүзгіш; 2 – сүзу бөгеті; 3 – суспензия; 4 – сүзінді; 5 – тұнба.

Тұнба көлемінің сүзінді көлеміне қатынасын $X_0 = \frac{V_{oc}}{V_ф}$ арқылы белгілейміз; сонда тұнба көлемі X_0V тең. Сонымен қатар тұнба көлемі $h_{oc}S$ көбейтіндісімен өрнектелуі мүмкін, мұнда h_{oc} — тұнба қабатының биіктігі, м. Сондықтан

$$X_0V = h_{oc}S$$

бұдан $$h_{oc} = \frac{X_0V}{S} \qquad (12)$$

Тұнба қабатының кедергісі

$$R_{oc} = r_0 h_{oc} = r_0 \frac{x_0 V}{S} \qquad (13)$$

R_{oc} мәнін (11) теңдеуге қойсақ

$$W = \frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(r_0 x_0 \frac{V}{S} + R_{ôï})} \qquad (14)$$

Сүзу бөгетінің кедергісін ескермесек ($R_{фn} = 0$) (14) теңдеуден:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{oc} W} \quad (15)$$

Ал *V=0 деп қабылдасақ*, сүзу процесінің басында тұну қабаты жоқ кезде,

$$R_{фп} = \frac{\Delta P}{\mu W} \quad (16)$$

ΔP=const кезінде (14) теңдеуді интегралдасақ

$$V^2 + 2\frac{R_{ôï} \cdot S}{r_0 \cdot x_0} V = 2\frac{\Delta P S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}\tau \quad (16')$$

немесе

$$V^2 + 2\frac{C}{R_{ôï}} SV = 2KS^2\tau \quad (16'')$$

Мұнда $\tilde{N} = \frac{}{r_0 \cdot x_0}$ – сүзу тұрақтысы, сүзу бөгетінің кедергісін сипаттайды, м^3/м^2; $\hat{E} = 2\frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}$ - сүзу тұрақтысы, сүзу режимін және тұнбаның физикалық - химиялық қасиеттерін ескереді, м^2/с.

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1) Тұнудың қозғаушы күші не?
2) Тұну процесінің тәсімін сипаттаңыз.
3) Тұну беті қалай анықталады?
4) Сүзу арқылы қандай біртекті емес жүйелерді бөледі?
5) Сүзу процесін қандай күштер және тұрақтылар сипаттайды?

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

5. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1. Компрессорлар типтерін атаңыз.
2. Газдарды сығудың термодинамикалық негіздерін сипаттаңыз .
3. Бірсатылы компрессордың жұмысын сипаттаңыз.
4. Көпсатылы компрессордың жұмысын сипаттаңыз.
5. Көпсатылы компрессордың артықшылықтарын атаңыз.

№13 дәріс

1. ТАҚЫРЫБЫ 13: Сұйық ортаны араластыру.

2. МАҚСАТЫ: Студенттерді сұйық ортаны араластырумен таныстыру, сонымен қатар оларды есептеуді үйрету.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Сұйық ортаны араластыру.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Сұйық ортаны араластыру

Фармацевтикалық өнеркәсіпте суспензия, эмульсия және гомогенді жүйелерді (ерітінділерді) алу үшін, химиялық, жылу және массаалмасу процестерінің қарқындылығын арттыру үшін сұйық орталарды араластыру процесі кеңінен пайдаланылады.

Сұйық орталарды араластырудың негізгі төрт тәсілі болады:

1) механикалық - әртүрлі құрылысты былғауыштар жәрдемімен;
2) пневматикалық - сығылған ауа немесе инертті газдар жәрдемімен;
3) циркуляциялық - сораптар жәрдемімен.
4) статикалық- саптамалар (соплалар) жәрдемімен.

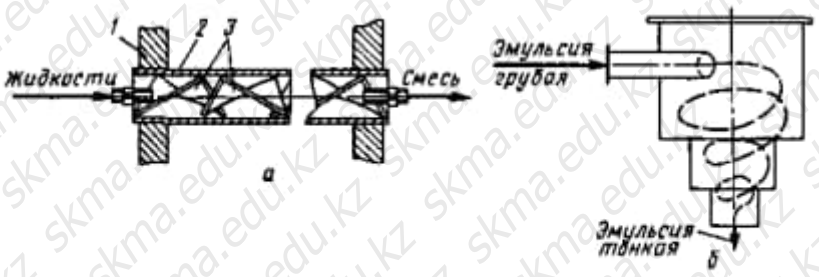


Рис. 11.1. Статические смесители:
а — цилиндрический с вставными элементами: *1* — фланец; *2* — корпус; *3* — смешивающие элементы; *б* — эмульсор

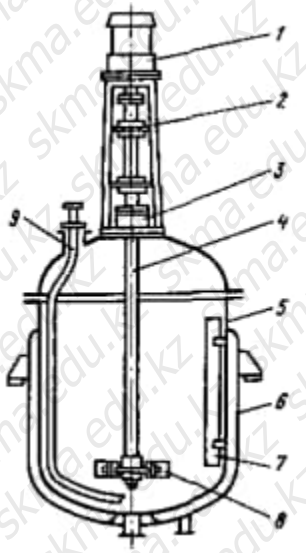


Рис. 11.3. Смеситель с мешалкой:
1 — привод; *2* — стойка привода; *3* — уплотнение; *4* — вал; *5* — корпус; *6* — рубашка; *7* — отражательная перегородка; *8* — мешалка; *9* — труба

Араластыру процесі негізінен: араластыру сапасы және араластырғыш әрекетінің қарқындылығымен сипатталады.

Механикалық былғауыштардың тұтынатын қуаты

Гидродинамиканың теңдеуіне сәйкес, сұйықтың стационарлы еріксіз қозғалысын, ауырлық күшін ескере отырып, мына ұқсастық сандар теңдеуімен сипаттауға болады

$$Eu = f\left(\mathrm{Re}, Fr, \tilde{A}_1, \tilde{A}_2 \ldots\ldots\right)$$

Мұнда Γ_1, Γ_2 – геометриялық ұқсастық симплекстері.

Араластыру процесін сипаттау үшін модификацияланған Эйлер ($Eu_м$), Рейнольдс ($\mathrm{Re}_м$) және Фрудо ($Fr_м$) ұқсастық сандары қолданылады. Олар осы ұқсастық сандардың кәдәуілгі өрнектерін түрлендіру жолымен алынады.

