

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы		044-76/11
Дәрістік кешен		92 беттің 1 беті

ДӘРІСТІК КЕШЕН

Пән:	Фармацевттік өндірістің процестері және аппараттары-2
БББ атауы:	6B07201 – Фармацевтика өндірісінің технологиясы
Пән коды:	РАНФР 2203-2
Оқу сағаттарының көлемі:	150 (5 кредит)
Курс:	2
Оқу семестрі:	4
Дәріс көлемі:	15 сағат

Шымкент 2023 ж.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы		044-76/11
Дәрістік кешен		92 беттің 1 беті

Дәрістік кешен БББ бойынша МОБ сәйкес әзірленген "6B07201 – Фармацевтика өндірісінің технологиясы" және кафедра мәжілісінде талқыланды.

Хаттама № 12 « 11 » мамыр 2023 ж.

Каф. Меңгерушісі, к.т.н. доцент



Г.Э. Орымбетова

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті

1.1. Тақырып: Кеңістікте жылу тасымалданудың түрлері.

1.2. Мақсаты: Студенттерді жылудың кеңістікте өздігінен тасымалдануының физикалық байыбымен, қабырғалар арқылы жылуөтуді есептеу негіздерімен таныстыру.

1.3. Дәріс тезистері:

1. Жылуөткізгіштік.
2. Конвективті жылуалмасу.
3. Жылулық сәулелену.
4. Қабырға арқылы жылуөту.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Температуралары әртүрлі денелер арасында энергияның жылу түрінде тасымалдануын жылуалмасу деп атаймыз.

Жылуалмасуға қатысатын денелерді жылу тасымалдағыштар деп атайды.

Жылуалмасу – жылудың кеңістікте таралу заңдылықтарын зерттейтін ғылым саласы.

Жылу кеңістікте қарапайым үш түрлі жолдармен тасымалданады: жылуөткізгіштік конвекция және сәулелену.

Жылуөткізгіштік деп температура айыпмашылықтары бар денелердің бір-біріне тікелей тиіскенде жылу алмасуын айтады. Бұл кезде жылу микробөлшектердің (атомдар, молекулалар, электрондар және т.б.) өзара соқтығысулары нәтижесінде тасымалданады.

Конвекция тек қана сұйық және газ ортада байқалады. Бұл процесс кезінде жылу сұйық (газ) бөлшектерінің (макробөлшектердің) қозғалуы нәтижесінде тасымалданады. Заттың микробөлшектері барлық уақытта қозғалыста болады, олай болса жылу конвекция арқылы тасымалданғанда жылуөткізгіштік арқылы да тасымалданады. Мұндай қабаттаса жылу тасымалдауды **конвективті** жылуалмасу деп атайды.

Сәулелену деп жылудың кеңістікте электромагнитті толқындар көмегімен таралуын айтады. Бұл процесс кезінде алдымен дене жылуы сәуле энергиясына (электромагнитті толқындарға) айналады, ол кеңістікте таралып, екінші денеге түсіп, осы денемен жұтылады (қайта жылу энергиясына айналады).

Температура өрісі

Зерттелетін дененің берілген уақыт сәтіндегі барлық нүктелеріндегі температуралардың жиынтығын **температура өрісі** деп атайды. Температура өрісінің теңдеуі жалпы жағдайда мына түрде жазылады

$$t = F(x, y, z, \tau) \quad (1.6)$$

Мұнда t – ортаның температурасы; x, y, z – орта нүктесінің координаттары; τ - уақыт.

Уақыт бойынша өзгертін температура өрісін стационарлы емес, ал өзгермейтін өрісті-стационарлы деп атайды. Стационарлы температура өрісі мына тәуілділікпен сипатталады

$$t = f(x, y, z) \quad (1.7)$$

Температураның координаттар санына тәуелділігіне байланысты бір өлшемді, екі өлшемді және үш өлшемді өрістерін ажыратады. Бір өлшемді стационарлы температура өрісі үшін

$$t = f(x); \quad = 0$$

OÑTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті

Температура өрісін изотермиялық беттер көмегімен сипаттауға болады. Берілген уақыт сәтінде температуралары бірдей нүктелердің жиынтығын изотермиялық бет деп атайды. Температуралық мәндері бөлек изотермиялық беттер өзара қиылыспайды. Олар өзді-өзімен тұйықталады немесе дененің бетінде аяқталады.

Изотермиялық беттерді кез келген бір жазықпен қиылыстырсақ, олар жазықтықта қисық сызықтар түрінде із қалдырады. Осы сызықтарды изотермалар деп атайды. Изотермалардың да қасиеттері изотермиялық беттердің қасиеттеріне ұқсас.

1.1 суретте температура айырмашылықтары Δt болатын изотермалар көрсетілген. Дененің температурасы тек қана изотермиялық беттермен қиылысатын бағытта өзгереді, және темпера-тураның ұзындық бірлігіндегі ең көп өзгеруі изотермиялық бетке нормаль бағытында болады. Температураның нормаль бағытындағы өсуін температура градиенті сипаттайды. Температура градиенті изотермиялық бетке нормаль бойынша температураның өсуіне қарай бағытталған вектор, және мәні температураның осы бағыттағы туындысына тең. Ол мына өрнекпен анықталады

$$\text{grad}t = \vec{n} \frac{\partial t}{\partial n} \quad (1.8)$$

Мұнда n_0 – бірлік вектор, $\partial t/\partial n$ – температураның нормаль бағытындағы туындысы.

Фурье заңы. Фурье гипотезасына сәйкес dt уақыты аралығында dF изотермиялық бет арқылы өтетін dQ жылу мөлшері, температураның градиентіне dt/dF тура пропорционал:

$$dQ_{\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$$

Теңдеудің оң жағындағы минус” таңбасы жылу мөлшері мен температура градиенті векторларының қарама-қарсы бағытты екендігін ескереді. Жылу температураның төмендеуіне қарай тасымалданады, ал бұл бағытта температураның өзгеруі теріс таңбалы. Теңдеудегі пропорционалдық коэффициент λ заттың физикалық қасиетіне байланысты жылу өткізу қабілетін сипаттайды және жылуөткізгіштік коэффициенті деп аталады.

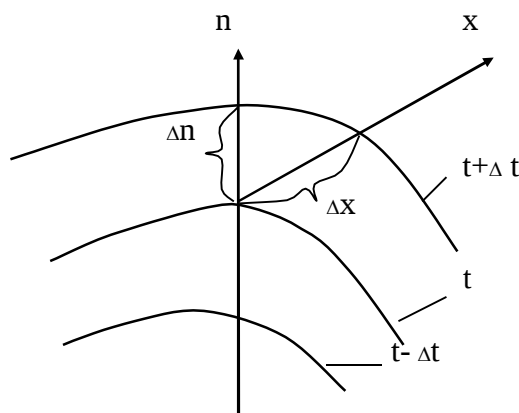
$$[\lambda] = \left[\frac{dQ}{dt dF \frac{\partial t}{\partial n}} \right] = \left[\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{сек}}}{\frac{\text{град} \cdot \text{м}^2}{\text{сек}} \cdot \frac{1}{\text{м}}} \right] = \left[\frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\text{град} \cdot \text{м}^2} \right]$$

Сонымен жылуөткізгіштік коэффициенті жылуөткізгіштікпен уақыт бірлігінде аудан бірлігі арқылы изотермиялық бетке нормаль бағытында температура 1 градусқа төмендегенде тасымалданатын жылу мөлшерін көрсетеді.

Конвективті жылуалмасу

Ағынның ортасында жылу жылуөткізгіштікпен және конвекциямен қабаттаса тасымалданады. Жылудың былай қабаттаса тасымалдануын конвективті жылуалмасу деп атайды.

Көп жағдайларда сұйық пен қатты дене беттері арасындағы жылу ағынын анықтау керек болады. Бұл конвективті жылу алмасуды **жылуберу** деп атайды. Жылуберуді есептеу үшін Ньютон –



12.1 сурет. Изотермалар

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті

Рихман заңы қолданылады:

$$dQ = \alpha dF (t_{cm} - t_{жс}) dt \quad (1.9)$$

Бұл теңдеу бойынша берілетін dQ жылу мөлшері уақытқа dt , қабырға ауданына dF , температура айырмашылығына $t_{cm} - t_{жс}$ тура пропорционал.

Үздіксіз процестер үшін:

$$Q = \alpha F (t_{cm} - t_{жс}) \quad (1.10)$$

Пропорционалдық коэффициенті α жылуберу коэффициенті деп аталады. Жылуберу коэффициенті α сұйық пен қабырға арасындағы жылу тасымалдау қарқынын сипаттайды..

α коэффициентінің өлшемі:

$$[\alpha] = \left[\frac{Q}{F(t_{cm} - t_{жс})} \right] = \left[\frac{J}{m^2 \cdot \frac{^{\circ}C}{сек} \cdot град} \right] = \left[\frac{Вт}{m^2 \cdot град} \right]$$

Жылулық сәулелену.

Сәуле энергиясы молекулалар және атомдар ішіндегі күрделі процестердің нәтижесінде туындайды. Табиғатта кездесетін сәулелердің барлығының табиғаты бір. Олар жарық жылдамдығымен таралатын электромагнитті толқындар. Электромагнитті толқындар бір-бірінен толқын ұзындығымен және тербелу жиілігімен ажыратылады.

Дененің 1 м^2 ауданынан уақыт бірлігінде сәулеленген жылу мөлшерін дененің **сәулелену қабілеттілігі** деп атаймыз:

$$E = \frac{Q}{F} \left[\frac{Вт}{м^2} \right].$$

Денеге түскен сәуле энергиясы E_T болсын. Оның бір бөлігі жұтылады $E_{ж}$, екінші бөлігі шағылады $E_{ш}$, ал үшінші бөлігі дене арқылы өтіп кетеді E_{θ} . Сонда дене үшін сәуле энергиясының балансы.

$$E_T = E_{жс} + E_{ш} + E_{\theta} \quad (1.11)$$

Энергия балансын E_T бөлсек

$$1 = \frac{E_{жс}}{E_T} + \frac{E_{ш}}{E_T} + \frac{E_{\theta}}{E_T} \quad (1.12)$$

Бұл өрнектің оң жағындағы бірінші мүше дененің сәуле энергиясын жұту қабілетін A сипаттайды, екінші – шағылдыру қабілетін R және үшінші - өткізу қабілетін D сипаттайды. Олай болса

$$1 = A + R + D \quad (1.13)$$

Бұл шамалар өлшемсіз және 0-ден 1-ге дейін өзгереді.

Егер $A=1$ болса, онда $R=D=0$. Бұл кезде барлық түскен сәуле энергиясын дене жұтып алады. Мұндай денелерді **абсолют қара дене** деп атайды.

Егер $R=1$ болса, онда $A=D=0$. Бұл кезде барлық түскен сәуле энергиясын дене толығымен шағылдырады. Мұндай денелерді **абсолют ақ дене** деп атайды.

Егер $D=1$ болса, онда $A=R=0$. Бұл кезде барлық түскен сәуле энергиясы дене арқылы өтіп кетеді. Мұндай денелеруі **абсолют мөлдір дене** деп атайды.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SKMA -1979- MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы		044-76/11
Дәрістік кешен		92 беттің 1 беті

Стефан-Больцман заңы. Бұл заңды тәжірибе жүзінде 1879 ж. И. Стефан анықтады, ал 1881 ж. Л. Больцман теориялық тұрғыдан дәлелдеді. Стефан-Больцман заңы бойынша абсолют қара дененің сәулелену қабілеттілігі абсолют температураның төртінші дәрежесіне тура пропорционал

$$E_0 = \sigma T^4 \quad (1.14)$$

Мұнда $\sigma = 5,76 \cdot 10^{-8} \text{ [Вт/(м}^2\text{К}^4)]$ – абсолют қара дененің сәулелену тұрақтысы.

Инженерлік есептеулерде (17.6) теңдеуін мына түрде қолданады

$$E_0 = c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (1.15)$$

Мұнда $c_0 = 5,67 \text{ [Вт/(м}^2\text{·К}^4)]$ – абсолют қара дененің сәулелену коэффициенті.

Бізді қоршаған ортадағы денелердің барлығы қоңыр немесе селективті денелерге жатады. Қоңыр денелердің тұтас спектрлік сәулелену қасиеті бар, алайда олардың сәулелену қабілеті бірдей температурада абсолют қара дененің сәулелену қабілетінен төмен. Селективті сәулелену денелеріне, белгілі толқын ұзындықтары арасында сәуле шығаратын және жұтатын газдар жатады.

Қоңыр денелерге Стефан-Больцман заңы мына түрде жазылады

$$E = c \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (1.16)$$

Мұнда c – қоңыр дененің сәулелену коэффициенті. (17.7) және (17.8) теңдеулерін өзара бөлсек

$$\varepsilon = \frac{c}{c_0} = \frac{E}{E_0} \quad (1.17)$$

Мұнда ε – қоңыр дененің қаралық дәрежесі деп аталады. Сонда қоңыр денеге Стефан-Больцман заңын мына түрде жазуға болады

$$E = \varepsilon c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (1.18)$$

Жазық қабырғаның жылуөткізгіштігі

Қалыңдығы δ , жылуөткізгіштік коэффициенті λ болатын біртекті жазық қабырғаның жылуөткізгіштігін қарастырайық. Қабырға биіктігі және ені оның қалыңдығынан әлдеқайда үлкен, беттерінің температуралары тұрақты және $t_{61} > t_{62}$ деп қабылдаймыз (1.2 сурет). Сонда қабырға бойындағы температура өрісі бірөлшемді дифференциалды теңдеумен сипатталады

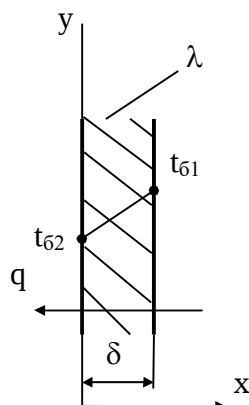
$$\frac{d^2 t}{dx^2} = 0 \quad (1.19)$$

Шекаралық шарттар :

$$\text{а) } x = 0 \text{ болғанда, } t = t_{61}; \quad (1.20)$$

$$\text{б) } x = \delta \text{ болғанда, } t = t_{62}; \quad (1.21)$$

(1.19) теңдеуін интегралдасак



13.1 сурет. Жазық қабырғаның жылуөткізгіштігі

$$\frac{dt}{dx} = c_1 \quad (1.22)$$

(2.1) теңдеуін екінші рет интегралдасак

$$t = c_1 x + c_2 \quad (1.23)$$

Демек жазық қабырғада температураның таралуы сызықтық заңға тәуелді. c_1 және c_2 интегралдау тұрақтыларын (1.20) және (1.21) шекаралық шарттарынан (1.23) теңдеуіне қойып анықтаймыз.

$$c_2 = t_{\delta 1}; \quad c_1 = \frac{t_{\delta 2} - t_{\delta 1}}{\delta} \quad (1.24)$$

Сонда (1.23) теңдеуін былай жазуға болады.

$$t = t_{\delta 1} - \frac{t_{\delta 1} - t_{\delta 2}}{\delta} x \quad (1.25)$$

Жазық қабырға арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығын Фурье заңынан анықтаймыз

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (1.26)$$

(1.24) және (1.26) теңдеулерінен

$$\frac{dt}{dx} = \frac{t_{\delta 2} - t_{\delta 1}}{\delta} \quad (1.27)$$

Олай болса жазық қабырға арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығы

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\delta 1} - t_{\delta 2}) \quad (1.28)$$

(1.28) теңдеуіндегі $R_k = \frac{\delta}{\lambda}$ өрнегі жазық қабырғаның термиялық кедергісі деп аталады.

Егер жазық қабырға біртекті бірнеше қабаттардан тұратын болса (1.3 сурет), олардың термиялық кедергілері өзара өзгеріссіз қосылады.

Мұндай көп қабатты қабырға арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығын мына теңдеумен анықтайды

$$q = \frac{t - t}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (1.29)$$

Мұнда n-қабаттар саны.

1.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

1.5. Әдебиет:

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
4. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
3. Баскаков. Теплотехника – М.: Высшая школа 1986

1.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Қандай процесті жылуөткізгіштік деп атаймыз?
- 2) Қандай процесті конвективті жылуалмасу деп атаймыз?
- 3) Қандай процесті жылулық сәулелену деп атаймыз?
- 4) Жылуөткізгіштіктің негізгі заңын (Фурье заңын) тұжырымдаңыз.
- 5) Ньютон - Рихман заңын тұжырымдаңыз.
- 6) Стефана – Больцмана заңын тұжырымдаңыз.
- 7) Жылуөткізгіштік коэффициентінің физикалық мағынасын түсіндіріңіз.

2.1. Тақырып: Жылуалмасу.

2.2. Мақсаты: Студенттерді жылуалмасумен, жазық және цилиндрлік қабырғалар арқылы қалыптасқан жылуалмасумен, жылуалмасу процестерін қарқындатумен, жылулық оқшаулағыштың критикалық диаметрімен таныстыру.

2.3. Дәріс тезистері:

1. Жылулық баланс.
2. Жазық және цилиндр қабырғалар арқылы жылуалмасу.
3. Жылуалмасу процестерін қарқындату.
4. Жылулық оқшаулағыштың критикалық диаметрі.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Жылулық баланс. Ыстық жылутасымалдағыштың берген жылуын (Q_1) суық жылутасымалдағыш (Q_2) алады

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Мұнда Q – аппараттың жылулық жүктемесі.

OÑTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті

Ыстық жылотасымалдағыштың шығыны G_1 , оның энтальпиясы $I_{1н}$, ал аппараттан шыққанда $I_{1к}$. Сәкесінше суық жылотасымалдағыштың шығыны - G_2 , оның бастапқы энтальпиясы $I_{2н}$ және соңғы энтальпиясы $I_{2к}$. Сонда жылулық баланс теңдеуі

$$Q = G_1(I_{1н} - I_{1к}) = G_2(I_{2к} - I_{2н}) \quad (1)$$

Егер жылуалмасу кезінде жылотасымалдағыштардың агрегаттық күйлері өзгермесе, олардың энтальпиялары жылуsыйымдылық C пен температураның t көбейтіндісіне тең:

$$\begin{aligned} I_{1н} &= C_{1н} t_{1н} & I_{1к} &= C_{1к} t_{1к} \\ I_{2к} &= C_{2к} t_{2к} & I_{2н} &= C_{2н} t_{2н} \end{aligned}$$

Жылотасымалдағыш шығынының G оның жылуsыйымдылығына C көбейтіндісін оның толық жылуsыйымдылығы деп атайды. Егер жылуsыйымдылықтарды температураға тәуелсіз деп қабылдасақ, (1) теңдеу мына түрге келеді:

$$Q = G_1 C_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 C_2 (t_{2к} - t_{2н}) \quad (2)$$

немесе

$$Q = W_1 (t_{1н} - t_{1к}) = W_2 (t_{2к} - t_{2н}) \quad (3)$$

Жылуалмасудың негізгі теңдеуі

Жылу мөлшері Q^1 мен жылуалмасу бетінің F байланысын сипаттайтын жылуалмасу процесінің жалпы кинетикалық тәуелділігі жылуалмасу теңдеуі болады:

$$Q^1 = KF \Delta t_{cp} \tau \quad (4)$$

Мұнда K – жылуалмасу коэффициенті;

Δt_{cp} – орташа температура тегеуріні;

τ – уақыт.

(4) теңдеуге сәйкес ыстық жылотасымалдағыштан суық жылотасымалдағышқа берілген жылу мөлшері жылуалмасу ауданына F , температураның орташа тегеурініне Δt_{cp} – , уақытқа τ тура пропорционал.