Араластыру кезінде сұйықтың орташа жылдамдығын анықтау мүмкін емес. Сондықтан сұйықтың сызықтық жылдамдығының орнына модификацияланған ұқсастық сандарға nd шамасы қойылады. Ол былғауыштың айналу жылдамдығына $\omega_{окр}$ пропорционал:

$$\omega_{окр} = \pi dn$$

Мұнда n – былғауыштың айналу саны;

d – былғауыш диаметрі.

Анықтаушы сызықтық өлшем ретінде былғауыш диаметрі d қабылданады.

Осы шамаларды сәйкес ұқсастық сандарға қоямыз, сонда:

Модификацияланған Рейнольдс ұқсастық саны

$$\mathrm{Re}_м = \frac{nd\rho d}{\mu} = \frac{nd^2\rho}{\mu};$$

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}$$

Модификацияланған Фрудо ұқсастық саны

$$Fr_м = \frac{n^2d^2}{gd} = \frac{n^2d}{g};$$

$$Fr = \frac{w}{gd}$$

Модификацияланған Эйлер ұқсастық саны

$$Eu_{м} = \frac{\Delta P}{\rho(nd)^2}.$$

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w^2}$$

Эйлер ұқсастық санына $\underline{\Delta P}$ кіреді. Бұл былғауыш білігіне берілген күш жеңетін қысым айырмашылығы. Ол қысым пайдалы қуат N арқылы өрнектеледі

$$\Delta P = \frac{N}{V_{сек}}$$

Мұнда $V_{сек}$ – араластырылатын сұйық көлемі. Ол аппараттағы сұйық көлемімен сұйықты айналдыру еселігінің көбейтіндісіне тең,

$$V_{сек} = FHm,$$

Мұнда F-аппараттың көлденең қимасының ауданы, м2; Н-аппараттағы сұйық деңгейінің биіктігі, м; m-айналу еселігі, $с^{-1}$.

Аппарат өлшемдерін былғауыш диаметрі арқылы өрнектейміз

$$F = C_1 d^2;\ H = C_2 d$$

ал айналу еселігі

$$m = C_3 n$$

Алынған өрнектер арқылы қысым айырмашылығын тауып, оны Эйлер санына қойсақ (C_1, C_2, C_3-тұрақтыларын ескермейміз)

$$Eu_{м} = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N$$

Соңғы өрнек бойынша анықталған Эйлер ұқсастық санын қуат ұқсастық саны деп атап, K_N деп белгілейді. Оны анықтау үшін зерттеушілер тұрғызған диаграмма қолданылады.

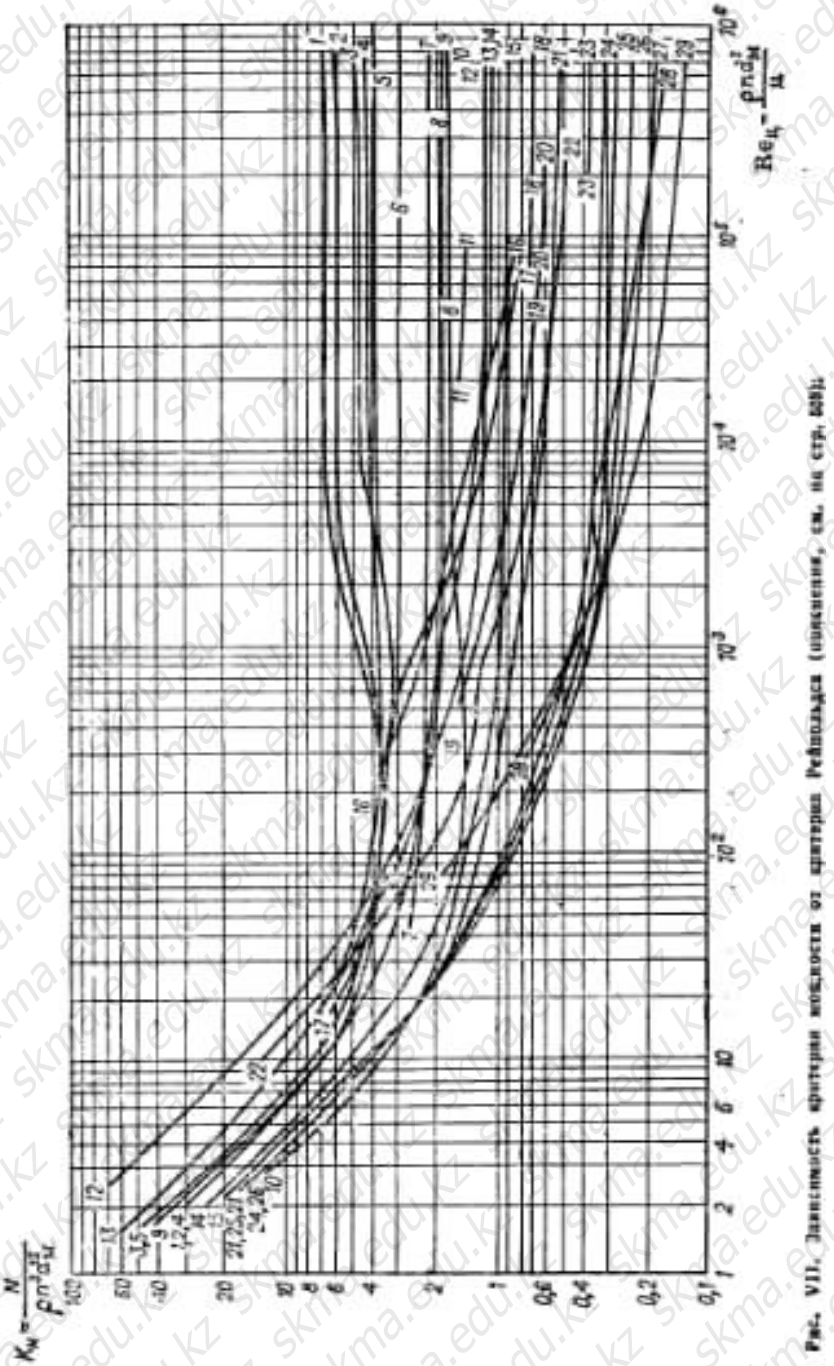
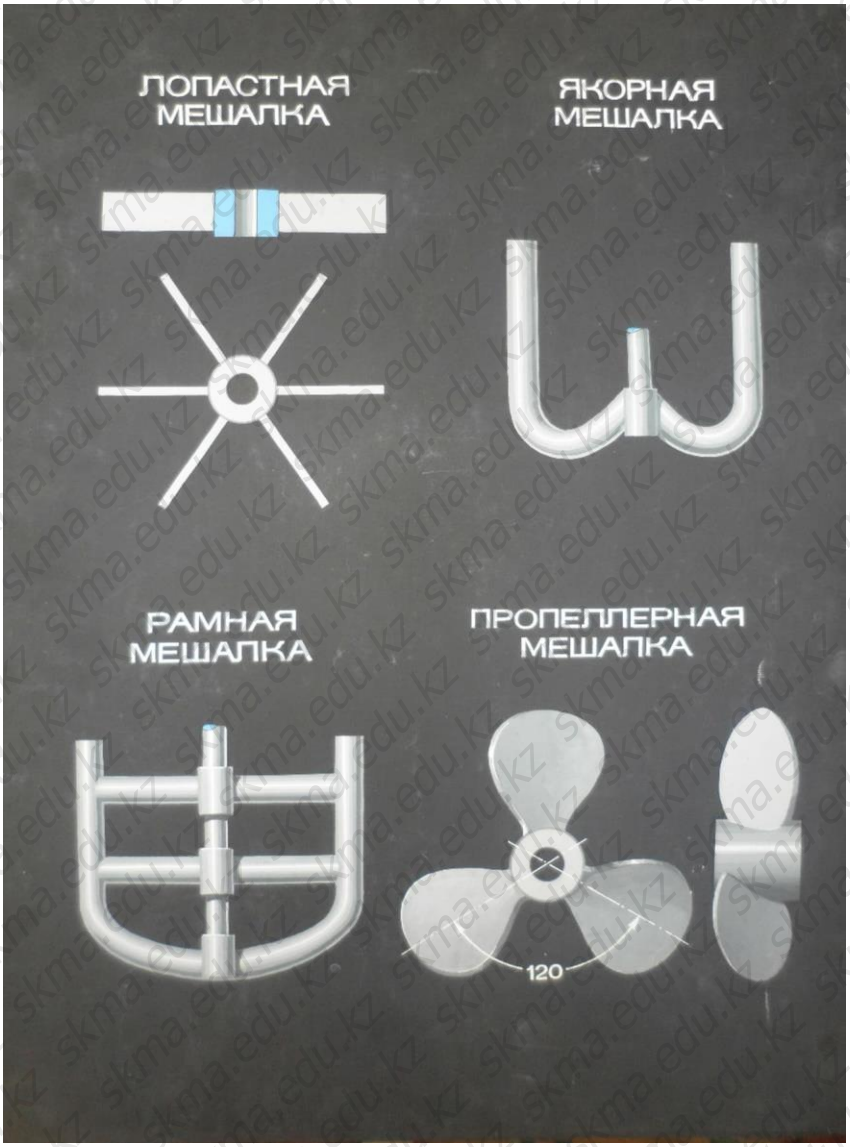
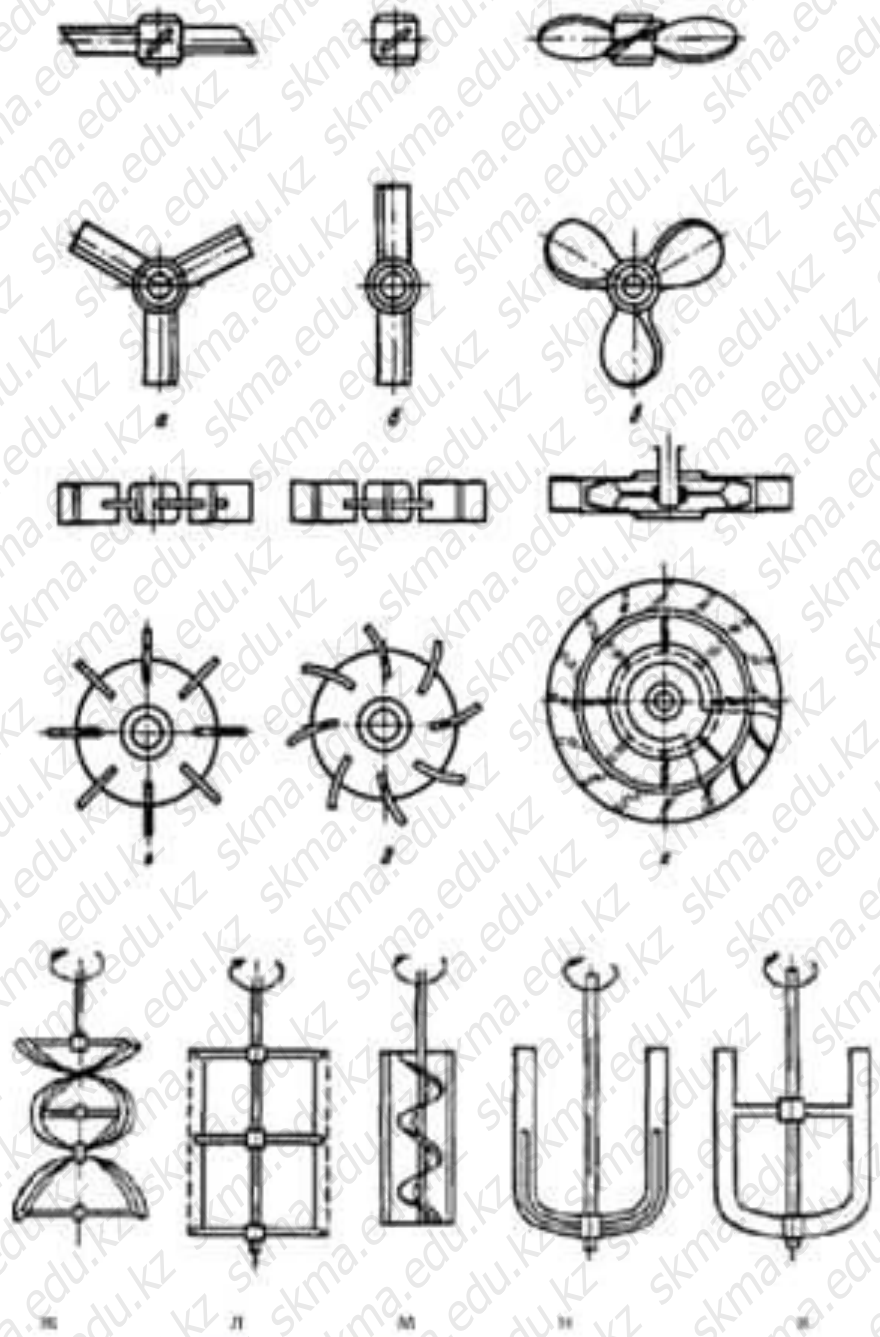


Рис. VII. Зависимость критерия мощности от критерия Рейнольдса (обозначения, см. на стр. 809).