Үздіксіз процестерге жылуалмасу теңдеуін былай жазамыз:

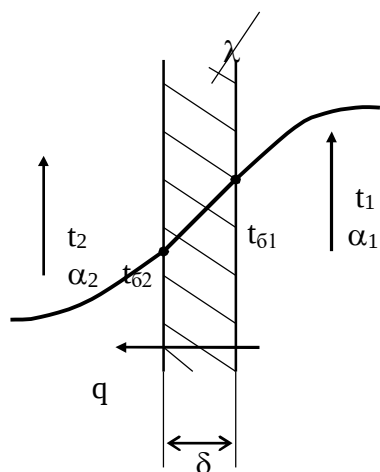
$$Q = \frac{Q_1}{\tau} = KF \Delta t_{cp} \quad (5)$$

(4), (5) теңдеулерден жылуалмасу коэффициентінің өлшем бірлігі және физикалық мағынасы шығады.

$$[K] = \left[\frac{Q}{F \Delta t} \right] = \left[\frac{J}{m^2 \cdot \frac{^\circ C}{сек}} \right] = \left[\frac{m^2 \cdot \frac{J}{сек}}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Жылуалмасу коэффициенті 1 секундта ыстық жылотасымалдағыштан суық жылотасымалдағышқа 1 м² аудан арқылы орташа температура айырмашылығы 1 градусқа тең кезінде берілетін жылу мөлшерін көрсетеді.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
«Инженерлік пәндер» кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/11 92 беттің 1 беті



13.3 сурет. Жазық қабырға арқылы жылуалмасу

Жазық қабырға арқылы жылуалмасу

Бір сұйықтан екінші сұйыққа жылудың жазық қабырға арқылы алмасуын қарастырамыз (2.3 сурет). Қабырғаның жылуөткізгіштік коэффициенті λ , сұйықтардың температуралары t_1 және t_2 , жылу беру коэффициенттері α_1 және α_2 белгілі. Ыстық сұйықтан суық сұйыққа жазық қабырға арқылы алмасқан жылу ағынын анықтау керек.

Ыстық сұйықтан қабырғаға берілетін жылуағынының тығыздығын Ньютон-Рихман заңы бойынша анықтаймыз

$$q = \alpha_1 (t_1 - t_{\delta 1}) \quad (2.6)$$

Тұрақты режимде осы жылу ағыны қабырғаның бір бетінен екінші бетіне жылуөткізгіштікпен тасымалданады.

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\delta 1} - t_{\delta 2}) \quad (2.7)$$

және қабырғаның екінші бетінен екінші сұйыққа беріледі

$$q = \alpha_2 (t_{\delta 2} - t_2) \quad (2.8)$$

(2.6), (2.7), (2.8) теңдеулерінен температура айырмашылықтарын анықтаймыз

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{\delta 1} &= q \cdot \frac{1}{\alpha_1} \\ t_{\delta 1} - t_{\delta 2} &= q \cdot \frac{\delta}{\lambda} \\ t_{\delta 2} - t_2 &= q \cdot \frac{1}{\alpha_2} \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

Алынған теңдеулерді мүшелеп қоссақ, аттас температуралар қысқарады.

$$t_1 - t_2 = q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (2.10)$$

Сонда жазық қабырға арқылы алмасқан жылу ағынының тығыздығы

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.11)$$

(2.11) теңдеуіндегі бөлшектің бөліміндегі өрнекті R әрпімен белгілейді

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad [m^2 \cdot K / W] \quad (2.12)$$

OŃTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік Инженерлік кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 1 беті

және оны жазық қабырғаның жылуалмасуға термиялық кедергісі деп атайды. Ал термиялық кедергінің кері шамасын жазық қабырғаның жылуалмасу коэффициенті деп атайды

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (2.13)$$

Олай болса жазық қабырға арқылы алмасқан жылу мөлшерін мына теңдеумен анықтауға болады.

$$q = k(t_1 - t_2) \quad (2.14)$$

Цилиндр қабырға арқылы жылуалмасу

Бір сұйықтан екінші сұйыққа жылудың цилиндр қабырға арқылы алмасуын қарастырамыз (2.5 сурет). Қабырғаның жылуөткізгіштік коэффициенті λ , сұйықтардың температуралары t_1 және t_2 , жылу беру коэффициенттері α_1 және α_2 белгілі. Ыстық сұйықтан суық сұйыққа цилиндр қабырға арқылы алмасқан жылы мөлшерін анықтау керек.

Ыстық сұйықтан цилиндр қабырғаның ішкі бетіне берілген жылу ағынын Ньютон-Рихман заңы бойынша анықтаймыз

$$Q = \alpha_1(t_1 - t_{\delta 1})\pi d_1 l \quad (2.15)$$

Тұрақты режимде осы жылу ағыны цилиндр қабырғаның ішкі бетінен сыртқы бетіне өтеді

$$Q = \frac{\pi \cdot l(t_{\delta 1} - t_{\delta 2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (2.16)$$

және цилиндр қабырғаның екінші бетінен екінші сұйыққа беріледі.

$$Q = \alpha_2(t_{\delta 2} - t_2)\pi \cdot d_2 l \quad (2.17)$$

(2.15), (2.16), (2.17) теңдеулерінен температура айырмашылықтарын анықтаймыз

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{\delta 1} &= \frac{Q}{\pi \cdot l \cdot \alpha_1} \cdot \frac{1}{d_1} \\ t_{\delta 1} - t_{\delta 2} &= \frac{Q}{\pi \cdot l \cdot 2\lambda} \cdot \frac{1}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \\ t_{\delta 2} - t_2 &= \frac{Q}{\pi \cdot l \cdot \alpha_2} \cdot \frac{1}{d_2} \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

Алынған теңдеулерді мүшелеп қоссақ, аттас температуралар қысқарады

$$t_{\delta 1} - t_2 = \frac{Q}{\pi \cdot l} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda \ln \frac{d_2}{d_1}} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \right) \quad (2.19)$$

Сонда цилиндр қабырға арқылы алмасқан жылу ағыны

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 12 беті

$$Q = \frac{\pi \cdot l(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (2.20)$$

(2.20) теңдеуіндегі бөлшектің бөліміндегі өрнекті R_l әрпімен белгілейді

$$R_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \quad [\text{м} \cdot \text{К} / \text{Вт}] \quad (2.21)$$

және оны цилиндр қабырғаның жылуалмасуға сызықтық термиялық кедергісі деп атайды. Ал сызықтық термиялық кедергінің кері шамасын цилиндр қабырғаның сызықтық жылуалмасу коэффициенті деп атайды

$$k_l = \frac{1}{R_l} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad [\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})] \quad (2.22)$$

Олай болса цилиндр қабырға арқылы алмасқан жылу мөлшерін мына теңдеумен анықтауға болады

$$Q = \pi \cdot k_l \cdot l(t_2 - t_1) \quad (2.23)$$

Инженерлік есептеулерде көбінесе цилиндр қабырғаның бір қума метр ұзындығына келетін жылу ағынының тығыздығы қолданылады

$$q_l = \frac{Q}{l} = \pi \cdot k_l (t_2 - t_1) \quad (2.24)$$

Егер цилиндр қабырға біртекті бірнеше қабаттардан тұратын болса, олардың термиялық кедергілері өзара өзгеріссіз қосылады. Мұндай қабырға арқылы алмасқан жылу ағынының тығыздығы

$$q_l = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}} \quad (2.25)$$

Мұнда n-қабырға қабаттарының саны.

Цилиндр қабырғаның аумалы диаметрі

Сыртқы қабырғалар арқылы шығындалатын жылу ағынын азайту үшін оларды қосымша жылатұйықтағыш материалдармен қоршайды. Егер қабырға жазық болса, жылуалмасу ауданы өзгермейді, сондықтан жылатұйықтағыш қабаты жылу ағынын азайтады. Ал қабырға цилиндр тәріздес болса, қабырғаның термиялық кедергісі өсуімен бірге оның сыртқы жылу беру ауданы көбейеді, сәйкесінше, қоршаған ортаға жылу беру кедергісі азаяды. Сондықтан жылатұйықтағыш материалмен қоршау нәтижесінде цилиндр қабырға арқылы шығындалатын жылу ағыны азаюы немесе көбеюі мүмкін. Осыған байланысты цилиндр қабырғаны жылудан тұйықтауға керекті материалды таңдау мәселесі туындайды.

Жылатұйықтағышпен қоршалған цилиндр қабырғаның термиялық кедергісіне сыртқы диаметрдің ықпалын қарастырамыз (2.6 сурет). Жүйенің толық сызықтық термиялық кедергісі

O'NTUSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 13 беті

$$R_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_T} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3} \quad (2.26)$$

α_1 , d_1 , λ , α_2 , d_2 , λ_T тұрақты болғанда жүйенің толық термиялық кедергісі жылотұйықтағыштың сыртқы диаметріне тәуелді болады.

Толық термиялық кедергінің өзгеруі сыртқы диаметрге байланысты минимум арқылы өтеді. Осы минимумдағы жылотұйықтағыштың сыртқы диаметрін оның аумалы диаметрі деп атайды.

Аумалы диаметрдің мәнін анықтау үшін (2.26) теңдеуін экстремумға зерттейміз. Теңдеудің оң жағының бірінші туындысын нольге теңейміз

$$\frac{\partial(R)}{\partial(d)} = \frac{1}{2\lambda} \frac{1}{d} - \frac{1}{\alpha} \frac{1}{d^2} = 0 \quad (2.27)$$

Сонда экстремумға сәйкес жылотұйықтағыштың диаметрін мына теңдеумен анықтауға болады

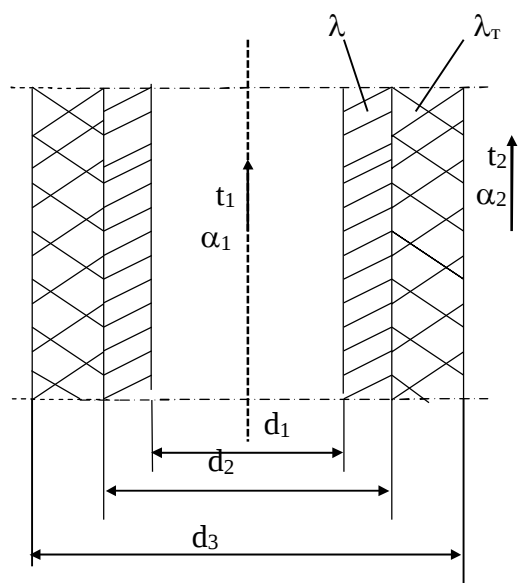
$$d_3 = d_a = \frac{2\lambda_T}{\alpha} \quad (2.28)$$

(2.28) теңдеуі бойынша жылотұйықтағыштың аумалы диаметрі цилиндр қабырғаның өлшемдеріне тәуелсіз. Ол жылотұйықтағыштың жылуөткізгіштік коэффициенті өскен сайын көбейеді, ал сыртқы сұйықтың жылу беру коэффициенті өскен сайын азаяды.

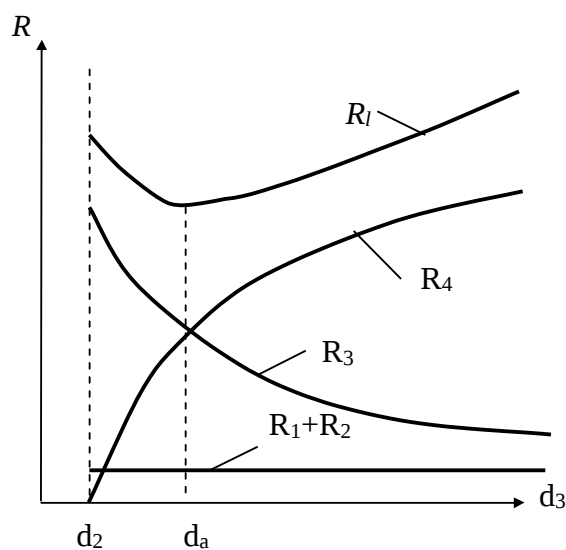
Толық термиялық кедергінің екінші туындысы нольден үлкен. Демек, аумалы диаметр термиялық кедергінің минимумына сәйкес. Олай болса d_a жылу ағынының максимумына сәйкес келеді (2.8 сурет). Жылотұйықтағыштың сыртқы диаметрі өскен сайын жылу шығыны алдымен өседі және $d_3 = d_a$ болғанда максимумға жетеді. Сыртқы диаметр одан әрі өскенде жылу шығыны азаяды.

Сонымен цилиндр қабырғаны жылуудан тұйықтауға арналған материалды таңдау үшін, алдымен материалдың аумалы диаметрін (2.28) теңдеуімен анықтайды. Егер аумалы диаметрдің d_a мәні цилиндр қабырғаның сыртқы диаметрінен үлкен болса ($d_a > d_2$), онда бұл материалды жылотұйықтағыш ретінде қолдану тиімсіз. Өйткені $d_2 < d_3 < d_a$ аймағында жылотұйықтағыштың қалыңдығы өскен сайын жылу шығыны да өседі (2.8 суреттегі I аймақ). $d_3 > d_a$ аймағында жылотұйықтағыштың қалыңдығы өскен сайын жылу шығыны азаяды (2.8 суреттегі II аймақ). Тек $d_3 = d_a$ болғанда ғана жылу шығыны тұйықталмаған цилиндр қабырғаның жылу шығынымен теңеседі. Сондықтан $d_3 - d_2$ аралығындағы жылотұйықтағыш қабатының ешқандай пайдасы болмайды.

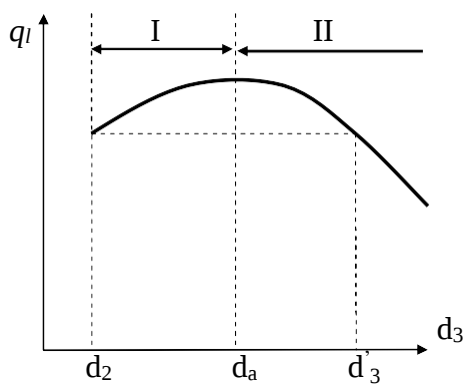
Демек, жылотұйықтағыш жұмысы тиімді болу үшін $d_a \leq d_2$ шарты орындалуы керек.



13.6 сурет. Жылу түйықтағышпен қоршалған цилиндр қабырға



13.7 сурет. Жылу түйықтағышпен қоршалған цилиндр қабырғаның термиялық кедергісінің сыртқы диаметрге тәуелділігі



13.8 сурет. Жылуағынының жылу түйықтағыштың сыртқы диаметріне тәуелділігі.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 15 беті

2.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

2.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
4. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

7. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
8. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.
9. Баскаков. Теплотехника – М.: Высшая школа 1986

2.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Жылу балансын тұжырымдаңыз.
- 2) Жылуалмасудың негізгі теңдеуін сипаттаңыз.
- 3) Жазық қабырға арқылы алмасқан жылуды анықтаңыз.
- 4) Цилиндр қабырға арқылы алмасқан жылуды анықтаңыз.
- 5) Жазық қабырғаның жылуалмасу коэффициентін анықтаңыз.
- 6) Цилиндр қабырғаның жылуалмасу коэффициентін анықтаңыз.
- 7) Цилиндр қабырғаға жылу түйықтағыш таңдаңыз.

3.1. Тақырып: Конвективті жылуалмасу.

3.2. Мақсаты: Студенттерді конвективті жылуалмасудың дифференциалдық теңдеулерімен, конвективті жылуалмасудың ұқсастық сандарымен, ерікті және еріксіз конвекция кезіндегі жылу берумен таныстыру.

3.3. Дәріс тезистері:

1. Конвективті жылуалмасудың дифференциалдық теңдеуі.
2. Конвективті жылуалмасудың ұқсастық сандары.
3. Ерікті конвекция.
4. Еріксіз конвекция.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 16 беті

Дәрістің қысқаша мазмұны

Негізгі ұғымдар және анықтамалар

Конвекция (лат. Convection – алып келу) деп сұйықтың немесе газдың жеке макроқөлемдерінің әр түрлі күштердің әсерінен бір-бірімен салыстырғанда қозғалуын айтады. Макроқөлемдер деп көптеген молекулалардың конгломератын ұғынады олардың азғантай уақыт аралығында бір тұтас күйінде қозғалу мүмкіндігі бар, өлшемдері газдардағы молекулалардың еркін қозғалу аралығынан және сұйықтағы молекулалардың тербелу амплитудасынан әлдеқайда көп деп қабылданады.

Сұйықтағы конвективті жылуалмасу оның бөлшектерінің конвекциялық және молекуланық қозғалулары нәтижесінде болады. Ортаның әр нүктесінде жылу ағыны тығыздығының векторын екі векторлар қосындысы түрінде қарауға болады

$$\vec{q} = \vec{q}_{ж\theta} + \vec{q}_к \quad (15.1)$$

Мұнда $\vec{q}_{ж\theta}$ – жылуөткізгіштікпен тасымалданған жылу ағынының тығыздығы; $\vec{q}_к$ – конвекция арқылы тасымалданған жылу ағынының тығыздығы.

Көп жағдайда сұйық ағыны қатты дене беттерімен шектелген, және ыстық жылутасымалдағыштан суық жылутасымалдағышқа жылу қатты қабырғалар арқылы жиі беріледі. Жылу ағынының жолындағы қатты денелер қосымша термиялық кедергілерді туындатады. Олардың шамасы сұйық пен қатты қабырғаның өзара жылулық және динамикалық әсерлеріне тәуелді. Сұйық пен қатты қабырғаның өзара конвективті жылуалмасуын **жылуберу** деп атайды.

Жылуберуді есептегенде Ньютон-Рихман заңы қолданады:

$$q = \alpha(t_c - t_k) \quad (15.2)$$

Мұнда α - жылуберу коэффициенті; t_c , t_k – сұйықтың және қабырғаның температуралары. Ньтон-Рихман заңы бойынша сұйықтан қатты қабырғаның аудан бірлігіне бағытталған жылу ағынының тығыздығы температура тегеурініне тура пропорционал.

Жылуберу коэффициентінің мәні нақты жылуберу процесінің қарқынына ықпал ететін факторларға тәуелді. Ол сұйықпен қабырға арасында температура айырмашылығы бірге тең болғанда берілетін жылу ағынының тығыздығын көрсетеді. Өлшем бірлігі – Вт/(м²·К).

Жалпы жағдайда жылуберу коэффициенті дененің пішініне және өлшемдеріне, сұйықтың ағу режиміне, жылдамдығына, температурасына, физикалық қасиеттеріне және т.б. тәуелді. Жылуберу процесі сұйық бөлшектерінің қозғалуының пайда болу табиғатына да тәуелді.

Сұйық қозғалуының пайда болу табиғатына байланысты ерікті (табиғи), еріксіз (жасанды) конвекцияларды ажыратады. Ерікті конвекция кезінде сұйық бөлшектері массалық күштердің теңдігі бұзылуы нәтижесінде қозғалады. Мысалы сұйық көлеміндегі нүктелер арасында температура айырмашылығы бар болса, осы нүктелерде сұйық бөлшектерінің тығыздықтары да әр түрлі болады, нәтижесінде көтерілу күштерінің әсерінен ерікті гравитациялық қозғалу пайда болады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 17 беті

Сұйықтың еріксіз қозғалуы сұйық шекарасына түскен жасанды күштердің әсерінен пайда болуы. Мысалы компрессордың, насостың немесе желдеткіштің жұмысы нәтижесінде.

Конвективті жылуалмасудың дифференциалды теңдеулері

Конвективті жылуберу процесіндегі жылу ағынының тығыздығы температура, қысым және жылдамдық өрістерімен анықталады.