ЛОПАСТНАЯ МЕШАЛКА
ЯКОРНАЯ МЕШАЛКА
РАМНАЯ МЕШАЛКА
ПРОПЕЛЛЕРНАЯ МЕШАЛКА
120



1 сурет. Былғауыштар түрлері.

а-ұшқалақты; б-екіқалақты; в-пропеллерлі; г-ашық турбиналы; д-қалақтары көлбеу ашық турбиналы; е-жабық турбиналы; ж-таспалы; л-қырғышты; м-шнекті; н-зақырлі; п-рамалы.

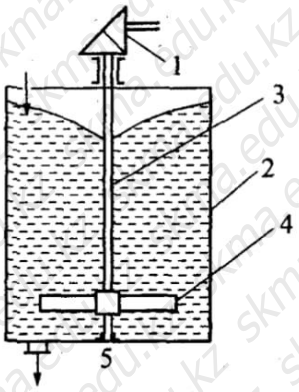


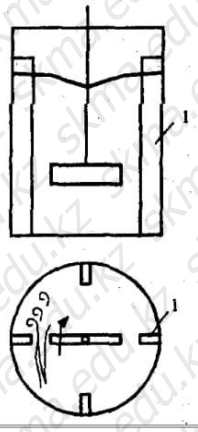
Рис. 10.1. Аппарат с лопастной мешалкой:
1 – привод; 2 – корпус;
3 – вал; 4 – лопасть;
5 – подпятник

Эффективность перемешивания увеличивается с интенсивностью числа оборотов и образованием вихревых потоков в жидкости, что приводит к углублению воронки на поверхности размешиваемой массы, последнее уменьшает рациональное использование всего объема аппарата. Вследствие этого вынуждены находить оптимальное число оборотов мешалки для каждого варианта опытным путем.

Чтобы создать вихревые потоки, в жидкости устанавливают отражательные перегородки (рис.10.2).

Для перемешивания суспензий с твердыми частицами используют мешалки с наклонными к плоскости

лопастной мешалкой:
1 – привод; 2 – корпус;
3 – вал; 4 – лопасть;
5 – подпятник



4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с

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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1) Фармацевтикалық технологияда араластыру қандай мақсаттарда қолданылады?
2) Сұйық ортада араластырудың қандай әдістерін білесіз?
3) Былғауыштың тұтынатын қуаты қандай параметрлерге тәуелді?

№14 дәріс

1. ТАҚЫРЫБЫ 14: Механикалық процестер.

2. МАҚСАТЫ: Студенттерді қатты материалдарды майдалаудың физикалық байыбымен, теориясымен және майдалау әдістерімен, майдалау машиналарының негізгі түрлерімен таныстыру.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Қатты материалдарды майдалау.
2. Майдалаудың физикалық- механикалық байыбы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Механикалық процестерге қатты материалдарды майдалау, жіктеу (сусымалы материалдарды фракцияларға бөлу), сусымалы материалдарды араластыру жатады..

Қатты материалдарды майдалау. Қатты материалдардың беттері ұлғайғанда химиялық және диффузиялық процестердің жылдамдығы артады.

Қатты материалдар бетін ұлғайту үшін олардың өлшемдерін кішірейтеді, былайша айтқанда қатты материалдарды майдалайды.

Майдалау процестерін шартты түрде ұсақтауға (ірі, орта, майда) және ұнтақтауға (ұнтақтау, аса майда ұнтақтау) бөледі.

Ұсақтау қолданылатын күштердің түріне байланысты: соққылау, қысу, шағу, сындыру, үйкеу және кесу тәсілдерімен іске асырылады (6.1-сурет). Іс жүзінде әртүрлі күштер бір мезгілде қолданылады: Мысалы, қысу және соққылау, соққылау және үйкеу және т.б. Бөлшектердің өлшеміне (размеріне) және материалдың механикалық қасиетіне байланысты ұсақтау тәсілін таңдап алады.

Ұсақтаудың тиімділігі ұсақтау дәрежесімен анықталады.

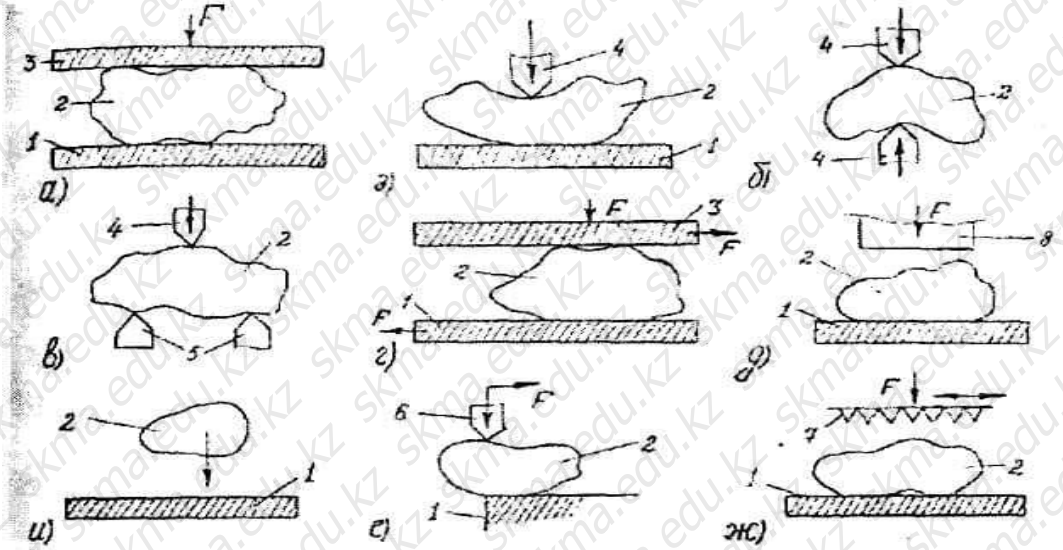
Ұсақтау дәрежесі - *i,* материал бөлшектерінің ұсақтауға дейінгі *(D)* және ұхақтаудан кейінгі *(d)* өлшемдерінің қатынасына тең, яғни

$$i = \frac{D}{d} \quad (6.1)$$

Мұнда *D* және *d* - бөлшектердің ұсақтауға дейінгі және ұсақтаудан кейінгі орташа өлшемдері; Мысалы, шар тәрізді бөлшектер үшін-диаметр, куб-тәрізді бөлшектер үшін - қабырғаларының ұзындығы. Егер бөлшектердің пішіні геометриялық дұрыс болмаса, онда орташа геометриялық өлшем:

$$d = \sqrt[3]{lbh}$$

мұнда /, *Ь,* /г-бөлшектің ең үлкен ұзындығы, ені және биіктігі. Сонымен ұсақтау дәрежесі ұсақтау кезінде материал бөлшегінің өлшемі қанша есе азайғанын көрсетеді. Ұсақтағыштар мен диірмендердің өнімділігі және энергия шығындары ұсақтау дәрежесіне байланысты болады.



6.1-сурет. Ұсақтау тәсілдері.

а-қысу; ә-плиталы тірекпен шағу; б-сына тәрізді әлементтер арасында шагу; в-сындыру; г-үйкеу; д-и-соққылау; е-кесу; ж-аралау; 1-плиталы тірек; 2-ұсақталатын материал; 3-қысатын плита; 4-сына тәрізді құрал (инструмент); 5-тірек; б-соққылайтын құрал; 7-пышақ; 8 - ара.

Ұсақталатын және ұсақталған материалдың ең ірі бөлшектерінің өлшемдеріне байланысты ұсақтаудың түрлері б. 1-кестеде берілген.

6.1 -кесте.

Ұ÷сақтаудың түрлері	Бөлшектердің өлшемдері		Ұсақтау дәрежесі
	ұсақтауға дейінгі, мм	ұсақтаудан кейінгі, мм	
Ірі ұсақтау	1500-300	300-100	2-6
Орташа ұсақтау	300-100	50-10	5-10
Майда ұсақтау	50-10	10-2	10-50
ұнтақтау	10-2	$2 \div 75 \cdot 1O^{-3}$	100
Аса майда ақтау	$2 \div 75 \cdot 1O^{-3}$	$(750-1)1O^{-4}$	-

Ірі, орташа, майда 9сақтайтын машиналарды шартты түрде ұсақтағыштар, ал ұнтақтайтын және аса майда ұнтақтайтын машиналарды диірмендер деп бөледі.

Ұсақтаудың физикалы-механикалық негіздері.

Ұсақтау процесі материал бөлшектерінің арасындағы ілінісу күшін жеңетін сыртқы күштердің әсерінен іске асырылады. Бұл кезде белгілі бір жұмыс атқарылады. Ұсақтау теориясындағы ең негізгі проблемалардың бірі -осы атқарылатын жұмыстың шамасын анықтау- Ұсақтауға жұмсалатын жұмыс мына шамалардан құралады:

1) Материалдың ұсақталатын бөлшектерінің көлемдік деформациясына жұмсалған жұмыс;

2) Бөлшектердің өлшемі кішірею салдарынан пайда болатын жаңа беттерді құруға жұмсалған жұмыс;

3) Ұсақтау машиналары жұмыс істеу нәтижесінде пайда болатын және қоршаған ортаға пайдасыз шығындалатын жылуға жұмсалған жұмыс.

Мұндағы алғашқы екеуі ұсақтаудағы пайдалы жұмсалатын жұмыс болып табылады.

Ұсақталатын бөлшек көлемінің серпінді деформациясына жұмсалған жұмыс (Ад) көлемнің өзгеруіне пропорционал:

$$A_Д = K \cdot \Delta V \quad (6.2)$$

мұнда К - қатты дене көлем бірлігінің деформациясына жұмсалған жұмысқа тең пропорционалды коэффициент; Ұсақтағанда ΔV-ұсақталған бөлшек көлемінің өзгеруі деформацияланған көлем. Серпімді теориясынан деформация жұмысының абсолют мәні :

$$A = \frac{\sigma^2 V}{2E}$$

мұнда а - кернеу; Е - серпімді модулі;

Жаңа беттің пайда болуына жұмсалған жұмыс (Аб) оның өзгеруіне пропорционал:

$$A_б = \sigma \Delta F \quad (6.3)$$

мұнда а - пайда болған жаңа беттің бірлігіне жұмсалған жұмысқа тең пропорционалдық коэффициент; ΔF - жаңадан пайда болған бет.

Ұсақтауға жұмсалған сыртқы күштердің толық жұмысы РЕБИНДЕР теңдеуімен өрнектеледі:

$$A = A_Д + A_б = K \cdot \Delta V = \sigma \Delta F \quad (6.4)$$

Ірі материалдарды і - дің аз мәндерінде ұсақтағанда жаңа бет пайда болуға жұмсалған жұмыстың аз болуына байланысты оны есепке алмауға болады. Сонымен бірге, бөлшектің көлемінің өзгеруі оның алғашқы көлеміне пропорционал, ал көлем бөлшек өлшемінің (cP) үшінші дәрежесіне пропорционал екендігін есепке алсаң (6.4) -теңдеуді былай жазуға болады:

$$A = K \Delta V = K_1 D^3 \quad (6.5)$$

мұнда K_1 - пропорционалдық коэффициент.

(6.5)-теңдеу Кик-Кирпичевтің ұсақтау гипотезасын өрнектейді: Үсақтауға жұмсалған жұмыс ұсақталатын бөлшектің көлеміне немесе массасына пропорционал. Бұл кездегі толық жұмыс ұсақтау дәрежесі аз болған, ірі ұсақтау жағдайына сәйкес анықталады.

Егер материал жоғары үлкен ұсақтау дәрежесімен ұсақталса, онда (6.4) -теңдеуіндегі көлем деформациясына жұмсалған жұмысты, аз болуына байланысты есепке алмауға болады. Онда, бөлшек бетінің өзгеруі оның алғашқы бетіне пропорционал, ал ол бөлшек өлшемінің *(D)* квадратына пропорционал болады:

$$A = \sigma \Delta F = \sigma_1 D^2 \quad (6.6)$$

мұнда а; - пропорционалдық коэффициент.