Қозғалыстағы сұйықтың температура өрісін энергияның дифференциалды теңдеуі, жылдамдықтың және қысымның таралуын – қозғалудың және үздіксіздіктің дифференциалды теңдеулері сипаттайды. Жылуберу процесін математикалық тұрғыдан толық сипаттау үшін аталған теңдеулерге қабырға жанындағы жылуберудің дифференциалды теңдеуін және процестің бірімәнділік шарттарын қосу керек.

Энергияның дифференциалды теңдеуі сұйық ағынына мына түрде жазылады:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (15.8)$$

Бұл теңдеудің сол жағындағы бірінші мүше $dt/d\tau$ кез келген нүктедегі температураның уақыт бойынша өзгеруін сипаттайды, былайша айтқанда температураның жергілікті өзгеруі, ал

$$w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z}$$

температураның бір нүктеден екінші нүктеге өткенде өзгеруін сипаттайды, былайша айтқанда температурааның конвективті өзгеруі. Теңдеудің оң жағындағы мүше

$$a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$$

температураның жылуөткізгіштік нәтижесінде өзгеруін сипаттайды.

Қозғалудың дифференциалды теңдеуі сұйықтың бөлініп алынған кішкентай көлеміне әсер ететін күштердің теңдігі шартын пайдалана отырып қорытылады. Физикалық қасиеттері тұрақты сығылмайтын сұйық қозғалуының дифференциалды теңдеуі (Навье-Стокс теңдеуі) қысқаша мына түрде жазылады

$$\rho \frac{\partial w}{\partial \tau} = \rho g - \nabla P - \mu \nabla^2 w \quad (15.9)$$

Бұл теңдеудің ашылып жазылған түрі тікбұрышты координаттар жүйесінде үш теңдеуден

тұрады

$$\rho \frac{\partial w_x}{\partial \tau} = \rho g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} \right) \quad (15.10)$$

$$\rho \frac{\partial w_y}{\partial \tau} = \rho g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 w_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial z^2} \right) \quad (15.11)$$

$$\rho \frac{\partial w_z}{\partial \tau} = \rho g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2} \right) \quad (15.12)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 18 беті

Мұнда ρ - сұйықтың тығыздығы; $\frac{dw_x}{d\tau}$, $\frac{dw_y}{d\tau}$, $\frac{dw_z}{d\tau}$ - координаттар өсіндегі жылдамдық проекцияларының толық туындалары; g_x, g_y, g_z - еркін түсу удеуінің проекциялары; $\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y}, \frac{\partial P}{\partial z}$ - қысым градиентінің проекциялары; μ - сұйық тұтқырлығының динамикалық коэффициенті.

Үздіксіздіктің немесе тұтастықтың дифференциалды теңдеуі кішкентай көлемнің масса балансын сипаттайды

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho w_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho w_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w_z)}{\partial z} = 0 \quad (15.13)$$

Сығылмайтын сұйықтар үшін ($\rho = \text{const}$), сонда

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0 \quad (15.14)$$

(15.8), (15.9) және (15.14) дифференциалды теңдеулер жүйесі тұйықталған, өйткені бұларда айнымалылар саны теңдеулер санына тең. Теңдеулер жүйесі кез келген конвективті жылуалмасу процестерін сипаттайды. Осы процестерден нақты процесті бөліп алу үшін бірімділік шарттарды тұжырымдау керек. Оларға геометриялық, физикалық, алғашқы және шекаралық шарттар жатады.

Дифференциалды теңдеулер жүйесін бірімділік шарттармен біріктіре отырып шешу нәтижесінде сұйықтағы температураның, жылдамдықтың және қысымның өрістерін анықтайды. Жылуберу коэффициентін α есептеу үшін оны температура өрісімен байланыстыратын тағы бір теңдеу түзу керек.

Қабырғаға берілетін жылу ағыны оған “жабысқан” сұйық қабаты арқылы жылуөткізгіштікпен тасымалданады. Фурье заңына сәйкес dF алаңшасы арқылы өткен жылу мөлшері

$$dQ = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0} dF \cdot d\tau \quad (15.15)$$

Мұнда n – dF алаңшасына нормаль, ал $n \rightarrow 0$ шарты туындыны қабырғаға өте жақын алу керектігін ескереді. Жылудың осы мөлшері Ньютон-Рихман заңы бойынша

$$dQ = \alpha (t_c - t_k) dF \cdot d\tau \quad (15.16)$$

(15.15) және (15.16) теңдеулерін теңестіре отырып жылуберудің дифференциалды теңдеуін аламыз.

$$\alpha = -\frac{\lambda}{t_c - t_k} \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0} \quad (15.17)$$

Бұл теңдеудің көмегімен жылуберетін беттердегі жергілікті жылуберу коэффициенттері α есептеледі.

Ұқсастық теориясының негіздері

Конвективті жылуалмасу процесін өте көп айнымалылары бар дифференциалды теңдеулер жүйесі және бірімділік шарттар сипаттайды. Дифференциалды теңдеулерді қорыту кезінде табиғатта кездесетін жалпылама заңдар қолданылады. Сондықтан теңдеулердің шешімі құбылыстың физикалық параметрлерінің өзара тәуелділігін нақты

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 19 беті

және өте кең диапазонда сипаттайды. Алайда дифференциалды теңдеулер жүйесі кейбір қарапайым процестер үшін ғана аналитикалық әдіспен шешілген. Бұл бағыттағы табыстар қосалқы факторлардың ықпалын ескермеу нәтижесінде процестің ықшам физикалық моделін құру және жуықталған теңдеулерді қолдану барысында алынған.

Конвективті жылуалмасуды зерттеудің тағы бір әдісі тәжірибелік әдіс. Тәжірибелік әдістің артықшылығы алынған нәтижелердің нақтылығы, және тәжірибе барысында керекті шамалардың ықпалын зерттеуге ерекше көңіл бөлу мүмкіндігі.

Тәжірибелік әдістің кемшілігіне алынған нәтижелерді азғантай айырмашылығы болса да басқа құбылыстарға пайдалануға болмайтындығы. Былайша айтқанда тәжірибе нәтижелері тек қана тәжірибе жүргізілген шарттар толық орындалғанда дұрыс, сондықтан оларды пайдалану аясы аз. Сонымен қатар тәжірибе жүргізу үшін көптеген материалдық шығындар керек.

Сонымен аналитикалық және тәжірибелік әдістер конвективті жылуалмасуды зерттеуге жеткіліксіз, сондықтан аталған әдістердің артықшылықтарын біріктіретін ұқсастық теориясы ойластырылған.

Ұқсастық теориясы дифференциалды теңдеулерден және бізмәнділік шарттардан, оларды интегралдамай-ақ, қорытындылар жасайды. Сөйтіп тәжірибе жүргізуге және нәтижелерді өңдеуге теориялық бағыт береді.

Ұқсастық комплекстеріне гидродинамиканы және жылуалмасуды дамытуға үлес қосқан белгілі ғалымдардың есімдері берілген, және оларды латын транскрипциясында жазылған есімдердің алғашқы екі әріптерімен белгілейді. Сонда мынадай ұқсастық сандарды алуға болады:

$$Ho = \frac{w\tau}{l} \quad (15.44)$$

$$Fr = \frac{l \cdot g}{w^2} \quad (15.45)$$

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} \quad (15.46)$$

$$Re = \frac{\rho w l}{\mu} = \frac{w l}{\nu} \quad (15.47)$$

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2} \quad (15.48)$$

$$Pe = \frac{w l}{a} \quad (15.49)$$

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (15.50)$$

Мұнда Ho – гидродинамикалық гомохрондылық ұқсастық саны, қозғалыстағы сұйықтың жылдамдық өрісінің уақыт бойынша өзгеруін сипаттайды; Fr – Фруда ұқсастық саны, ауырлық күштерінің инерция күштеріне қатынасын сипаттайды; Eu – Эйлер ұқсастық саны, қысым күштерінің инерция күштеріне қатынасын сипаттайды; Re – Рейнольдс ұқсастық саны, инерция күштерінің ішкі үйкеліс күштеріне қатынасын сипаттайды; Fo – Фурье ұқсастық саны, температура өрісінің уақыт бойынша өзгеруін сипаттайды; Pe – Пекле ұқсастық саны, конвекция және жылуөткізгіштікпен тасымалданатын жылу мөлшерінің

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 20 беті

қатынасын сипаттайды; Nu – Нуссельт ұқсастық саны, сұйық пен қабырға беті арасындағы конвективті жылуалмасу процесінің қарқының сипаттайды.

Конвективті жылуалмасуды зерттеу мақсаттарына байланысты және процесті ыңғайлы сипаттау үшін, ұқсастық сандардың түрін өзгертуге болады. Мысалы қозғалмайтын сұйық көлемінің ішінде тығыздық айырмашылықтары нәтижесінде оның жекелеген бөлшектері қозғалуы мүмкін. Мұндай жағдайда ағынның жылдамдығын анықтау мүмкін болмайды, сәйкесінше Fr , Re ұқсастық сандарында анықтауға болмайды. Сондықтан олардың өзара қатынастарын түрлендіре отырып, тығыздық айырмашылығын ескеретін және жылдамдық жоқ, жаңа ұқсастық сан алуға болады. Ол үшін Fr ұқсастық санын Re^2 және салыстырмалы тығыздыққа $(\rho - \rho_0)/\rho$ көбейтеміз:

$$FrRe^2 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{gl}{w^2} \cdot \frac{w^2 l^3}{v^2} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{gl^3}{v^2} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{\rho}$$

Мұнда ρ , ρ_0 – сұйықтық әр түрлі қабатарының тығыздықтары. Алынған өлшемсіз комплексті

$$Ar = \frac{gl^3}{v^2} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad (15.51)$$

Архимед ұқсастық саны деп атайды.

Егер сұйық қабаттары тығыздықтарының айырмашылықтары олардың температура айырмашылықтарымен анықталатын болса, $(\rho - \rho_0)/\rho$ өрнегін $\beta \Delta t$ көбейтіндісімен ауыстыруға болады. Сонда Грасгоф ұқсастық саны шығады.

$$Gr = \frac{gl^3}{v^2} \beta \Delta t \quad (15.52)$$

Грасгоф ұқсастық саны температура айырмашылықтары нәтижесінде пайда болатын көтерілу күштерінің ішкі үйкеліс күштеріне қатынасын сипаттайды.

Пекле ұқсастық санынан жылдамдықты алып тастау нәтижесінде жаңа ұқсастық саны пайда болады.

$$\frac{Pe}{Re} = \frac{wl/a}{wl/v} = \frac{v}{a} \quad (15.53)$$

Алынған өлшемсіз шаманы Прандтль ұқсастық саны деп атайды

$$Pr = \frac{v}{a} \quad (15.54)$$

Конвективті жылуалмасу процестерін есептеуге комплексті Стантон ұқсастық саны да қолданылады

$$St = \frac{Nu}{Re Pe} = \frac{\alpha}{\rho c w} \quad (15.55)$$

Тәжірибе нәтижелерін әдетте ұқсастық сандардың дәрежелі теңдеулері түрінде өңдейді. Бұл теңдеулер анықталушы ұқсастық санды Nu (бұл ұқсастық санға ізделіп отырған жылу беру коэффициенті α кіреді) өлшемсіз координаттар мен анықтаушы ұқсастық сандарды байланыстырады

$$Nu = f_1(X, Re, Pr, Gr)$$

Құбыр ішінде еріксіз конвекцияда жылу беру

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 21 беті

Құбыр ішінде еріксіз конвекцияда жылу беру процесінің қарқыны ағу режиміне байланысты. Турбулентті режимде жылу беру қарқыны ламинарлы режимге қарағанда жоғары. Құбыр ішінде ламинарлы режимнің турбулентті режимге өтуі аумалы Рейнольдс санымен анықталады

$$Re_a = \frac{w_a d}{\nu} \approx 2300 \quad (16.6)$$

Мұнда w_a – құбыр ішіндегі сұйықтың орташа жылдамдығы. Егер $Re < 2300$ болса, сұйықтың қозғалысы ламинарлы болады. $Re > 10000$ болғанда, құбыр ішінде дамыған турбулентті ағу режимі түзіледі. Ал $2300 < Re < 10000$ аралығында өтпелі режим деп аталған.

Құбырға кірер алдында жылдамдығы және температурасы біртегіс таралған сұйықтың құбыр ішінде қозғалуын қарастырамыз (16.2 сурет). Бұл кезде құбырдың ішкі беттерінде динамикалық және жылулық шекаралық қабаттар түзіліп, олардың қалыңдығы өсе бастайды. Белгілі қашықтыққа жеткенде шекаралық қабаттар құбырдың көлденің қимасын түгел жауып тұрады.

Қарсы беттерде түзілген шекаралық қабаттардың түйісу нүктесіне дейінгі аралықты тұрақтану ұзындығы деп атайды. Ламинарлы ағу режимінде тұрақтану ұзындығы.

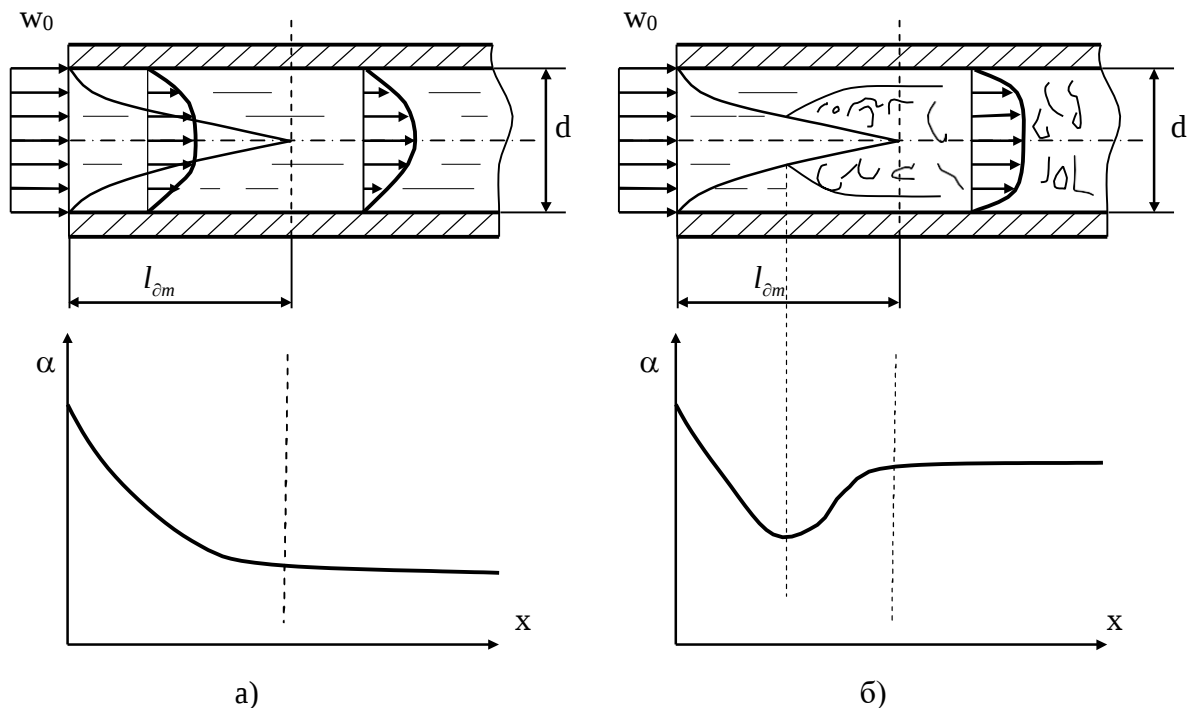
$$l_{\partial.m.} = 0,03 \cdot d \cdot Re, \quad (16.7)$$

турбулентті ағу режимінде

$$l_{\partial.m.} \approx 50 \cdot d. \quad (16.8)$$

Шекаралық қабаттың қалыңдығы тұрақтану ұзындығында өзгертін болғандықтан, жылу беру қарқыны да өзгереді (16.2 сурет).

Құбырға кіргенде шекаралық қабат қалыңдығы ең аз, сәйкесінше жылу беру коэффициентінде ең үлкен мәнге ие. Қабат қалыңдығы өскен сайын, жылу беру коэффициенті де төмендейді, және $x = l_{\partial.m.}$ жеткенде жылу беру коэффициенті тұрақтанады (16.2а сурет). Турбулентті ағу режиміне өту шекаралық қабаттар түйіспей жатып басталады. Сондықтан осы нүктеден бастап жылу беру коэффициенті аздап өседі. Әрі қарай, $x = l_{\partial.m.}$ болғанда, жылу беру коэффициенті тұрақтанады (16.2б сурет).



16.2 сурет. Құбыр ішіндегі сұйық ағынының динамикалық тұрақтануы және жылу беруі: а) ламинарлы ағу режимінде; б) турбулентті ағу режимінде.

Ламинарлы режимде жылу беру. Ағынның төмен жылдамдығында жылу беру процесіне ерікті конвекция көп әсер етеді. Сондықтан оны есептеу теңдеулерінде көтерілу күштерін ескеру керек.

Құбыр ішінде тұтқырлық-гравитациялық режимде ағатын сұйықтың орташа жылу беру коэффициентін анықтауға мына теңдеу ұсынылған

$$Nu_d = 0,15 \cdot Re_d^{0,33} \cdot Pr_c^{0,43} \cdot Gr_d^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_k} \right)^{0,25} \epsilon_l \quad (16.9)$$

Ауа үшін (16.9) теңдеуі ықшамдалады

$$Nu_d = 0,13 \cdot Re_d^{0,33} \cdot Gr_d^{0,1} \quad (16.10)$$

Турбулентті режимде жылу беру. Турбулентті ағу режимінде сұйық бөлшектері қарқынды араласады және ерікті конвекцияның ықпалы өте аз болады. Сондықтан ұқсастық сандар теңдеуінде Грасгоф ұқсастық санын Gr ескермейді.

Дамыған турбулентті режимде ($Re > 10^4$) орташа жылу беру коэффициентін анықтау үшін төмендегі теңдеу ұсынылған

$$Nu_d = 0,21 \cdot Re_d^{0,8} \cdot Pr_c^{0,43} \cdot Gr_d^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_k} \right)^{0,25} \epsilon_l \quad (16.11)$$

Ауа үшін $Pr \approx 0,7$ сондықтан (16.11) теңдеуін ықшамдауға болады

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 23 беті

$$Nu_d = 0,018 \cdot Re_d^{0,8} \varepsilon_l \quad (16.12)$$

Сұйық ирек құбырда аққанда, ортадан тепкіш күштердің әсерінен құбыр ішіндегі сұйықта екіншілей циркуляция құбылысы байқалады. Өз кезегінде бұл құбылыс жылу беру процесінің қарқынын арттырады. Сондықтан ирек құбырдағы жылу беру коэффициентін анықтау үшін, (16.9) - (16.12) теңдеулерімен анықталған тұзу құбырдың жылу беру коэффициентін ε_{up} түзетуіне көбейту керек

$$\varepsilon_{up} = 1 + 1,77 \cdot d / R_{up} \quad (16.13)$$

Мұнда d – құбырдың ішкі диаметрі, R_{up} – ирек құбырдың иілу бұрышы.

Ерікті конвекцияда жылу беру

Сұйықтың еркін қозғалысы массалық күштердің әсерінен туындайды. Массалық күштердің бірнеше түрлері бар, бірақ бұл тақырыпта ауырлық күштерінің әсерінен туындаған қозғалыстағы сұйықтың жылу беруін қарастырамыз. Сұйықты қыздырғанда оның тығыздығы азаяды, сондықтан сұйық бөлшектері көтеріліп, еркін конвекцияда қыздырылған нысаннан жылу тасымалдайды. Еркін конвекцияда жылу беру процесінің қарқыны температура айырмашылығына, жылу беретін дененің пішініне және кеңістіктегі орналасуына және қоршаған денелердің өзара орналасуына тәуелді.

Ерікті конвекция кезінде де қатты қабырғалар жанында шекаралық қабат түзіледі.