(6.6)-теңдеу Ритгингер гипотезасын өрнектейді: Ұсақтауға жұмсалған жұмыс жаңадан пайда болған бетке пропорционал. Риттингер гипотезасы ұсақтау дәрежесі жоғары болған (майда ұсақтау) ұсақтауда жұмсалған жұмысты шамалап анықтауда қолданылады.

Егер (6.4) -теңдеудің екі қосындысында есепке алу керек болса (ұсақтау дәрежесі орташа), онда Бонд мына теңдеуді ұсынады:

$$A = K_2 \sqrt{D^3 D^2} = K_2 D^{2.5} \quad (6.7)$$

Яғни ұсақтауға жұмсалған жұмыс бөлшектің көлемі мен геометриялық орташа мәніне пропорционал.

(6.5) - (6.7) - теңдеулері ұсақтауға жұмсалған жұмыстың абсолют мәнін есептеуге мүмкіндік бермейді, себебі *Ki,(5),K2* коэффициенттер белгісіз. Сондықтан бұл теңдеулерді ұсақтау процестерін салыстыру үшін қолданылады.

Тамақ өнеркәсібінде ұсақталатын материалдардың түрлері өте әртүрлі, сондықтан оларды ұсақтайтын машиналардың түрлері де әртүрлі. Дегенмен, машиналар мынадай жалпы талаптарға жауап берулері керек:

1) Машиналардың істен шығатын ұсақтағыш әлементтерін алмастыру тез және оңай болу керек;

2) Ұсатылған материалдың бөлшектерінің өлшемдері бірдей және ұсақтағыштың құрылымы ұсақтау дәрежесін мүмкіндігінше тез және рңай өзгертетін болу керек.

3) Құрғақ материалдарды ұсақтағанда шаң аз шығу керек,

4) Белгілі дәрежеге дейін ұсақталған материал ұсатқыштан тез шығарылуы керек;

5) Ұсақтағыштың массасы мүмкіндігінше аз болуы керек.

Ұсақтағыштардың түрлері. Жақты ұсақтағыш.

Жақты ұсақтағышта (6.3-сурет) материал жылжымайтын (1) және жылжымалы (2) жақтар арасында қысу арқылы ұсақталады. Әксцентрикті біліктің (3) айналуы арқылы жылжымалы жақ (2) жылжымайтын жаққа (1) жақындайды (жұмысшы жүріс) немесе одан алыстайды (бос жүріс). Жұмыс жүрісі кезінде материал ұсақталады, ал бос жүріс кезінде ұсақталған материал төмен қарай ауырлың күштің әсерінен шығарылады. Қозғалатын жаққа (2) қозғалыс әксцентрикті білікпен 3 жалғанған шатунмен (4) беріледі. Шатун (4) алдыңғы (5) және артқы (б) плиталармен бекітіледі. Жетек (7)және сертіппе (8) қозғалыс жүрісінде керіліп, бос жүріске жәрдем береді.

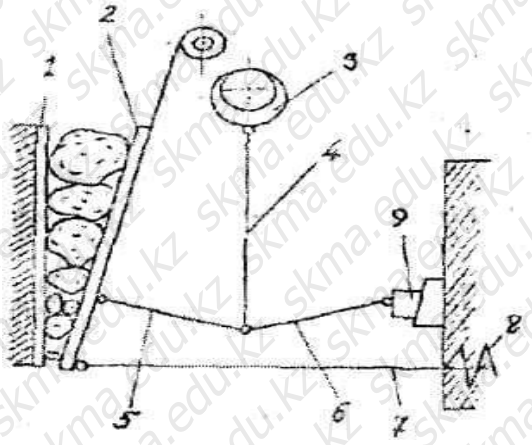
Сыналардың (9) өзара орнын ауыстыру арқылы ұсақтау дәрежесін яғни ұсақталған материал шығатын тесіктің енін реттеуге болады.

6.4 -суретте жақты ұсақтағыштың жалпы көрінісі келтірілген.

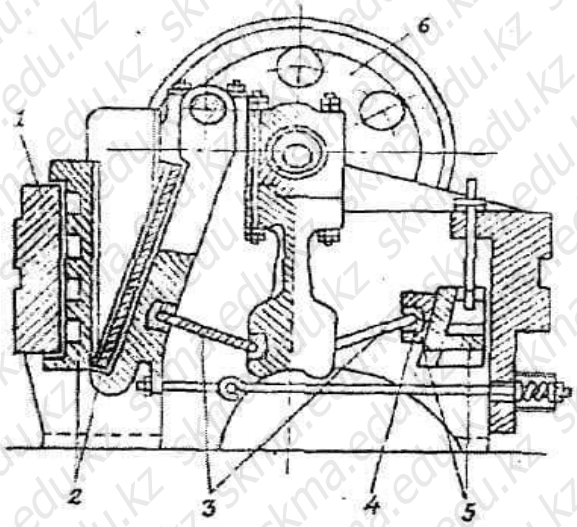
Ұсақтағыштың корпусының алдыңғы қабырғасы болат құймасынан жасалған қозғалмайтын жақ. Жақтардың беті бұдыр бетті болат плиталарымен қапталады. Бұл болат плиталар тез тозатын болғандықтан, оларды тозуға төзімді материалдардан (марганецті немесе хромды құйма болаттан) алмалы-салмалы етіп жасайды.

Үсақтағыштағы ұсақтайтын күш керуші плиталар (3) арқылы беріледі. Артқы керуші плита қатты майдаланбайтын заттар түскенде ұсақтағышты сынудан сақтап қалады. Бұл плита қаттылығы төмен материалдан жасалынып, Ү-сақтағышқа қатты металды материал түскенде сынады да, кейін оны алмастырады. Материал жүктелетін тесіктің ені сыналар (5) көмегімен реттеледі. Үсатқышқа қозғалыс электр қозғатқыштан қайысты беріліс және маховик (б) арқылы беріледі.

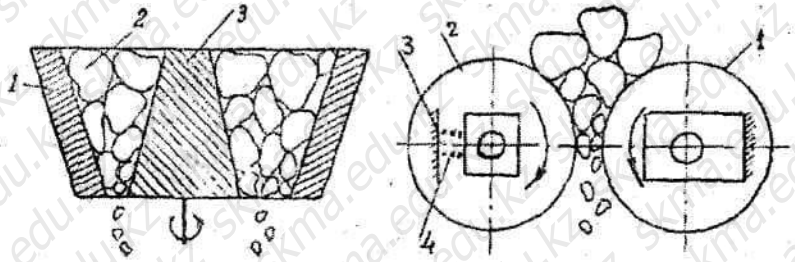
Артықшылықтары; құрылымының қарапайымдылығы және сенімділі; кең көлемде қолданылуы; қызметі оңай және ыңғайлы.



б.3-сурет. Жақты ұсақтағыштың тәсімі:
1-қозғалмайтын жақ; 2-қозғалмалы жақ; 3-әксцентрикті білік; 4- шатун; 5-алдыңғы плита;



6.4-сурегр.Нақты ұсақтағыштың жалпы көрініс:
1-корпус; 2-алмастырылатын плиталар; 3-керуші плиталар;
б-артқы плита;7-жетек;8-серіппе; 4-ішпек; 5-реттеу сыналары; 9-реттеу сыналары. 6 – маховик



6.5-сурет.Конусты ұсақтағыштың тәсімі:
1-сыртқ;ы қозғалмайтын конус; 2-ү.сақталатын материал; 3-ішкі қозғалатын конус.

Конусты ұсақтағыштар

Конусты ұсақтағыштарда материал қысу және үйкеу тәсілдерімен ұсақталады. Ұсақталатын материал сыртқы қозғалмайтын және ішкі айналатын конустардың аралығына беріледі. Ішкі айналатын конус сыртқы крнусқа әксцентрикалы болып орналасады..Конусты ұсақтағыштар тамақ өнеркәсібінде өте көп қолданылады.

Білікті ұстағыштар

Тамақ өнеркәсібінде астықты, күнжараны, жеміс-жидектерді, және т.б. ұсақтауда білікті ұсақтағыштар кеңінен қолданылады. Ұсақталатын материал горизонталь біліктердің арасында қысу және үйкеу тәсілдерімен майдаланады. Біліктер саны әртүрлі болуы мүмкін (бір жүп немесе бірнеше жүп). Жұп біліктер бір-біріне қарама-қарсы бағытта айналып, материал екеуінің арасында ұсақталады. Біліктердің беті тегіс, бұдыр және тісті болуы мүмкін. Біліктер шойыннан жасалынады да, беті тозуға төзімді марганецті болатпен қапталады. Екі білікті ұсақтағыштың тәсімі б.б-суретте көрсетілген. (1) біліктің подшипнигі қозғалмайтын, ал (2) біліктің подшипнигі жылжымалы болады. Үсақталмайтын қатты зат түскенде білік (2) сыртқы (4) көмегімен жылжып оны өткізіп жібереді.

Білікті ұсақтағыштың өнімділігін жуық шамамен мына формуламен есептеуге болады:

$$G=bl\pi Dn\cdot 60\rho\varphi,\ \text{кг/сағ}$$

мұнда *B* - екі білік арасындағы қуыстың ені, L- қуыстың, яғни біліктің ұзындығы, м; *D* - білік диаметрі; *n* - айналу жиілігі, айн/мин; *p* -материалдың тығыздығы, кг/м^3; *ср* - түзету коэффициенті, *(<p=0,5-^0,7* астық үшін).

Ұсақтағыштың білігіндегі қуатты теориялық жолмен анықтау мүмкін емес, сондықтан оны тәжірибелік мәліметтер бойынша әр материалға және ұхатқыш дәрежесіне байланысты анықтайды.

Балғалы ұсақтағыштар Тамақ өнеркәсібінде астықты, картопты, уытты, қантты, тұзды, күнжараны, қойыртпақты, шлакты және т.б. материалдарды ұсақтауда балғалы ұсақтағыштар қолданылады (б.7-сурет).

Мұндай ұсақтағыштардың жұмысшы органы стерженге (3) еркін орналасқан балғалар (2) болады. Ұсақтағыш білігі айналғалда балғалар қоректендіргіш (1) арқылы берілетін материалды соққылап майдалайды. Ұсақталған материал елек (4) тесіктерінен өтеді. Ұсақтау дәрежесін електің тесігінің диаметрін және балғалардың айналу жылдамдығын өзгерту арқылы реттеуге болады. Өнімділігін (Т/сағ) мына формуламен шамалап есептеуге болады.

$$G=\frac{KD^2Ln^2}{3600(t-1)},\qquad (6.9)$$

мұнда *D,l* - ротордың диаметрі және ұзындығы, м; *n* -ротордың айналу жиілігі, айнымалы ұсақтау дәрежесі; Х-тәжірибелік коэффициент

Жұмсалатын қуат *(кВт)* мына эмпирикалық формуламен есептеледі:

$$N=0,15Gi$$

4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1) Қатты материалдарды майдалау қандай мақсаттарда қолданылады?
2) Материалдың бастапқы және соңғы ең үлкен кесектерінің өлшемдеріне байланысты майдалаудың қандай түрлерін білесіз?
3) Қатты материалдарды қандай әдістермен майдалайды?
4) Майдалауға шығындалатын жұмыс майдалайтын материалдың қандай мінездемелеріне тәуелді?
5) Өндірісте майдалайтын машиналардың қандай түрлері қолданылады?

№15 дәріс

1. Тақырыбы 15: Пресстеу.

2. МАҚСАТЫ: Студенттерді қатты материалдарды сусыздандыру, брикеттеу, пластикалық материалдарды түйіршіктеу және пішіндеу үшін пресстеудің физикалық негізімен таныстыру.

3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

2. Сусыздандыру, брикеттеу.
3. Түйіршіктеу және пішіндеу.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Қатты материалдарды сусыздандыру, брикеттеу, пластикалық материалдарды түйіршіктеу және пішіндеу үшін фармацевтикалық өндірісте пресстеуді қолданады.

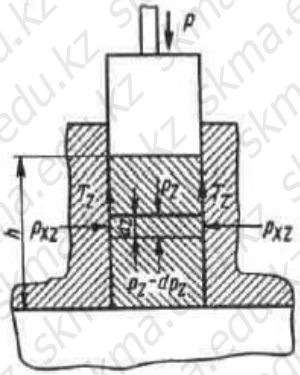
Пресстеу дегеніміз материалды арнайы пресстерде оларды сыртқы қысым арқылы өңдеу. Артық қысым көмегімен әртүрлі материалдарды сусыздандырады, брикеттейді, пішіндейді және штамптайды [1].