Тік қабырға жанында жылу беру. Сұйықты тік қабырға арқылы қыздырғанда қозғалыс қабырғаның төменгі шетінен басталады (16.5 сурет). Сұйық қабырға жанындағы жұқа қабатта қозғалады. Бұл қабатты шекаралық қабат деп атауға болады. Осы қабатта, қабырғаға перпендикуляр бағытта, жылдамдық нольден белгілі шамаға дейін жоғарылайды, сонан соң төмендейді, және қабаттың сыртқы шекарасында нольге жақындайды. Жылдамдықтың шекаралық қабатта өзгеруі 16.5в суретте көрсетілген.

Қабырғаның төменгі бөлігінде сұйық қозғалысы ламинарлы режимде. Қабырға бойымен биіктеген сайын қозғалысқа сұйықтың жаңа бөлшектері қосылып, шекаралық қабат қалыңдығы артады. Белгілі биіктікте қозғалу режимі турбулентті режимге өте бастайды. Соңында, қабырғаның жоғары жағындағы жеткілікті биіктікте, дамыған турбулентті режим орнығады, сонымен қатар қабырғаға өте жақын аралықта ламинарлы қабатша сақталады.

Шекаралық қабаттағы ағу режимдері және оның қалыңдығы жылу беру коэффициентіне тікелей ықпал жасайды (16.5б сурет). Ламинарлы аймақта I жылу беру коэффициенті төмендейді, аралық аймақта II жылу беру процесінің қарқыны артады, өйткені бұл аймақта ламинарлы режим турбулентті режимге өте бастайды, III аймақта жылу беру коэффициенті тұрақтанады.

Тәжірибе нәтижелерін өңдеу арқылы ламинарлы режимдегі орташа жылу беру коэффициентін анықтауға төмендегі теңдеу қорытылған ($10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$)

$$Nu_{ch} = 0,75 (Gr_h \cdot Pr_c)^{0,25} (Pr_c / Pr_k)^{0,25} \quad (16.18)$$

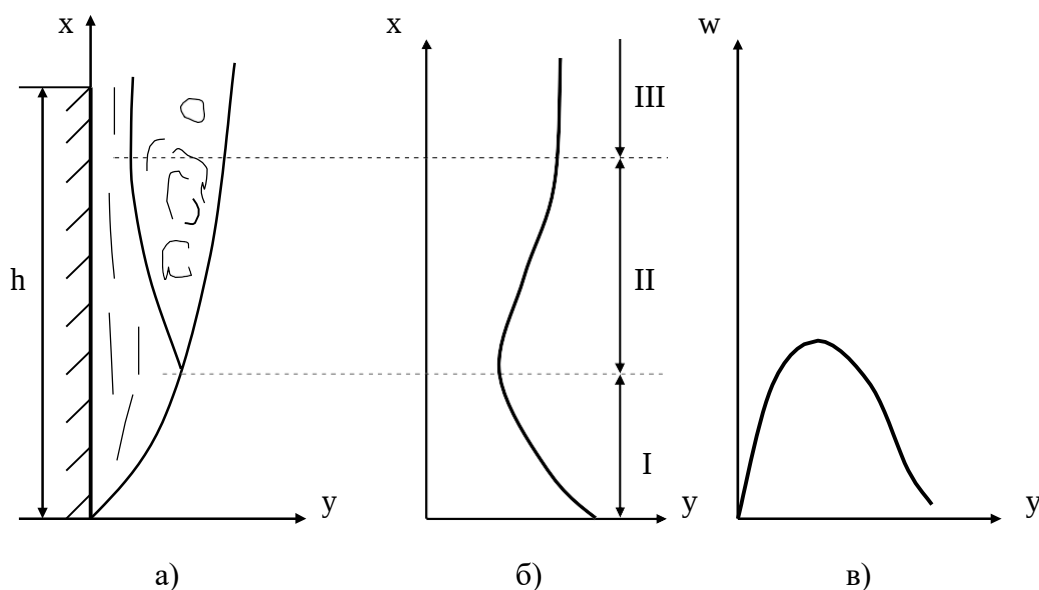
Ал турбулентті режимге $Gr \cdot Pr > 6 \cdot 10^{10}$

$$Nu_{ch} = 0,15 (Gr_h \cdot Pr_c)^{0,33} (Pr_c / Pr_k)^{0,25} \quad (16.19)$$

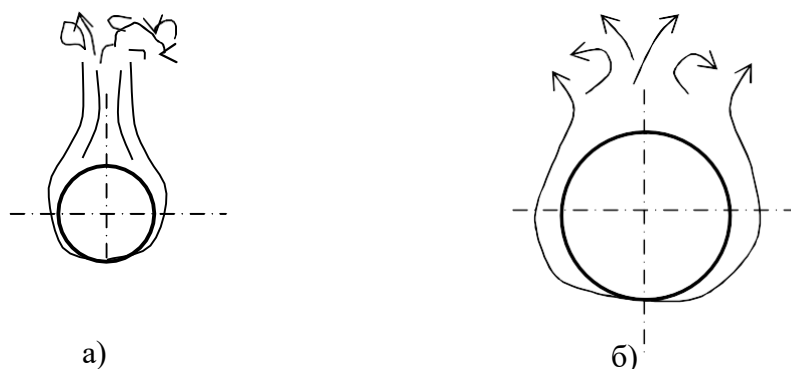
(16.18) және (16.19) теңдеулерінде анықтаушы өлшем ретінде қабырға биіктігі қабылданған.

Горизонталь құбыр жанында жылу беру. Горизонталь құбыр жанында ерікті конвекцияда жылу беру процесі 16.6 суретте көрсетілген. Құбыр диаметрі кішкентай

болғанда оның бетінде тек қана ламинарлы шекаралық қабат пайда болады (16.6а сурет), құбыр диаметрі үлкен болғанда оның үстінгі жағында турбулентті қозғалу байқалады (16.6б сурет).



16.5 сурет. Тік қабырға жанында ерікті конвекцияда жылу беру.
 а) сұйық қозғалысының кескіні; б) жылу беру коэффициентінің өзгеруі; в) қабырға жанында жылдамдықтың таралуы.



16.6 сурет. Горизонталь құбыр жанындағы ерікті конвекция.
 а) кіші диаметрлі құбыр; б) үлкен диаметрлі құбыр.

Көлденең құбыр жанында ламинарлы қозғалыс кезіндегі ($10^3 < Gr_d Pr_c < 10^8$) жылу беру коэффициентін мына теңдеуден анықтауға болады

$$Nu_{cd} = 0,5 (Gr_d Pr_c)^{0,25} (Pr_c / Pr_k)^{0,25} \quad (16.20)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 25 беті

Көлденең құбыр жанында турбулентті ағу режимінде (6.19) теңдеуін қолдануға болады. Бұл кезде анықтаушы өлшем ретінде шеңбер ұзындығының жартысын алады. Өте кішкентай диаметрлі ($d < 2$ мм) цилиндрдің жанында сұйық қозғалысы үлкен температура айырмашылық- тарында да байқалмайды. Олардан жылу тек жылуөткізгіштік арқылы беріледі, сондықтан бұл режимді қабықшалы деп атаған. Қабықшалы режимде

$$Nu = 0,5 = \text{const} \quad (16.21)$$

Анықтаушы өлшем ретінде диаметр, анықтаушы температура ретінде қабырға және сұйық температураларының орта мәні қабылданған.

3.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

3.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
4. Пласин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

7. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
8. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
9. Баскаков. Теплотехника – М.: Высшая школа 1986

3.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Конвективті жылуалмасуға анықтама беріңіз.
- 2) Ньютон - Рихман заңын тұжырымдаңыз.
- 3) Қозғалудың дифференциалды теңдеулерін сипаттаңыз.
- 4) Үзіліссіздіктің дифференциалды теңдеуін сипаттаңыз.
- 5) Энергияның дифференциалды теңдеулерін сипаттаңыз.
- 6) Жылуберудің дифференциалды теңдеуін сипаттаңыз.
- 7) Жылулық ұқсастық сандарын сипаттаңыз.
- 8) Еріксіз конвекцияға анықтама беріңіз.
- 9) Ерікті конвекцияға анықтама беріңіз.

4.1. Тақырып: Сұйықтың қайнауы кезіндегі жылуберу.

4.2. Мақсаты: Студенттерді қайнау қисығымен, көпіршіктік және қабықшалық қайнау түрлерімен, көпіршіктің критикалық радиусымен, көпіршіктік қайнау кезіндегі жылуберу коэффициентін есептеу әдістемесімен таныстыру.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 26 беті

4.3. Дәріс тезистері:

1. Қайнау қисығы.
2. Көпіршіктік қайнау.
3. Қабықшалық қайнау.
4. Көпіршіктің критикалық радиусы.
5. Көпіршіктік қайнау кезіндегі жылуберу коэффициентін есептеу.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Негізгі ұғымдар. Заттардың агрегаттық күйлерінің өзгеру процестері: қайнау, конденсация, қату, балқу, сублимация, десублимация. Қанығу температурасынан жоғары қыздырылған сұйықтың буға айналу процесін **қайнау** деп атайды. Сұйықтың буға айналуы кезінде жылу жұтылады, сондықтан қайнау процесін жүргізу үшін сұйыққа жылу берілуі керек.

Қайнау кезінде қыздыру көзінен алынып кететін жылу ағынының тығыздығы өте үлкен болуы мүмкін ($q=10^5 \div 10^8$ Вт/м²), сондықтан қайнау процесін аз аудан арқылы көп жылу алып кету үшін қолданады. Қайнау кезіндегі жылуберу процесінің қарқындылығы қабырға жанында көпіршіктердің мезгіл-мезгіл түзілуімен және олардың сұйықты пәрменді араластыруымен түсіндіріледі.

Тәжірибе жүзінде қайнаудың негізгі екі режимі анықталған: көпіршікті және қабыршақты.

Көпіршікті қайнау кезінде бу қыздыру беттерінде жекелеген көпіршіктерге жиналады, олардың көлемдері ұлғайып, көтеріледі. Бұл кезде қыздыру бетінің көп бөлігі сұйықпен жабылған, ал жылу қыздыру бетіндегі шекаралық қабат арқылы беріледі. Өз кезегінде шекаралық қабат көпіршіктермен пәрменді араласады және бұзылады.

Қабыршақты қайнау кезінде қыздыру бетінде бу көпіршіктері жиналып, бу қабыршағын түзеді. Бу қабыршағы сұйық массасын қыздыру бетінен бөліп тұрады. Оның сұйыққа қараған бетінен мезгіл- мезгіл ірі бу көлемдері бөлініп сұйық бетіне қалқып шығады. Қыздыру бетінен сұйыққа жылу бу қабыршағы арқылы жылуөткізгіштікпен тасымалданатын болғандықтан, қабыршақты қайнау кезінде жылуберу процесінің қарқыны көпіршікті қайнаудан әлдеқайда аз болады.



16.7 сурет. Қайнаудың негізгі режимдері :
а) көпіршікті ; б) қабыршақты.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 27 беті

Қайнау процесі сұйық температурасы берілген қысымдағы қанығу темперетурасынан белгілі шамаға асқанда басталуы мүмкін. Себебі көпіршік ішіндегі қысым P_6 сұйықтың қысымын және беттік керілу күштерін теңестіруі керек. Олай болса көпіршік ішіндегі қысым $P_6 > P_s$ болады, сәйкесінше $t_6 > t_s$, сондықтан сұйықтың температурасы кемінде $t_c = t_6$. Ал қайнауға керекті температура айырмашылығы $\Delta t = t_c - t_6$, беттік керілу күштері түзген қосымша қысыммен ΔP анықталады.

Қосымша қысымды анықтау үшін шар тәрізді бу көпіршігінің теңдігін қарастырамыз (16.8 сурет).

Көпіршіктің радиусы R . Ол симметриялы болғандықтан оның жоғарғы жартысын қарастырамыз, алынып тасталған бөлігінің әсерін беттік керілу күштерімен алмастырамыз. Көпіршікке ұйық қысымы P_c төмен қарай, көпіршік ішіндегі қысым $P_c + \Delta P$ жоғары қарай және беттік керілу күштері төмен қарай әсер етеді. Аталған күштерді теңестірсек:

$$P_c \pi R^2 + 2\pi R \sigma = (P_c + \Delta P) \pi R^2 \quad (16.22)$$

Бұдан

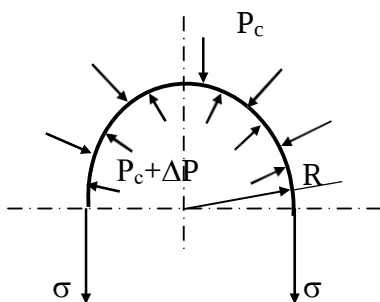
$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R} \quad (16.23)$$

(16.23) теңдеуі бойынша көпіршік радиусы кішірейген сайын беттік керілу күштерінің әсерінен туындайтын қосымша қысым артады. Олай болса кез келген қайнауға керекті температура айырмашылығына Δt сәйкес көпіршіктің аумалы радиусы R_a болады. Бұл радиустағы көпіршіктің ішіндегі қысым $P_c + \Delta P$ сұйық температурасындағы $t_c = t_s + \Delta t$

қанығу қысымына тең. Сондықтан көпіршіктің радиусы $R > R_{ay}$ болса, ол үлкейеді. Ал көпіршіктің радиусы $R < R_{ay}$ болса, беттік керілу күштері әсерінен ол конденцияланады. Осы себепті қайнау процесі сұйық ішіндегі "булану орталықтарында" ғана басталуы мүмкін.

Булану орталықтарына сұйықтағы еріген газдар, жырықтарда қалған газ, бу қалдықтары т. б. жатады.

Қайнау кезіндегі жылу ағыны мен температура тегеурінінің тәуелдігі 16.9 суретте көрсетілген. Бұл графикті қайнау қисығы деп те атайды. Аз температура тегеурінінде (0 және А нүктелері аралығында) қыздыру қабырғасы мен сұйық арасында конвективті жылуалмасу



16.8 сурет. Бу көпіршігіне қайнаған сұйықта әсер ететін күштер.

орын алады (I – режим). А және Б нүктелері арасында сұйық көпіршікті режимде қайнайды (II – режим). Температура тегеуріні одан әрі өскенде (Б және В нүктелері аралығында), жылу ағынының тығыздығы азаяды, жылу беру процесінің қарқыны төмендейді. Өйткені көпіршіктер бірігіп, қыздыру бетінде қабыршақтар түзіле бастайды. Бұны аралық қайнау режимі деп атайды (III – режим). Температура тегеуріні одан әрі өскенде (В және С нүктелері аралығында) қыздыру бетін түгелімен қабыршақ жауып

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 28 беті

тұрады, жылу негізгі сұйыққа жылуөткізгіштікпен тасымалданады. Жылу ағынының тығыздығы аздап өседі (IV – режим).

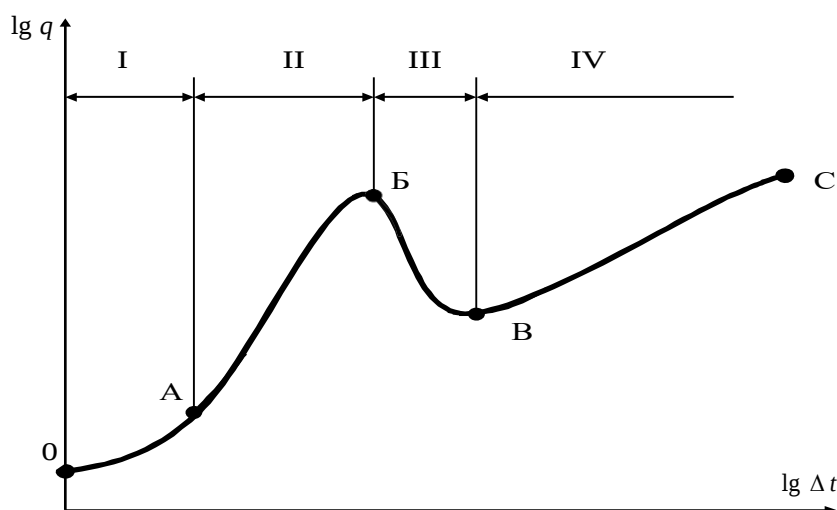
Көпіршікті қайнаудың қабыршақты қайнауға өту нүктелеріндегі Δt , α , q шамаларын білу, өндірістік қайнату, буландыру аппараттарының жұмысын тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Қайнау кезіндегі жылуберу коэффициентін анықтауға көптеген эмпирикалық теңдеулер ұсынылған. Мысал ретінде үлкен көлемде көпіршікті қайнау процесінің эмпирикалық тәуелділіктерін келтіреміз ($0,2 \leq P \leq 8$ МПа):

$$\alpha = 4,45 \cdot P^{0,15} q^{0,7} ; \quad (16.24)$$

$$\alpha = 146,1 \cdot \Delta t^{2,33} P^{0,5} \quad (16.25)$$

Мұнда $\Delta t = t_k - t_s$ – температура тегеуріні, К; P – будың абсолют қысымы, МПа; q – жылу ағынының тығыздығы, Вт/м².



16.9 сурет. Қайнау кезіндегі жылу ағыны тығыздығы мен температура тегеурінінің тәуелділігі. I – еркін конвекция; II – көпіршікті қайнау; III – аралық режим; IV – қабыршақты қайнау.

4.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

4.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. – М.: Химия, 1973

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 29 беті

4. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

7. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
8. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.
9. Баскаков. Теплотехника – М.: Высшая школа 1986

4.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Заттардың агрегаттық күйлерінің өзгеру процестеріне (қайнау, конденсация, қату, балқу, сублимация, десублимация) анықтама беріңіз.
- 2) Көпіршіктік қайнау режимін сипаттаңыз.
- 3) Қабықшалық қайнау режимін сипаттаңыз.
- 4) Көпіршіктің критикалық радиусын түсіндіріңіз.
- 5) Үлкен көлемде қайнау кезіндегі жылу беру коэффициентін анықтаңыз.

5.1. Тақырып: Будың конденсациясы кезіндегі жылу беру.

5.2. Мақсаты: Студенттерді қабықшалы және тамшылы конденсациямен, конденсацияланудың Нуссельт теориясымен, Нуссельт теориясының түзету коэффициенттерімен (толқынды ағу және конденсаттың физикалық қасиеттерінің өзгеруі), конденсат қабықшасының турбулентті ағуы кезіндегі жылу беру коэффициентін есептеумен таныстыру.

5.3. Дәріс тезистері:

1. Қабықшалы және тамшылы конденсация.
2. Конденсацияланудың Нуссельт теориясы.
3. Нуссельт теориясының түзету коэффициенттері.
4. Конденсат қабықшасының турбулентті ағуы кезіндегі жылу беру коэффициентін есептеу.
5. Өндірістік конденсацияның түрлері.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Конденсация кезінде жылу беру. Заттың бу күйден сұйыққа айналу процесін конденсация деп атайды. Конденсация кезінде булану жылуы бөлінеді. Сондықтан конденсация процесі кезінде жылуды алып кетеді.

Конденсация процесі бу көлемінде немесе қатты беттерде, будың температурасы қанығу температурасынан төмен болғанда өтеді. Өндірісте қатты беттерде өтетін конденсация жиі кездеседі.

Қатты беттің күйіне байланысты тамшылы және қабыршақты конденсацияларды ажыратады. Тамшылы конденсация кезінде түзілген конденсат қатты бетке жағылмайды,

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 30 беті

ол жекелеген тамшылар күйінде ағады. Қабыршақты конденсация кезінде конденсат қатты бетке жағылады және қатты бетте тұтас ағатын қабыршақ түзеді.

Тамшылы конденсация кезінде суытылған беттің көп бөлігі бұмен тікелей жанасады, сондықтан жылуберу процесінің қарқыны, қабыршақты конденсацияға қарағанда, жоғары болады.

Әдетте жылуалмастыру аппаратында қабыршақты конденсация байқалады. Бұдың сұйыққа айналуы қабыршақтың сыртқы бетінде өтеді. Бұл беттің температурасын қанығу температурасына тең деп қабылдауға болады, ал қатты бетте конденсаттың температурасы қабырға температурасына тең. Сонымен жылулық шекаралық қабат конденсат қабыршағының қалыңдығына тең.

Ламинарлы қозғалыстағы конденсат қабыршағының жылуберу процесін қарастырамыз. (16.10 сурет). Бұл процесте жылу қабыршақ арқылы жылуөткізгіштікпен тасымалданады. Сонда Фурье заңына сәйкес жылу ағынының тығыздығы

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_s - t_\delta) \quad (16.26)$$

Сонымен қатар Ньютон-Рихман заңы бойынша осы жылу ағынының тығыздығы

$$q = \alpha (t_s - t_\delta) \quad (16.27)$$

(16.26) және (16.27) теңдеулерінен

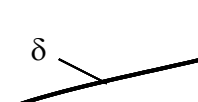
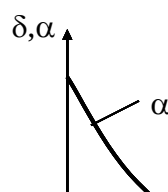
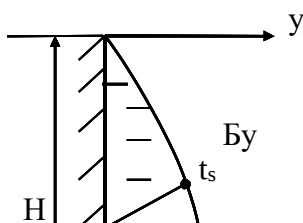
$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta} \quad (16.28)$$

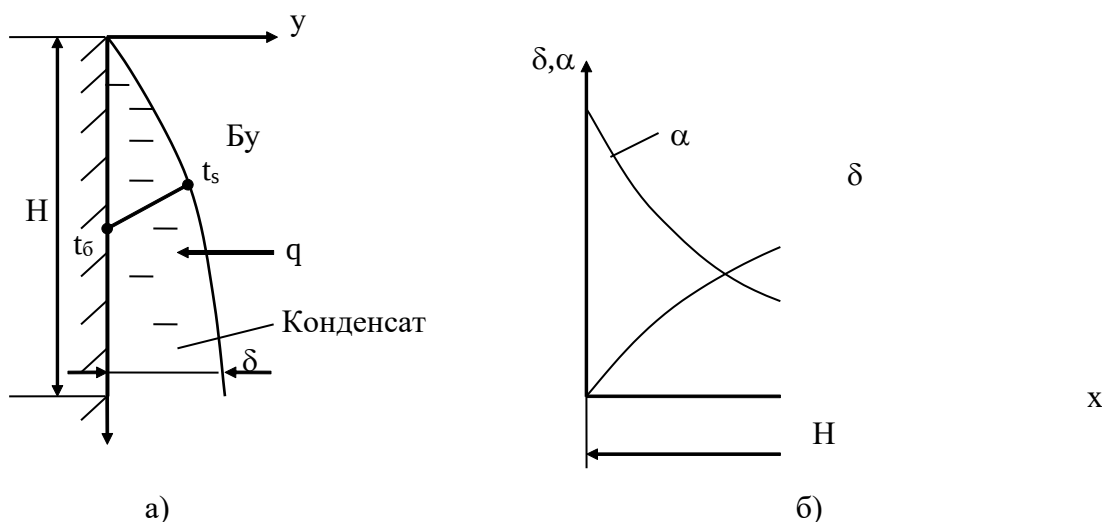
екендігін табамыз. (16.28) теңдеуінен жылуберу коэффициенті конденсаттың қалыңдығына кері пропорционал екенің көреміз, және конденсат қалыңдығы өскен сайын жылуберу азаяды.

Ламинарлы қозғалыстағы қабыршақтың жергілікті жылуберу коэффициентін аналитикалық әдіспен В. Нуссельт анықтады

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{\mu (t_s - t_\delta) x}} \quad (16.29)$$

Мұнда r – булану жылуы. Сонда t_k қабырғаның орташа жылуберу коэффициенті.





16.10 сурет. Тік қабырғадағы қабыршақты конденсация :
 а) Конденсаттың ағуы ; б) Жылуберу коэффициентінің және қабыршақ қалыңдығының қабырға бойында өзгеруі.

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{H} \int_0^H \alpha \cdot dx = 0,743 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{\mu(t_s - t_\delta) H}} \quad (16.30)$$

(16.29) және (16.30) теңдеулерге конденсаттың жылу физикалық қасиеттерін қанығу температурасында t_s қойылады.

Көлбеу қабырғалар бетіндегі конденсация процесінің жылуберу коэффициентін мына теңдеуден анықтауға болады.

$$\alpha_{\text{көл}} = \alpha_{\text{тік}} \sqrt[4]{\sin \varphi} \quad (16.31)$$

Мұнда φ - қабырғаның горизонтқа көлбеу бұрышы.

Горизонталь құбыр бетіндегі конденсация процесінде (16.31) теңдеуіндегі φ бұрышы 0 ден 180° дейін өзгереді. Олай болса бұл процестің орташа жылуберу коэффициенті

$$\bar{\alpha} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{\mu(t_s - t_\delta) l}} \quad (16.32)$$

(16.30) және (16.32) теңдеуілерін ұқсастық сандар теңдеуі түрінде көрсетуге болады. Ол үшін теңдеулер алдындағы тұрақтыларды s және анықтаушы өлшемді l әріптерімен белгілеп, теңдеулердің екі жағында l/λ көбейтеміз. Сонда

$$\frac{\alpha l}{\lambda} = \left(\frac{r \rho g l^3}{(t_s - t_\delta) \lambda} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Алынған теңдіктің оң жағында $\lambda = a_{\text{сп}} \rho$ екенін ескереміз және бөлшектің алымын және бөлімін v көбейтеміз. Сонда

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 32 беті

$$\frac{\alpha l}{\lambda} = c \left(\frac{r}{c_p (t_s - t_\delta)} \cdot \frac{gl^3}{v} \cdot \frac{v}{a} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (16.33)$$

Сонымен конденсация процесінің ұқсастық сандар теңдеуі мына түрде жазылады

$$Nu = c(K \cdot Ga \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} \quad (16.34)$$

Мұнда c – тұрақты (тік қабырға үшін $c=0,943$, горизонталь қабырға үшін $c=0,728$);

$$K = \frac{r}{c_p (t_s - t_\delta)} \quad - \text{Кутателадзе ұқсастық саны, фазалық өзгерту жылуының}$$

конденсаттың суылу жылуына қатынасын сипаттайды; $Ga = \frac{gl^3}{v}$ - Галлилей ұқсастық саны, ауырлық күштерінің ішкі үйкеліс күштеріне қатынасын сипаттайды;

$$Pr = \frac{v}{a} \quad - \text{Прандтль ұқсастық саны.}$$

Конденсация кезіндегі жылуберуге ықпалы ететін факторлар.

Нуссельт теориясы конденсация процесін жалпы түрде дұрыс сипаттағанымен, көптеген факторлардың ықпалын ескермейді.

Қабырға бетінде конденсаттың ағуы ламинарлы және турбулентті болуы мүмкін, сонымен қатар конденсат қозғалысы беттік керілу күштері әсерінен толқынды қозғалыста да болуы мүмкін. Толқынды қозғалыс кезінде жылуберу коэффициенті ламинарлы қозғалысқа қарағанда ~ 20 % көп екені тәжірибе жүзінде анықталған. Сондықтан толқынды қозғалыстың ықпалын ескеру үшін Нуссельт теңдеуіне түзету енгізу ұсынылған

$$\alpha = \alpha_{Nu} \cdot \varepsilon_v \quad (16.35)$$

Мұнда $\varepsilon_v = (Re)^{0.04}$ - конденсаттың толқынды қозғалысын ескеретін түзету; Re – қанығу температурасында және қабырға ұзындығында есептелген Рейнольдс ұқсастық саны.

Қабырға жанында температураның өзгеруіне байланысты конденсаттың жылуфизикалық қасиеттері өзгереді. Осыған орай жылуберу процесінің қарқыны да өзгереді. Инженерлік есептеулерде конденсаттың параметрлерін қанығу температурасында анықтаған ыңғайлы, сондықтан конденсат температурасының жылуберуге ықпалын төмендегі түзетумен ескереді.

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_\delta}{\lambda_s} \right)^3 \cdot \frac{\mu_s}{\mu_\delta} \right]^{\frac{1}{8}} \approx \left(\frac{Pr_s}{Pr_\delta} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (16.36)$$

Өте қызған бу конденсация процесі кезінде булану жылуын және өте қызған жылуын береді

$$r' = r + c_p (t - t_s) \quad (16.37)$$

Мұнда c_p - өте қызған будың жылусыйымдылығы; t - өте қызған будың температурасы. Сондықтан өте қызған будың конденсациялану процесінің жылуберу коэффициентін Нуссельт теориясы бойынша анықтауға болады, бірақ булану жылуының орнына (16.37) теңдеуі бойынша анықталған жылуды қою керек.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 33 беті

Егер конденсация процесі кезінде конденсаттың ағу бағыты будың қозғалу бағытымен сәйкес келсе, үйкеліс күштерінің әсерінен конденсат жылдамдығы артады, оның термиялық кедергісі төмендейді. Сондықтан жылуберу процесінің қарқыны артады. Конденсаттың ағу бағыты будың қозғалу бағытына қарсы болса, конденсаттың қалыңдығы көбейеді, ал жылуберу коэффициенті төмендейді.

Бүдірленген немесе тот басқан беттерде конденсация процесінің жылуберу коэффициенті төмендейді. Себебі олар конденсаттың қозғалуына кедергі болып, оның қалыңдығын өсіреді, термиялық кедергісін арттырады.

Өндірісте конденсацияның екі түрі жиі қолданылады:

1. Беттік конденсация. Бұл кезде конденсацияланатын бу және суыту агенті қатты қабырғамен бөлінген. Бу суық қабырғаның ішкі немесе сыртқы бетіне конденсацияланады.
2. Араластыру конденсациясы. Бұл кезде конденсацияланатын бу суыту агентімен тікелей араласқанда конденсацияланады. Конденсацияланатын бу құндылығы төмен кезде жүргізіледі.

Беттік конденсацияны қарастырамыз.

Процестің жылу балансы:

$$DI + WC_{\sigma}t_{\sigma n} = DC_k t_k + WC_{\sigma}t_{\sigma k} + Q_n$$

Мұнда D – конденсаторға келген бу мөлшері, кг/ч;

I – келген бу энтальпиясы, кДж/кг;

W – суыту агентінің мөлшері, кг/ч;

C_{σ} – суыту агентінің жылусыйымдылығы, кДж/кг·град;

C_k – конденсаттың жылусыйымдылығы, кДж/кг·град;

t_k – конденсат температурасы, °C;

$t_{\sigma n}$ – суыту агентінің бастапқы температурасы, °C;

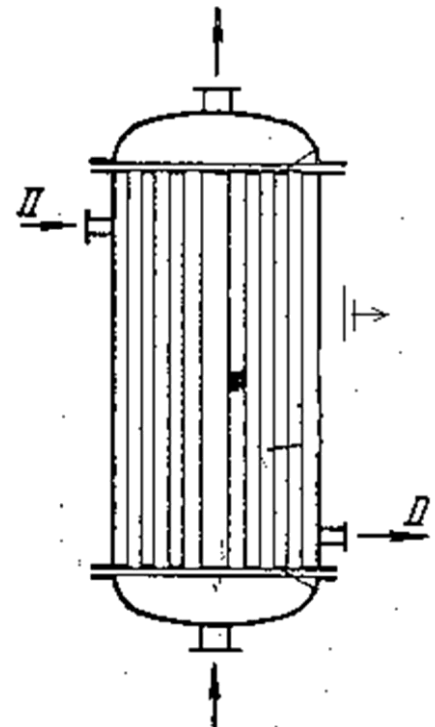
$t_{\sigma k}$ – суыту агентінің соңғы температурасы, °C;

Q_n – жылудың қоршаған ортаға шығыны, кДж/ч.

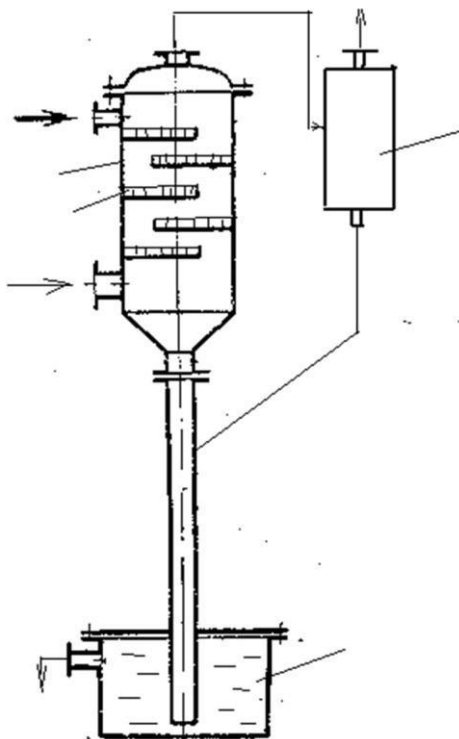
Суыту агентінің шығыны

$$W = \frac{D(I - C_k t_k) - Q_n}{C_{\sigma}(t_{\sigma k} - t_{\sigma n})}$$

Араластыру конденсациясы. Егер конденсацияланатын сұйықтың буы суда ерімейтін, немесе бу қолданылмайтын қалдық болса, суытуды және конденсацияны сумен тікелей араластыру арқылы өткізеді. Бұл процесс араластыру конденсаторларында өткізіледі.



ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 34 беті



Бу конденсацияға конденсатордың төменгі жағындағы штуцер арқылы беріледі. Конденсаторда перфорацияланған бірқатар сөрелер бар. Суытатын су жоғарғы сөреге беріледі. Суыту нәтижесінде түзілген бу суыту суымен бірге конденсатордың төменгі жағынан шығарылады. Бөлінген ерімейтін газдар конденсатордың жоғарғы жағынан тамшыұстағыш арқылы вакуум сораппен алынып кетеді.

Барометрлік құбыр және сыйымдылық гидравликалық жапқыш ролін атқарып, сыртқы ауаның конденсаторға кіруіне кедергі болады..

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

6.5. ӘДЕБИЕТ:
Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
4. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.

6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

- 1) Қандай процесті конденсация деп атаймыз?
- 2) Конденсацияның қандай түрлерін білесіз?
- 3) Тамшылы конденсацияның қабыршақты конденсациядан айырмашылығын атаңыз.
- 4) Конденсация процесіне ықпал ететін қосымша факторларды сипаттаңыз.
- 5) Өндірістік конденсация түрлерін сипаттаңыз.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 35 беті

6.1. Тақырып: Жылуалмастыру аппараттары.

6.2. Мақсаты: Студенттерді жылуалмастыру аппараттарымен және оларды есептеу әдістерімен таныстыру.

6.3. Дәріс тезистері:

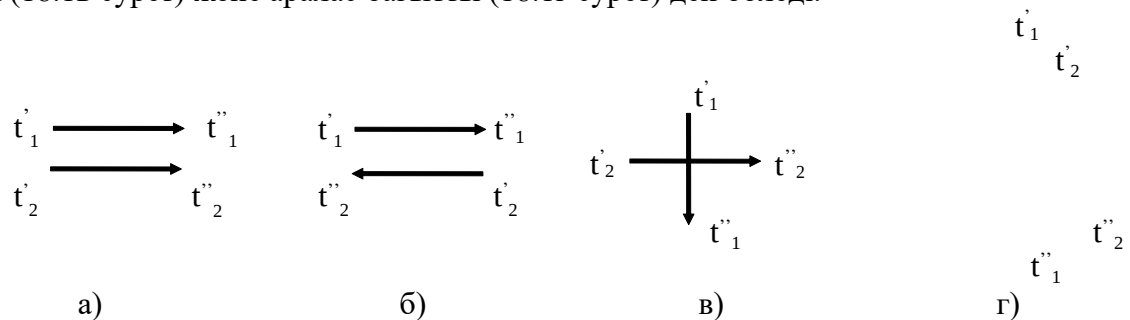
1. Жылуалмастыру аппараттарының жіктелуі.
2. Жылу балансы және жылуалмасу теңдеулері.
3. Жылуалмастыру аппараттарын есептеу.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Жылу тасымалдағыштарды қыздыруға немесе суытуға арналған құрылғыларды жылуалмастыру аппараттары деп атайды. Жылу тасымалдағыштар ретінде қысымдары мен температуралары кең диапазонда өзгертін әр түрлі тамшылы сұйықтар мен газдар пайдаланылады.

Жұмыс істеу принциптеріне байланысты жылуалмастыру аппараттары регенеративті, рекуперативті және алмастырушы болып үшке бөлінеді. **Рекуперативті** жылуалмастыру аппаратында жылу ыстық жылу тасымалдағыштан суық жылу тасымалдағышқа оларды бөліп тұратын қатты қабырға арқылы алмасады. **Регенеративті** жылуалмастыру аппараттарында ыстық және суық жылу тасымалдағыштар аралық заттың (аккумулятордың) бетінде кезектесіп жанасқанда жылу алмасады. Регенеративті жылуалмастырушы стационарлық емес жылу алмасу процесі өтеді. **Араластырушы** жылуалмастыру аппараттарында ыстық және суық жылу тасымалдағыштар бір-бірімен тікелей жанасқанда жылу алмасады.

Жылу тасымалдағыштардың өзара қозғалу бағыттарына байланысты жылуалмастырушыларды бір бағытты (18.1а сурет), қарсы бағытты (18.1б сурет), қиылыс бағытты (18.1в сурет) және аралас бағытты (18.1г сурет) деп бөледі.



18.1 сурет. Жылу тасымалдағыштардың қозғалу схемалары: а) бір бағытты; б) қарсы бағытты; в) қиылыс бағытты; г) аралас бағытты.

Жылу балансының теңдеуі. Жылуалмастыру аппаратында ыстық жылу тасымалдағыштан алынған жылу мөлшері суық жылу тасымалдағышқа берілген жылуға тең. Аппараттан қоршаған ортаға шығындалған жылу мөлшері аз болғандықтан оны ескермейміз $Q_0 = 0$. Сонда жылу балансының теңдеуі былай жазылады

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_1 - t_2) = G_2 \cdot c_2 (t_2 - t_1) \quad (18.1)$$

Мұнда G_1, G_2 – ыстық және суық жылу тасымалдағыштардың массалық шығыны; c_1, c_2 – ыстық және суық жылу тасымалдағыштардың тұрақты қысымдағы

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 36 беті

жылу сыйымдылықтары; t_1', t_1'' - ыстық жылу тасымалдағыштың аппаратқа кірердегі және одан шыққандағы температуралары; t_2', t_2'' - суық жылу тасымалдағыштың аппаратқа кірердегі және одан шыққандағы температуралары; Q – ыстық жылу тасымалдағыштан суық жылу тасымалдағышқа алмасқан жылу мөлшері.

(18.1) теңдеуіндегі $W = G_{cp}$ өрнегі жылу тасымалдағыштың толық жылу сыйымдылығы деп аталады. Сонда

$$W_1 \cdot \Delta t_1 = W_2 \cdot \Delta t_2 \quad (18.2)$$

бұдан

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \quad (18.3)$$

(18.3) теңдеуінен жылу тасымалдағыштардың толық жылу-сыйымдылықтарының өзара қатынасы олардың температураларының өзгерулеріне кері пропорционал екенін көреміз. Былайша айтқанда жылу тасымалдағыштың толық жылу сыйымдылығы көбейген сайын, оның температурасы аз өзгереді.