Сусыздандыру, брикеттеу

Сусыздандыру арқылы материалдан сұйықты ығыстырып шығарады. Бұл кезде сұйықтың немесе қатты материалдың құндылығы артады. Сусыздандыруды материалға артық қысым түсіру арқылы жүргізеді. Артық қысым материалға екі әдістермен түсіріледі; пресс поршенінің қысымымен немесе центрифугада ортадан тебу күші әсерімен.

Брикеттеу процесінің негізгі мінездемесі – престеу қысмының өзгеруімен Δр және престелетін заттың тығыздалу коэффициенті β ($\beta = V/V_1 = h/h_1$, мұнда V және V1 – өнімнің престеуге дейінгі және кейінгі көлемдері; h және h_1 – брикеттің престеуге дейінгі және кейінгі биіктіктері, сәйкесінше) арасындағы тәуелділік.

Брикет биіктігі бойынша престеу қысымының таралу теңдеуін қорыту үшін оның элементеар қабатына әсер ететін күштердің схемасын қарастырамыз (2 сурет).



2 сурет. Брикеттің элементеар қабатына әсер ететін күштердің схемасы.

Пресстеу қысымы өнімді тығыздау қысымы мен өнімнің пресс-форма бетінде үйкелу күшін жеңуге шығындалатын қысымның қосындысына тең. Бірінші жобалауда өнімнің пресс-форма бетінде үйкелу күшін жеңуге шығындалатын қысымын ескермейміз, сонымен өнімді біртекті деп қабылдаймыз. Сонда пресстеу процесі мына өрнекпен сипатталады

$$\psi \ln(P/P_0) = \beta - \beta_0$$

Мұнда ψ – пресстелу модулі; P, P_o – соңғы және бастапқы сығу қысымдары, сәйкесінше; β, β_o – соңғы және бастапқы тығыздалу коэффициенттері.

Пуансоннан z қашықтықта орналасқан матрицадағы брикет элементіне тік жазықтықта әсер ететін қалыпты күштер P_z және $P_z - dP_z$, меншікті үйкелу күші T_z және бүйірлік қысым күштері P_{xz}.

Меншікті үйкелу күші $T_z = f P_{xz}$, мұнда f – материалдың матрица қабырғасына үйкелу коэффициенті.

Тік жазықтықта әсер ететін меншікті қысымды P_z бүйірлік меншікті қысыммен P_{xz} мына өрнек арқылы байланыстырамыз $P_{xz} / P_z = \xi$. Егер көлденең қима ауданы F және брикет периметрі П болса, онда z осі бойынша күштердің теңдігі мына теңдеу түрінде сипатталады

$$FdP_z = f P_{xz} \Pi dz.$$

Қысымның және үйкелу күштерінің өзгерулері өзара тең екенін, бірақ бір-біріне қарсы бағытталғанын, ескерсек, соңғы теңдеуіміз мына түрге келеді

$$FdP_z = -f\xi P_z \Pi dz.$$

Осы теңдеуді шамалардың тұрақты кезінде P -дан P_z дейін және 0 -ден z дейін интегралдап, тік жазықтықта әсер ететін қысымның өзгеруін анықтаймыз

$$P_z = P\exp(\xi f \Pi z / F) \quad (1)$$

Пресс-пішін түбіндегі меншікті қысым

$$P_h = P\exp(\xi f \Pi h / F)$$

Мұнда h – брикет биіктігі.

(1) теңдеу сығылған брикет биіктігі бойынша пресстеу қысымының таралуын сипаттайды. Оны қысымның матрица қабырғасына үйкелуге шығынын анықтау үшін қолдануға болады. Материалдың орташа тығыздалу коэффициенті

$$\beta_{CP} = \beta_0 - \psi \ln(p / p_0) + \psi \xi f \Pi z / (2F). \quad (2)$$

Мұнда $\xi = P_{xz} / P_z$ – бүйірлік қысымның P_{xz} және тік жазықтықта әсер ететін меншікті қысымның P_z қатынасы (бүйірлік қысым коэффициенті); f – материалдың матрица қабырғасына үйкелу коэффициенті; П – брикет периметрі; z – пуансонның тік ось бойында ығысу координатасы; F – брикеттің көлденең қимасының ауданы.

Қимасы тұрақты брикеттің орташа тығыздығы

$$\rho_{CP} = [\rho - \rho_K \psi \ln(p / p_0)] / [1 - \psi \xi f \Pi G_K / (2F^2 \rho_K)], \quad (3)$$

Мұнда G_k – брикеттегі қатты фаза массасы.

Бұл жағдайда соңғы және бастапқы тығыздалу коэффициенттері $\beta = \rho/\rho_k$ және $\beta = \rho_o/\rho_k$; брикеттің соңғы биіктігі $h_k = G_k/F\rho_k$; ρ және ρ_k – брикеттің бастапқы және соңғы тығыздықтары, сәйкесінше.

(2) и (3) теңдеулер дисперсті заттарды пресстеу процесінің негізгі теңдеулері болып табылады. Олар үйкелу коэффициенті f және бүйірлік сығу коэффициенті ξ тұрақты кезде қорытылған.

Түйіршіктеу және пішіндеу

Түйіршіктеу және пішіндеу процестерін жартылай немесе дайын бұйым алу үшін экструдерлерде жүргізеді. Бұл кезде бұйымға қысым, температура, ылғалдылық және ығысу кернеуі кешенді әсер етеді. Экструзия кезінде бірнеше процестер қабаттаса жүреді: шашырату, араластыру, гомогендеу, термиялық өңдеу (суыту), пішіндеу және фармацевтикалық материалдарды кептіру. Экструдер бірнеше мезгіл-мезгіл істейтін процестерді және жабдықтарды ауыстырады, ал экструзия процесі өңделетін материалдың

қасиетін, құрылысын бағытты түрде өзгертеді, процестің үздіксіздігін қамтамасыз етеді, өңделетін материалды үздіксіз беруге мүмкіндік болады.

Осылай өңделген жартылай немесе дайын өнімді экструдат деп атайды. Экструдат пішіні экструдерден материалдың шығарында қойылған матрицадағы тесіктердің пішінімен анықталады.

4. **ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР:** Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

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. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер,Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
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.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

1. Сусыздандыруды, брикеттеуді сипаттаңыз.
2. Түйіршіктеуді және пішіндеуді сипаттаңыз.
3. Прессteу құрылғысының жұмысын сипаттаңыз.