Жылуалмасу теңдеуі. Жылуалмастыру аппаратында жылу-тасымалдағыштардың температуралары өзгереді. Сонымен қатар орталардың температура айырмашылықтары, немесе температура тегеуріні Δt өзгереді (18.2 сурет). Олай болса жылуалмасу теңдеуін өте кішкентай жылуалмасу ауданына мына түрде жазамыз

$$dQ = k \cdot \Delta t \cdot dF \quad (18.4)$$

Мұнда k – жылуалмасу коэффициенті; Δt – жергілікті температура тегеуріні. Сонда барлық жылуалмасу ауданында алмасқан жылу мөлшері мына интегралмен анықталады

$$Q = \int_0^F \Delta t \cdot dF \quad (18.5)$$

Сонғы интегралды шешу үшін жылу алмасу коэффициенті мен температура тегеурінінің жылуалмасу бетінде өзгеру заңдылығын білу керек. Әдетте жылуалмасу коэффициентін тұрақты деп қабылдауға болады $k = \text{const}$, сонда

$$Q = k \int_0^F \Delta t \cdot dF \quad (18.6)$$

Сонғы өрнекті жылуалмасу ауданына көбейтсек және бөлсек

$$Q = k \cdot F \left(\frac{1}{F} \int_0^F \Delta t \cdot dF \right) \quad (18.7)$$

(18.7) теңдеуіндегі жақша ішіндегі өрнекті F жылуалмасу ауданындағы орташа температура тегеуріні деп атайды

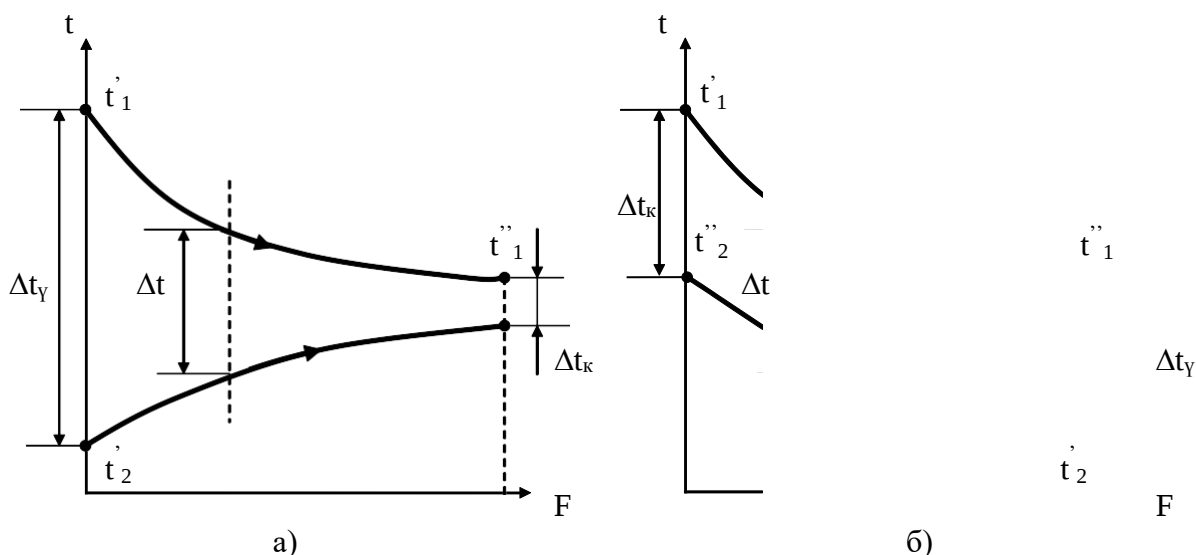
$$\Delta t_{op} = \frac{1}{F} \int_0^F \Delta t \cdot dF \quad (18.8)$$

Сонымен жылуалмасу теңдеуін мына түрде жазамыз

$$Q = k \cdot \Delta t_{op} \cdot F \quad (18.9)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 37 беті

Жылуалмастыру аппараттарындағы жылутасымалдағыштардың температураларының өзгеру графиктері 18.2 суретте көрсетілген. Бұл графиктерден бірбағытты жылуалмастырғышта суық жылутасымалдағыштың соңғы температурасы барлық уақытта ыстық жылутасымалдағыштың соңғы температурасынан төмен болатынын көреміз. Қарсыбағытты жылуалмастырғышта суық жылутасымалдағыштың соңғы температурасы ыстық жылутасымалдағыштың соңғы температурасынан жоғары болуы мүмкін. Сондықтан бірдей жағдайда қарсы бағытты жылуалмастырғышта жылуалмасу процесінің қарқыны жоғары, сәйкесінше



18.2 сурет. Жылуалмастыру аппараттарындағы жылутасымалдағыштардың температураларының өзгеру графиктері : а бірбағытты жылуалмастырғышта ; б қарсыбағытты жылуалмастырғышта.

ол аппарат тиімді. Егер аппаратта жылутасымалдағыштардың біреуінің температурасы тұрақты болса, аппараттағы орташа температура тегеуріні жылутасымалдағыштардың өзара қозғалу бағыттарына тәуелсіз болады.

Бірбағытты жылуалмастыру аппаратындағы орташа температура тегеурінін мына теңдеумен анықтайды

$$\Delta t_{op}^{\delta\delta} = \frac{\left(\begin{matrix} t' & t' \\ 1 & 2 \end{matrix} \right) - \left(\begin{matrix} t'' & t'' \\ 1 & 2 \end{matrix} \right)}{\ln \frac{t'_1 - t_2}{t''_1 - t'_2}} \quad (18.10)$$

ал қарсы бағытты жылуалмастырғыштағы орташа температура тегеурінін мына теңдеумен анықтайды

$$\Delta t_{op}^{k\delta} = \frac{\left(\begin{matrix} t' & t'' \\ 1 & 2 \end{matrix} \right) - \left(\begin{matrix} t'' & t' \\ 1 & 2 \end{matrix} \right)}{\ln \frac{t'_{1''} - t_2}{t_1 - t'_{2'}}} \quad (18.11)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 38 беті

Қиылыс және аралас бағытты жылуалмастыру аппараттарының орташа температура тегеурінін (18.11) теңдеуіне түзету енгізу арқылы анықтайды

$$\Delta t_{op} = \varepsilon \cdot \Delta t_{op}^{k\delta} \quad (18.12)$$

ε түзетуі жылуалмасымалдағыштардың қозғалу схемаларына байланысты арнайы әдебиетте берілген.

Жылуалмастыру аппараттарын есептеу

Жобалау кезінде жылуалмастыру аппараттарын жылулық есептеу олардың керекті жылуалмасу ауданын F жылуалмасымалдағыштардың белгілі шығынындағы және температураларында анықтауға негізделген.

Жылулық есептеу мына әдістеме бойынша жүргізіледі:

1. Жылулық жүктемені және жылуалмасымалдағыштардың шығыны анықталады. Ол үшін жылу балансы теңдеуі қолданылады:

$$Q = G_1(I_{1n} - I_{1k}) = G_2(I_{2k} - I_{2n})$$

Мұнда G_1 – ыстық жылуалмасымалдағыштың шығыны;

I_{1n}, I_{1k} – ыстық жылуалмасымалдағыштың бастапқы және соңғы энтальпиялары;

G_2 – суық жылуалмасымалдағыштың шығыны;

I_{2k}, I_{2n} – суық жылуалмасымалдағыштың бастапқы және соңғы энтальпиялары.

2. Жылуалмасымалдағыштардың орташа температура тегеуріні анықталады
3. Жылуалмасу коэффициенті және керекті жылуалмасу ауданы анықталады.

Мысалы, жылуалмасу жазық қабырға арқылы жүрсе, жылуалмасу коэффициенті

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Мұнда $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – қабырғаның және былғаныштардың термиялық кедергілері.

Жылуалмасу коэффициентін анықтау үшін алдымен қабырғаның екі жағындағы жылуөткізгіштік коэффициенттерін α_1, α_2 және термиялық кедергілерді анықтау керек.

Жылуөткізгіштік коэффициентін α Nu ұқсастық санынан анықтайды:

$$Nu = \frac{\alpha d_s}{\lambda}; \quad \alpha = \frac{Nu \lambda}{d_s}$$

Нуссельт ұқсастық саны Nu тәжірибеде нақтыланған теңдеулер бойынша анықталады..

Қабырғаның және былғаныштың кедергілерін олардың қалыңдығын ескере отырып анықтайды.

Жылуалмасу коэффициенті анықталған соң керекті жылуалмасу ауданы негізгі жылуалмасу теңдеуінен анықталады:

$$Q = KF\Delta t_{cp}; \quad F = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}}$$

Конструктивтік есептеу жылулық есептеуден кейін жүргізіледі.

Құбырлар саны $n = \frac{F}{\pi d_p L}$;

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 39 беті

Мұнда d_p – құбырдың есептеу диаметрі;

L – құбыр ұзындығы.

Қоршауқұбырлы жылуалмастырғыштың ішкі диаметрі мына теңдеумен есептелінеді:

$$D_{\text{вн}} = S(\epsilon - 1) + 4d_n$$

Мұнда S – құбырлар арасындағы қадам;

ϵ – құбырлар саны;

d_n – құбырдың сыртқы диаметрі/наружный диаметр труб.

Жылуалмастырғыштың гидравликалық есебі

Жылуалмастырғыштың гидравликалық кедергісін белгілі теңдеумен, тегеуріннің үйкелуге және жергілікті кедергілерге шығынын ескере отырып, есептейді:

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{L}{d_s} + \sum \zeta_{\text{с.м.}} \right) \frac{\rho \omega^2}{2}$$

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

6.5. ӘДЕБИЕТ:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 250 б.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. – М.: Химия, 1973
4. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
5. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000.

Қосымша:

- 1) Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. – Л.: Химия, .
- 2) Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
- 3) Баскаков. Теплотехника – М.: Высшая школа 1986

6.6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

- 1) Жұмыс істеу принципіне байланысты жылуалмастыру аппараттары қалай жіктеледі?
- 2) Жылутасымалдағыштардың өзара қозғалу бағыттарына байланысты жылуалмастыру аппараттары қалай жіктеледі?
- 3) Жылуалмастыру аппараттарының жылу балансын түзіңіз.
- 4) Жылуалмастыру аппараттарының жылуалмасу теңдеуін жазыңыз.
- 5) Жылуалмастыру аппараттарының орташа температура тегеуріні қалай анықталады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 40 беті

6) Жылуалмастыру аппараттарын есептеудің әдістемесін түсіндіріңіз.

7.1. Тақырып: Буландыру.

7.2. Мақсаты: Студенттерді бір және көпкорпусты буландыру аппараттары жұмысының теориялық негіздерімен таныстыру.

7.3. Дәріс тезистері:

1. Біркорпусты буландыру қондырғылары.
2. Көпкорпусты буландыру қондырғылары.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Ұшпайтын заттар ертінділерін қайнатып, еріткіштің (судың) бір бөлігін буға айналдыру арқылы ертінділерді қоюландыру (концентрациясын жоғарылату) процесі буландыру деп аталады.

Буландыру процесінде бу ертіндінің барлық көлемінен, ал булану процесінде қайнау температурасынан төмен кез келген температурада ерітінді бетінен бөлініп шығады.

Буландыру аппараттарында ысытатын жылу тасымалдағыш ретінде көбінесе су буы қолданылады. Мұндай буды ысытатын немесе біріншілей бу, ал ертіндінің қайнағанында пайда болған буды екіншілей бу деп атайды. Ысытатын немесе біріншілей бу ретінде бу генераторларының, бу трубиналарының аралығынан алынған немесе пайдаланған буларды қолданады.

Буландыру процесі вакуумда, атмосфералық немесе жоғары қысымдарда өткізіледі.

Вакуумда өткізілетін буландыру процесінің атмосфералық қысымдағыға қарағанда бірнеше артықшылықтары бар: процесті көп төмен температурада өткізуге, яғни аппаратты ысыту үшін төмен қысымды буды пайдалануға болады; жоғары температураларда ыдырап кетуі мүмкін болатын заттардың ертінділерін қоюландыруға болады; ысытатын бу мен ертіндінің қайнау температураларының айырмасы / пайдалы температуралар айырмасы / көп болады, яғни аппараттың өлшемі мен жылу алмасу беті азаяды; буландыру аппаратынан шыққан екіншілей буды ысытатын бу ретінде пайдалану мүмкіндігі туады.

Вакуумдағы буландыру процестерінің кемшіліктері: қосымша құрылғылар-конденсаторлар, тамшыұстағыштар және вакуум-насостар керек, яғни қондырғы қымбаттайды сонымен бірге шығын көбейеді.

Атмосфералық қысымдағы буландыруда екіншілей бу пайдаланбай, атмосфераға шығарылады. Буландырудың бұл тәсілі өте қарапайым, бірақ экономикалық тиімсіз болып саналады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 41 беті

Атмосфералық қысымнан жоғары қысымда буландыру ерітіндінің қайнау температурасын көбейтеді және пайда болған екіншілей буды қайтадан буландыру процесінде немесе басқа жылу техникалық мақсаттар үшін пайдалануға болады. Басқа мақсаттар үшін ажыратылатын екіншілей будын бөлігін экстра бу деп атайды.

Ерітіндінің қоюлануында оның физикалық қасиеттері: қайнау температурасы, жылу өткізгіштік, жылу сыйымдылық, тұтқырлық, температура өткізгіштік және т.б. өзгереді. Концентрация жоғарылағанда ерітіндінің жылу өткізгіштігі, жылу сыйымдылығы және температура өткізгіштігі төмендейді де, тұтқырлығы артады. Бұл кезде аппараттың жылу бетінен қайнайтын ерітіндіге берілетін жылу шарты төмендейді. Бұл жағдай буландыру аппараттарын есептеуде, жобалауда және пайдалануда ескерілуі қажет.

Атмосфералық қысымдағы, ал кейбір кезде вакуумдағы буландыру процесі бір буландыру аппаратында (бір корпусты буландыру қондырғылары) өткізіледі. Бұл жағдайда ысытатын (біріншілей) будың жылуы бір рет қана пайдаланып, ал екіншілей будың жылуы пайдаланбайды.

Фармацевтика өнеркәсіптерінде бірнеше аппараттан немесе корпустан құрылған көпкорпусты буландыру қондырғылары жиі кездеседі. Бұл қондырғыларда ысытатын бумен тек бірінші корпус қана ысытылады, ал кейінгі корпустарды ысыту үшін алдындағы аппараттардан (соңғысынан басқа) шыққан екіншілей бу жылуы қолданылады. Демек, көп корпусты буландыру қондырғыларындағы ысытатын будың мөлшері дәл сондай өнімді біркорпусты қондырғыға қарағанда едәуір аз болады.

Бір корпусты буландыру қондырғылары

Материалдық баланс

Буландыруға концентрациясы X_H болатын G_H кг/с алғашқы ерітінді беріледі, одан концентрациясы X_K болатын G_K кг/с буландырылған ерітінді алынып кетеді

. Егер буландыру аппаратында w кг/с еріткіш (су) буландырылатын болса, материалдық баланс былай өрнектеледі:

$$G_H = G_K + W \quad (1)$$

Құрғақ зат бойынша материалдық баланс:

$$\frac{G_H X_H}{100} = \frac{G_K X_K}{100} \quad (2)$$

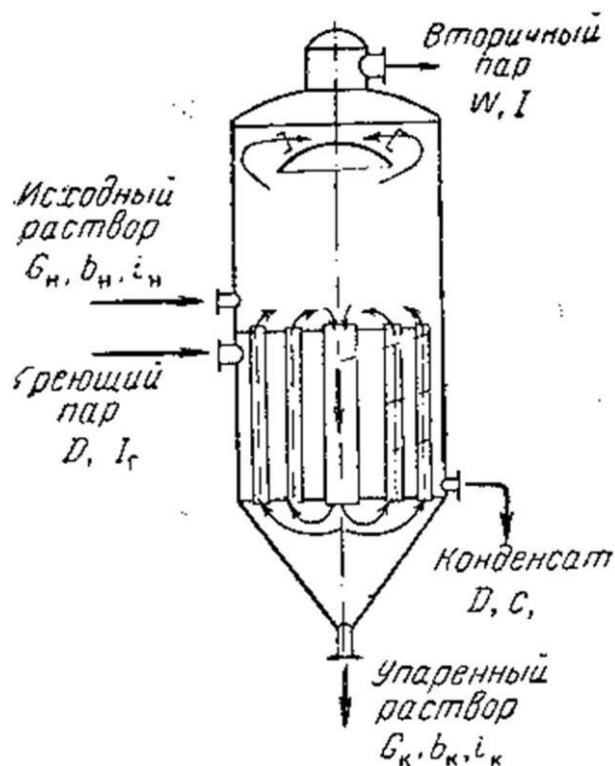
(2) теңдеуден аппараттың буландырылған ерітінді G_K бойынша өнімділігі:

$$G_K = \frac{G_H X_H}{X_K} \quad (3)$$

Буланған су бойынша:

$$W = G_H - G_K = G_H \left(1 - \frac{X_H}{X_K}\right) \quad (4)$$

Жылулық баланс



Жылулық баланс түзу үшін аппаратқа кірген және шыққан жылуларды анықтаймыз:

<u>Кірген жылу</u>	<u>Шыққан жылу</u>
Алғашқы ерітіндімен $G_n i_n$	Буландырылған ерітіндімен $G_k I_k$
Қыздыру буымен DI_Γ	Екіншілей бумен wI
	Бу конденсатымен $D_{ct} t_\theta$
	Жылудың қоршаған ортаға шығыны Q_n
	Концентрациялау жылуы $Q_{конц.}$

Сонда жылу балансының теңдеуі:

$$G_n I_n + DI_\Gamma = G_k I_k + wI + D_{ct} t_\theta + Q_n + Q_{конц.} \quad (5)$$

Мұнда D – Қыздыру буының шығыны

I, I_Γ, i_n, i_k - екіншілей будың, қыздыру буының, алғашқы және буландырылған ерітіндінің энтальпиялары, сәйкесінше. Мұнда $I = c \cdot t$.

Алғашқы ерітіндіні қайнау температурасындағы t_k буландырылған ерітінді және буланған су деп қарастырсақ:

$$G_n C_n t_k = G_k C_k t_k + w C_\theta t_k$$

Бұдан: $G_k C_k = G_n C_n - w C_\theta$

Мұны (5) теңдеуге қойсақ:

$$G_n C_n t_n + DI_\Gamma = G_n C_n t_k - w C_\theta t_k + wI + D_{ct} t_\theta + Q_{конц.} + Q_n \quad (6)$$

(6) теңдеуден буландыру аппаратының жылулық жүктемесін Q анықтаймыз:

$$Q = D (I_\Gamma - Ct_\theta) = G_n C_n (t_k - t_n) + w (I - Ct_k) + Q_{конц.} + Q_n \quad (7)$$

(7) қыздыру буының шығынын анықтаймыз:

$$D = \frac{G_n C_n (t_k - t_n) + w (-Ct_\theta) + Q_{конц.} + Q_n}{I_\Gamma - Ct_\theta = r} \quad (8)$$

Мұнда r – екіншілей будың конденсациялану жылуы.

Концентрациялау жылуы $Q_{конц.}$ ерітіндінің концентрациялану кезіндегі жылу эффектісін көрсетеді. Ол алғашқы және концентрленген ерітінділердің интегралды еру жылуларының айрмасын кері таңбамен алғанға тең. Үздіксіз жұмыс істейтін буландыру аппаратының жылыту бетін жылуалмасудың негізгі теңдеуінен анықтайды:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{пол.}}$$

Мұнда Q – аппараттың жылулық жүктемесі; K – жылуалмасу коэффициенті; $\Delta t_{пол.}$ – пайдалы температура айырмашылығы.

$\Delta t_{пол.}$ қыздыру буының конденсациялану температурасы T мен буландырылатын ерітіндінің қайнау температурасының t_k айырмашылығына тең:

$$\Delta t_{пол.} = T - t_k \quad (9)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 43 беті

Температуралық шығындар және ерітінділердің қайнау температурасы. Буландыру аппаратында температуралық шығындар туындайды, олар температуралық депрессиядан Δ' , гидростатикалық депрессиядан Δ'' және гидравликалық депрессиядан Δ''' тұрады.

Температуралық депрессия Δ' бірдей қысымдағы ерітіндінің қайнау температурасы мен таза еріткіштің қайнау температурасының айырмашылығына тең.

$$\text{Бабо ережесі бойынша } \frac{P_2}{P_1} = K = \text{const} \quad (10)$$

P_1, P_2 – ерітінді және еріткіш буларының қысымдары, сәйкесінше.

$$\Delta' = t_2' - t_1' \quad (11)$$

t_1' – P_1 кезіндегі ерітінді температурасы

t_2' – P_2 кезіндегі еріткіш температурасы

Δ' шамасын И.А. Тищенко теңдеуінің көмегімен кез келген қысымда анықтауға болады:

$$\Delta' = \frac{T^2}{1,62 \cdot 10^6} \Delta'_{\text{атм.}} \quad (12)$$

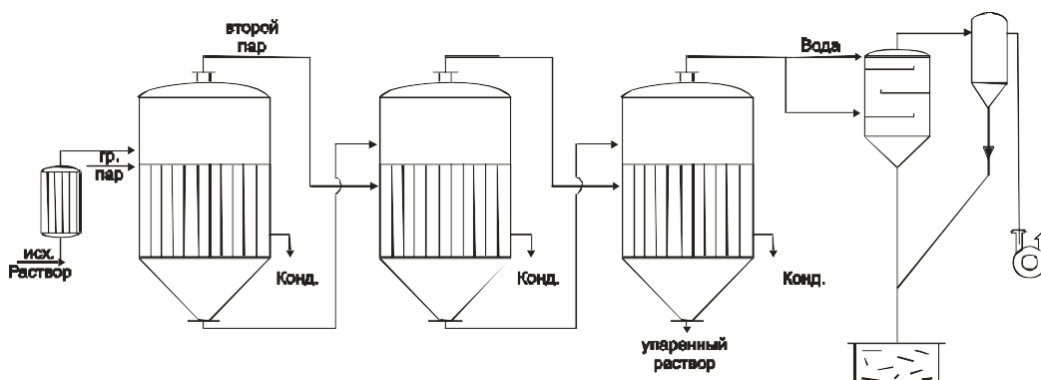
$\Delta'_{\text{атм.}}$ – атмосфералық қысымдағы температуралық депрессия;

T, r – берілген қысымдағы еріткіштің қайнау температурасы және булану жылуы.

Δ'' депрессиясы қайнау құбырлары белгілі биіктікке дейін сұйықпен толтырылғаны әсерінен туындайды. Құбырдың жоғарғы жиегіне қарай будың мөлшері көбееді. Құбырдағы сұйық бағанасының гидростатикалық қысымы әсерінен сұйықтың төменгі қабатының қайнау температурасы $t_{\text{кун}}$ жоғарғы қабаттардыкінен жоғары болады. Аталған гидростатикалық эффекті әсерінен $t_{\text{кун}}$ өсуін гидростатикалық депрессия деп атайды.

Гидравликалық депрессия екіншілей бу сеперциялық құрылғыны айнала аққанда және бұқұбырларда қозғалғанда пайда болатын гидравликалық кедергілер салдарынан туындайды. Осының салдарынан екіншілей будың қысымы төмендейді, сәйкесінше, оның қанығу температурасы да төмендейді. Δ''' жобалап 1°C тең деп қабылдауға болады..

Көпкорпусты буландыру қондырғылары



13.2 сурет. Көпкорпусты бірбағытты вакуум - буландыру қондырғысы

Алдын ала $t_{\text{кун}}$ дейін қыздырылған алғашқы ерітінді бірінші корпусқа беріледі. Бірінші корпус біріншілей қыздыру буымен қыздырылады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 44 беті

Осы корпустан шыққан екіншілей бу екінші корпуста қыздыру буы ретінде бағытталады. Екінші корпуста қысым төмен болғандықтан, ерітінді бірінші корпуста қарағанда төмен температурада қайнайды. Қысым төмен болғандықтан бірінші корпуста буландырылған ерітінді өздігінен екінші корпуста қарай ағады. Мұнда ол екінші корпустағы қайнау температурасына дейін суытылады. Сәйкесінше екінші корпуста буландырылған ерітінді үшінші корпуста өздігінен ағады.

Соңғы корпустан екіншілей бу барометрлік конденсаторға жіберіледі. Мұнда буды конденсациялау кезінде керекті вакуум түзіледі.

Материалдық баланс

Біркорпусты буландыру аппаратының материалдық балансына сәйкес көпкорпусты буландыру қондырғысының материалдық балансын түзуге болады. Барлық корпустарда буланған судың жалпы мөлшері:

$$W = G_H \left(1 - \frac{X_H}{X_K} \right) \quad (14)$$

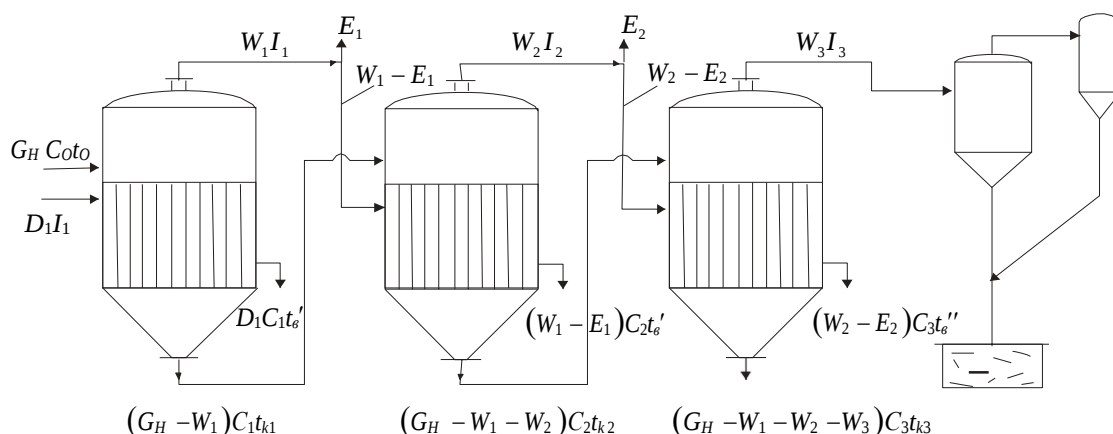
Біркорпусты аппараттың теңдеулері негізінде әр корпустан шыққан ерітіндінің концентрацияларын анықтауға болады:

$$X_1 = \frac{G_H X_H}{G_H - W_1} \quad (15)$$

$$X_2 = \frac{G_H X_H}{G_H - W_1 - W_2} \quad (16)$$

$$X_3 = \frac{G_H X_H}{G_H - W_1 - W_2 - W_3} \quad (17)$$

Жылулық баланс



D_1 – қыздыру буының шығыны, кг/с

I_G – қыздыру буының энтальпиясы, кДж/кг

E_1, E_2, E_3 – экстра-бу шығыны, сәйкесінше, 1, 2, және 3 корпустардан кейін, кг/с.

Бірінші корпустан екінші корпуста екіншілей будың шығыны $(W_1 - E_1)$ кг/с және екіншіден үшінші корпуста $(W_2 - E_2)$ кг/с.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 45 беті

W_1, W_2 - бірінші және екінші корпустардағы буланған су мөлшерлері, сәйкесінше.

Жылу баланстарының теңдеулері.

I - корпус

$$Q_1 = D_1(I_{\Gamma} - C_1 t_{\delta}') = G_n C_0 (t_{k1} - t_0) + W_1 (I_1 - C_1 t_{k1}) + Q_{конц} + Q_n \quad (18)$$

II – корпус

$$Q_2 = (W_1 - E_1)(I_2 - C_2 t_{\delta}') = (G_n - W_1) C_2 (t_{k2} - t_{k1}) + W_2 (I_2 - C_2 t_{k2}) + Q_{конц} + Q_n \quad (19)$$

III – корпус

$$Q_3 = (W_2 - E_2)(I_3 - C_3 t_{\delta}'') = (G_n - W_1 - W_2) C_3 (t_{k3} - t_{k2}) + W_3 (I_3 - C_3 t_{k3}) + Q_{конц} + Q_n \quad (20)$$

Жалпы пайдалы температура айырмашылығы және оның корпустар бойынша таралуы

Көпкорпусты қондырғының жалпы пайдалы температура айырмашылығы $\Delta t_{общ}$ қыздыру буының температурасы T_1 мен соңғы корпустан конденсаторға баратын екіншілей будың температурасының T_k' айырмасына тең

$$\Delta t_{общ} = T_1 - T_k' \quad (21)$$

$\Delta t_{общ}$ қондырғыда толық пайдаланылмайды, өйткені температуралық шығындар (депрессиялар) бар. Сонда көпкорпусты буландыру қондырғысында $\Delta t_{пол}$ қыздыру буының температурасы T_1 мен соңғы корпустан конденсаторға баратын екіншілей будың температурасының T_k' айырмасынан барлық корпустардағы температуралық шығындарды (депрессияларды) $\sum \Delta$ алып тастағанға тең болады

$$\sum \Delta t_{пол} = T_1 - T_n' - \sum \Delta \quad (22)$$

Көпкорпусты буландыру қондырғысын есептеудің үлгі тәсімі

1. Буланатын судың жалпы мөлшерін W есептейді және оны корпустарға бөледі.
2. Құрғақ заттар бойынша материалдық баланстан корпустардағы ерітінділердің концентрацияларын анықтайды..
3. Қысымның жалпы төмендеуін анықтайды $\Delta P_{кор} = \Delta P / n$, n – корпустар саны.
4. Корпустардағы екіншілей будың қысымдарын анықтайды
 I – корпус $P_{вм1} = P_1 - \Delta P_{кор}$
 II – корпус $P_{вм2} = P_2 - \Delta P_{кор}$
 n – корпус $P_n = P_{кон}$
5. Температуралық шығындардың шамаларын табады.
6. Жалпы температура айырмашылығын есептейді.
7. Жалпы пайдалы температура айырмашылығын анықтайды $\sum \Delta t_{пол}$ және оны корпустарға таратады.
8. Корпустар бойынша қыздыру буының, екіншілей будың және ерітіндінің қайнау температураларын анықтайды.
9. Қыздыру буының шығынын анықтайды.
10. Корпустар бойынша жылулық жүктемелерді $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ анықтайды және жылуалмасу коэффициенттерін $K_1, K_2, \dots, K_n$ есептейді.
11. Жылуалмасудың жалпы теңдеуі бойынша корпустардың қыздыру беттерін $F_1, F_2, \dots, F_n$ табады.

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

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 46 беті

7.5. ӘДЕБИЕТ:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
6. Таубман Е.И. Выпаривание.- М.: Химия, 1982.- 328 с.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.

7.6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

- 1) Буландыру процесіне анықтама беріңіз.
- 2) Буландыру кезіндегі қыздыру буының шығынын қалай анықтайды?
- 3) Пайдалы температура айырмашылығын және жалпы температура айырмашылығын түсіндіріңіз.
- 4) Бір – және көпкорпусты қондырғыларға техникалық – экономикалық баға беріңіз.

8.1. ТАҚЫРЫБЫ 8: Массалмасу процестері.

8.2. МАҚСАТЫ: Студенттерді массалмасу процестерінің теориялық негіздерімен таныстыру.

8.3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Массалмасу процестерінің жалпы сипаттамасы. Массалмасу кезіндегі теңдік. Теңдік сызығының теңдеуі. Материалдық баланс. Жұмыс сызығының теңдеуі. Массалмасу жылдамдығы. Массалмасу процестерінің қозғаушы күші.
2. Массаберу теңдеуі. Массаберу коэффициенті.
3. Массалмасу. Массалмасудың негізгі теңдеуі. Массаберу және массалмасу коэффициенттерінің өзара тәуелділігі. Массалмасудың орташа қозғаушы күші. Массалмасу аппараттарының негізгі өлшемдерін анықтау.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Массаның /заттың/ бір фазадан екінші фазаға өтуімен сипатталатын процесті массалмасу деп атайды. Фазалар сұйық, қатты, газ және бу күйлерінде болуы мүмкін. Өндірісте төмендегі масса алмасу процестері жиі қолданылады:

1. Абсорбция – газды сұйықпен жұту, б.а. заттың газ фазадан сұйық фазаға өтуімен сипатталатын бөлу процесі. Сұйықтың газдан бөліну процесін, абсорбция процесіне қарсы, десорбция деп атайды.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 47 беті

2. Экстракция – сұйықта еріген затты басқа сұйықпен шығарып алу. Бұл кезде шығарылатын құрамдас бір сұйық фазадан екінші сұйық фазаға өтеді.

3. Айдау – гомогенді сұйық қоспаны бір рет буландыру және түзілген буды конденсациялау арқылы бөлу.

4. Ректификация – гомогенді сұйық қоспаны сұйық және бу фазалар арасында құрамдастарымен көп рет алмастыру арқылы бөлу.

5. Адсорбция – газдың немесе ерітіндінің құрамдасын қатты кеуек сіңіргішпен жұту, б.а. заттың газ фазадан қатты фазаға өтуімен сипатталатын бөлу процесі.

6. Кептіру – ылғалды қатты материалдан буландыру арқылы аластау процесі. Бұл процесте ылғал қатты фазадан газ немесе бу фазаға өтеді.

7. Кристаллизация – қатты фазаны кристалл түрінде ерітіндіден немесе балқымадан бөліп алу. Кристаллизация процесі заттың сұйық фазадан қатты фазаға өтуімен сипатталады.

8. Ионалмастыру процестері – кейбір қатты заттардың өздерінің қозғалғыш иондарын электролит ерітінділерінің иондарымен алмастыра алу қабілеттіліктеріне негізделген.

Массаалмасу кезіндегі теңдік. Массаалмасу процестеріндегі теңдікті білу бұл процестердің өту шектерін анықтауға мүмкіндік береді. Теңдік негізінде **фазалар ережесі** жатыр:

$$\Phi + C = K + 2$$

Мұнда Φ – фазалар саны; C – еркіндік дәрежелерінің саны, б.а. тәуелсіз айнымалылар саны; K – жүйе құрамдастарының саны.

Егер жүйе екі фазалардан ($\Phi = 2$) және үш құрамдастардан ($K = 3$) құралса, фазалар ережесіне сәйкес, еркіндік дәрежелерінің саны:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3$$

Егер жүйе екі фазалардан ($\Phi = 2$) және екі құрамдастардан ($\hat{E} = 2$) құралса, жүйенің тек екі еркіндік дәрежелері бар:

$$C = 2 + 2 - 2 = 2$$

Тәуелсіз айнымалылардың өзара тәуелділігі, әдетте, фазалық диаграммаларда бейнеленеді.

Фазалар құрамын өрнектеу әдістері

1. Көлемдік концентрацияда. Көлемдік концентрация фазаның көлем бірлігіндегі құрамдастың килограмдарының немесе киломолдерінің санын көрсетеді ($кг / м^3$ немесе $кмоль / м^3$).
2. Массалық немесе молдік еншілерімен. Массалық немесе молдік енші берілген құрамдастың килограмдар (немесе киломолдер) санының фазаның килограммен (немесе киломолмен) өлшенген барлық мөлшеріне қатынасын көрсетеді.
3. Салыстырмалы концентрацияда. Салыстырмалы концентрация таралған зат болып есептелетін құрамдас килограмдарының (немесе киломолдерінің) санының тасымалдағыш құрамдастың килограмдар (немесе киломолдер) санына қатынасын көрсетеді.

Фазалық теңдік. Теңдік сызығы.

Массаалмасу процесіне мысал ретінде ауа мен аммиактан тұратын қоспадан аммиакты таза сумен жұту процесін қарастырамыз. Бұл кезде теңдік жоқ

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 48 беті

болғандықтан аммиак газ фазадан Φ_y , концентрациясы y , сұйық фазаға Φ_x , бастапқы концентрациясы $x = 0$, өте бастайды. Аммиак суда ери бастағаннан, оның молекуларының кері бағытта(сұйықта ауаға) өтуі де басталады. Уақыт өткен сайын аммиактың суға өтуі азаяды, ал судан ауаға өтуі артады. Мұндай массаның екі жақты өтулері екі бағыттардағы жылдамдықтар теңскенше жүреді. Жылдамдықтар теңескенде динамикалық теңдік орнайды, бұл кезде зат бір фазадан екінші фазаға өтпейді.

Таралатын заттың фазалар концентрацияларының теңдік кезіндегі өзара байланыстары мына тәуелділікпен өрнектеледі:

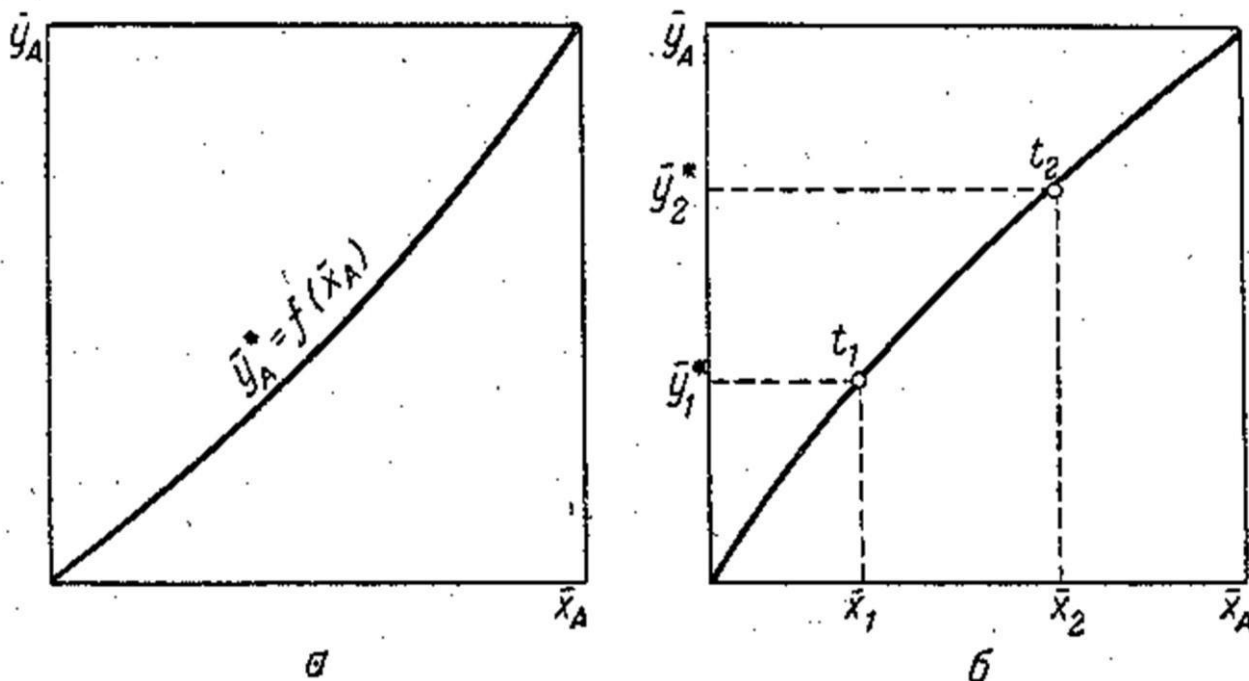
$$\bar{y}^* = f(\bar{x}) \quad (1)$$

немесе $\bar{x}^* = f(\bar{y}) \quad (2)$

Теңдік кезіндегі фазалар концентрацияларының қатынасын таралу коэффициенті деп атайды:

$$m = \frac{\bar{y}^*}{\bar{x}} \quad (3)$$

Фазалар концентрацияларының теңдік кезіндегі өзара байланыстарын теңдік сызығы графиктерімен бейнелеуге болады:



14.1 сурет. Теңдік диаграммалары:

а – $p = \text{const}$ және $t = \text{const}$ кезінде; б – $p = \text{const}$ кезінде.

Теңдік сызығы білу массаалмасудың бағытын және қозғаушы күшін анықтауға мүмкіндік береді. Осы мәліметтердің негізінде орташа қозғаушы күш есептеледі, және сол бойынша массаалмасу процесінің жылдамдығы есептеледі.

Материалдық теңгерілім. Жұмыстық сызығы

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 49 беті

Таралатын заттың фазалардағы жұмыстық концентрацияларының өзара тәуелділіктері $\bar{y} = f(\bar{x})$ сызығымен бейнеленеді. Бұл сызықты жұмыстық сызық деп атайды. Жұмыстық сызық теңдеуінен жалпы түрде материалдық баланс түзуге болады. Толық ығыстыру режимінде жұмыс істейтін массаалмасу аппаратының тәсімін қарастырамыз.

Аппараттың үстінен концентрациясы $\bar{x}_n$ болатын L_n кг/с сұйық фаза беріледі, ал аппараттың төменгі жағынан концентрациясы $\bar{x}_k$ болатын L_k кг/с сұйық фаза шығарылады. Аппараттың үстінен концентрациясы $\bar{y}_k$ болатын G_k кг/с газ фаза алып кетеді, ал аппараттың төменгі жағынан концентрациясы $\bar{y}_n$ болатын G_n кг/с газ фаза беріледі. Сонда материалдық баланс барлық зат бойынша:

$$G_n + L_n = G_k + L_k$$

және таралатын құрамдас бойынша

$$G_n \bar{y}_n + L_n \bar{x}_n = G_k \bar{y}_k + L_k \bar{x}_k$$

Аппараттың төменгі жағынан кез келген қимасына дейін барлық зат бойынша материалдық баланс

$$G_n + L = G + L_k$$

және таралатын құрамдас бойынша:

$$G_n \bar{y}_n + L \bar{x} = G \bar{y} + L_k \bar{x}_k$$

Соңғы екі теңдеулерді $\bar{y}$ бойынша шешсек:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G_n \bar{y}_n - L_k \bar{x}_k}{G} \quad (4)$$

(4) теңдеуді жұмыстық сызық теңдеуі деп атайды. Ол аппараттың кез келген қимасындағы таралатын құрамдастың фазалардағы жұмыстық концентрацияларының өзара тәуелділігін өрнектейді.

Егер фазалардағы концентрациялар аппарат биіктігі бойынша аз өзгертін болса, онда фазалардың шығындарын тұрақты деп қабылдауға болады, б.а. $L = const$, $G = const$.

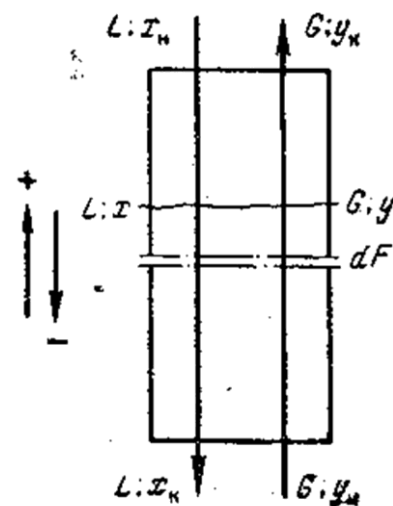
Бұл кезде $L_k = L$, $G_n = G$ және (4) теңдеу мына түрге келеді:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + (\bar{y}_n - \frac{L}{G} \bar{x}_k) \quad (5)$$

Қосымша белгілеулер енгіземіз $\frac{L}{G} = A$ и $\bar{y}_n - \frac{L}{G} \bar{x}_k = B$, сонда:

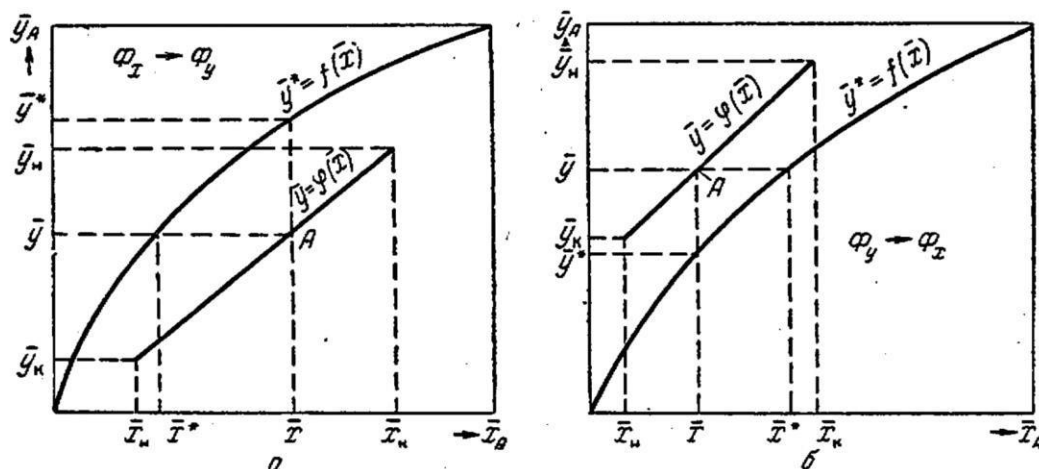
$$\bar{y} = A \bar{x} + B \quad (6)$$

(5), (6) теңдеулер жұмыстық сызықтардың теңдеулері. Олар массаалмасу процестерін есептегенде қолданылады.



ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 50 беті

Массаалмасу бағыты Массаалмасу бағытын теңдік және жұмыстық сызықтардың көмегімен анықтауға болады. Массаалмасу жұмыстық концентрациялары $\bar{X}$ и $\bar{Y}$ болатын Φ_x и Φ_y фазалардың арасында жүреді деп есептелік (14.3 сурет).



14.3 сурет. у-х-диаграмма бойынша массаалмасу бағытын анықтау:

а – жұмыстық сызық теңдік сызықтан төмен; б – жұмыстық сызық теңдік сызықтан жоғары.

Егер жұмыстық сызық теңдік сызықтан төмен орналасса (а), онда жұмыстық сызықтың кез келген А нүктесінде концентрация $\bar{Y} < \bar{Y}^*$ және $\bar{X} < \bar{X}^*$, мұнда $\bar{X}^*$, $\bar{Y}^*$ - теңдік концентрациялар. Сондықтан таралатын зат Φ_x фазадан Φ_y фазаға өтеді. (мысалы, ректификация процесі. Мұнда жеңіл ұшатын компонент сұйық фазадан Φ_x бу фазаға Φ_y өтеді).

Егер жұмыстық сызық теңдік сызықтан жоғары орналасса (б), онда жұмыстық сызықтың кез келген А нүктесінде концентрация $\bar{Y} > \bar{Y}^*$ и $\bar{X} < \bar{X}^*$. Сондықтан таралатын зат Φ_y фазадан Φ_x фазаға өтеді. (мысалы, абсорбция процесі. Мұнда газ газ фазадан Φ_y сұйық фазаға Φ_x өтеді).

Массаалмасу жылдамдығы. Массаалмасу жылдамдығы таралатын заттың фазаларда тасымалдану байыбымен байланысты.

Фазаның ішінде зат тек молекулалық диффузия жолымен немесе конвекциялық және молекулалық диффузия жолдарымен қабаттаса тасымалдануы мүмкін.

Турбуленттік пульсациялар әсерімен заттың конвективті тасымалдануын турбулентті диффузия деп атайды.

Молекулалық диффузия жолымен таралатын зат молекулалардың ретсіз қозғалысы салдарынан тасымалданады. Молекулалық диффузия бірінші Фик заңымен сипатталады. Бұл заң бойынша dt уақытында dF алаңшасы арқылы диффузияланған таралатын заттың

dM мөлшері осы заттың концентрация градиентіне $\frac{dc}{dn}$ тура пропорционал:

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 51 беті

$$dM = -DdF d\tau \frac{dc}{dn} \quad (7)$$

Концентрация градиенті $\frac{dc}{dn}$ диффузияланатын заттың концентрациялары әртүрлі екі беттердің арасында нормаль бірлігі ұзындығында концентрацияның өзгеруіне тең.

Пропорционалдық коэффициенті D диффузия коэффициенті деп аталады. Минус таңбасы молекулалық диффузия таралатын заттың концентрациясы азаятын бағытта өтетінін көрсетеді.

$$[D] = \left[\frac{dn}{dcF\tau} \right] = \frac{\tilde{e}\tilde{a} \cdot \tilde{i}}{\tilde{e}\tilde{a} / \tilde{i}^2 \cdot \tilde{i}^2 \cdot \tilde{n}\tilde{a}\tilde{e}} = \frac{\tilde{i}^2}{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{e}}$$

Диффузия коэффициенті D уақыт бірлігінде аудан бірлігі арқылы концентрация градиенті бірге тең кезде диффузияланатын зат мөлшерін көрсетеді.

Массаберу тендеуі. Фазалардағы массаберу процесінің байыбы күрделі болғандықтан, массаберу жылдамдығы фазаның ядросындағы және шекарасындағы концентрациялардың айырмашылығына тең қозғаушы күшке тура пропорционал деп қабылданады.

$$\Phi_y \text{ фаза үшін } M = \beta_y F(y - y_{cp}) \quad (15)$$

$$\Phi_x \text{ фаза үшін } M = \beta_x F(\bar{x}_{cp} - \bar{x}) \quad (16)$$

$\bar{y} - \bar{y}_{ad}$ $\tilde{e}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}$ $\tilde{o}\tilde{a}\tilde{o} - \tilde{o} - \Phi_y$ және Φ_x фазалардағы массаберу процестерінің қозғаушы күштері; y, x – ядродағы орташа концентрациялар; y_{cp}, x_{cp} – шекарадағы концентрациялар.

Пропорционалдық коэффициенті β массаберу коэффициенті деп аталады. Ол уақыт бірлігінде аудан бірлігі арқылы қозғаушы күш бірге тең кезде фазалардың бөліну бетінен фаза ядросына (немесе кері бағытта) берілетін зат мөлшерін көрсетеді.

Массаберу коэффициенті β фазаның физикалық қасиетіне және ондағы гидродинамикалық жағдайларға тәуелді кинетикалық мінездеме.

Егер өлшем бірліктерді қабылдасақ $[M] = \tilde{e}\tilde{a}, [\tau] = c \text{ u } [c] = \tilde{e}\tilde{a} / \tilde{i}^3$, онда β өлшем бірлігі:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{F\tau(y - y_{cp})} \right] \cdot \left[\frac{K^2}{M^3} \right] = \left[\frac{M}{c} \right]$$

Массаалмасу тендеуі. Бір фазадан екінші фазаға уақыт бірлігінде тасымалданатын зат мөлшерін анықтайтын массаалмасудың негізгі тендеуін былай жазамыз:

$$M = K_y F(y - y^*) \quad (23)$$

$$F(x - x^*) M^* = K_x \quad (24)$$

K_y, K_x – массаалмасу коэффициенті. Ол уақыт бірлігінде аудан бірлігі арқылы қозғаушы күш бірге тең кезде тасымалданатын масса мөлшерін көрсетеді. Единица өлшем бірліктерімен бірдей.

измерения K_y, K_x өлшем бірліктері β_y, β_x

$$\left[\frac{1}{c} \right]$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 52 беті

Фазалардың концентрациялары олардың бөліну беті бойында қозғалуы кезінде өзгереді, сәйкесінше, массаалмасудың қозғаушы күші де өзгереді. Сондықтан массаалмасу теңдеуіне орташа қозғаушы күшті енгізеді:

$$M = K_y F \Delta y_{cp} \quad (25)$$

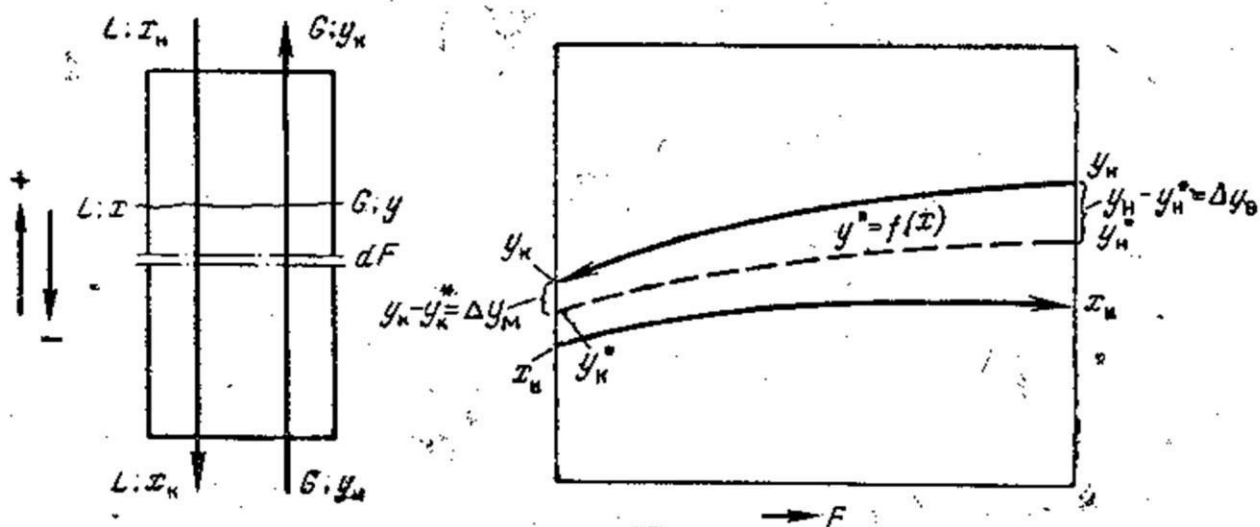
$$M = K_x F \Delta x_{cp} \quad (26)$$

(25), (26) теңдеулердің көмегімен фазалардың жанасу бетін F және аппараттың негізгі өлшемдерін анықтайды.

Массаалмасудың орташа қозғаушы күші

Орташа қозғаушы күштің өрнегі теңдік сызықтың қисықтығына немесе түзулігіне тәуелді.

Массаалмасу процесі қарсыбағытты мұнаралы аппаратта өтеді деп қабылдайық.



15.1 Массалмасудың орташа қозғаушы күшін анықтауға

Шарттар:

1. Теңдік сызығы қисық $y^* = f(x)$
2. Ағындар шығыны тұрақты ($G = const, L = const$)
3. Массаалмасу коэффициенті тұрақты ($K_x = const, K_y = const$)

Тасымалдау $\Phi_y \rightarrow \Phi_x$ деп қабылданған.

Таралатын заттың басқа фазаға өткен dM мөлшері:

$$dM = -G dy \quad (27)$$

Минус таңбасы Φ_y фазада концентрация азайып жатқанын көрсетеді.

Массаалмасудың негізгі теңдеуі бойынша:

$$dM = -G dy = K_y (y - y^*) dF \quad (28)$$

y және F айнымалыларды бөліп, өрнекті интегралдасак:

$$-\int_{y_n}^{y_k} \frac{dy}{y - y^*} = \int_{y_n}^{y_k} \frac{K_y}{G} dF$$

бұдан,

OÑTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 53 беті

$$y_n \quad dy = K_y F \quad (29)$$

$$- \int_{y_k} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{G}{M} (y_n - y_k)$$

Материалдық баланс теңдеуі бойынша

$$M = G(y_n - y_k)$$

Соңғы теңдеуден G мәнін (29) теңдеуге қойсақ

$$\int_{y_k} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y F}{M} (y_n - y_k) \quad \text{тогда,} \quad (30)$$

$$M = K_y F \cdot \frac{y_n - y_k}{\int_{y_k} \frac{dy}{y - y^*}}$$

(30) теңдеудегі соғы көбейткіш орташа қозғаушы күшті сипаттайды:

$$\Delta Y_{cp} = \frac{y_n - y_k}{\int_{y_k} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (31)$$

Теңдік сызығы түзу болса ($y^* = mx$) ΔY_{cp} жылуалмастыру аппаратына ұқсас теңдеумен анықталады:

$$\Delta Y_{cp} = \frac{(y_n - y_n^*) - (y_k - y_k^*)}{\ln \frac{y_n - y_k^*}{y_k - y_n^*}} = \frac{\Delta Y_{\bar{o}} - \Delta Y_{\bar{m}}}{2,3 \lg \frac{\Delta Y_{\bar{o}}}{\Delta Y_{\bar{m}}}} \quad (32)$$

Егер $\frac{\Delta Y_{\bar{o}}}{\Delta Y_{\bar{m}}} \leq 2$ болса ΔY_{cp} арифметикалық орта түрінде анықталады

$$\Delta Y_{cp} = \frac{\Delta Y_{\bar{o}} + \Delta Y_{\bar{m}}}{2} \quad (33)$$

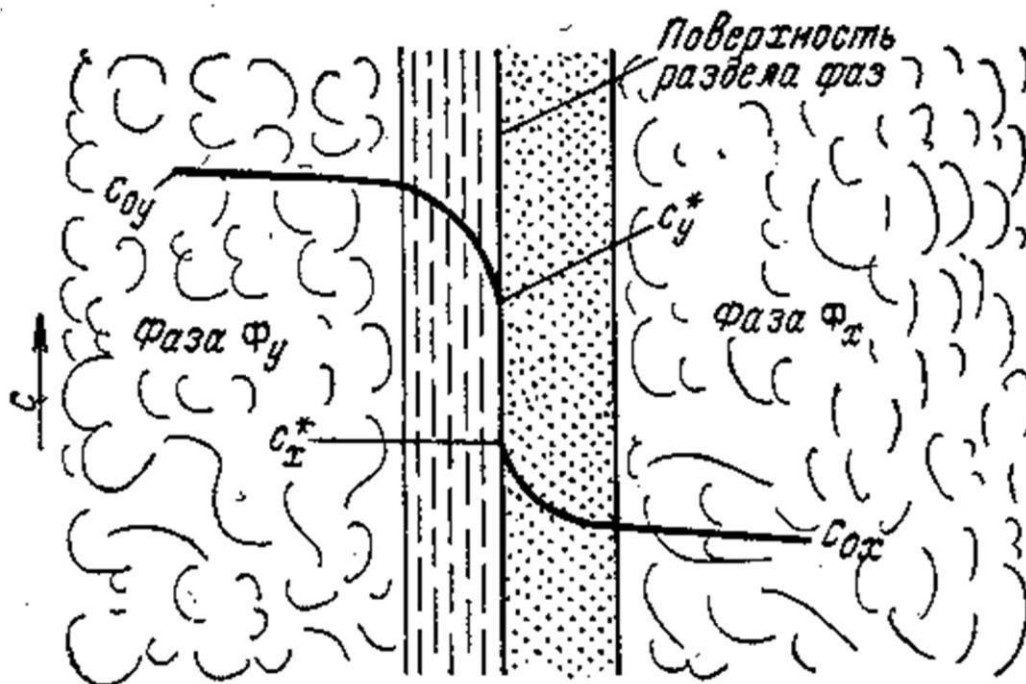
Φ_x фаза үшін:

$$\Delta X_{\bar{o}\bar{i}} = \frac{\Delta \tilde{O}_a + \Delta \tilde{O}_i}{2} \quad (34)$$

Массаалмасу процесінің байыбы

Массаберу процесі Φ_y фазаның ядросынан фазалардың бөліну бетіне қарай жүреді, сонан кейін массаберу процесі фазалардың бөліну бетінен Φ_x фазаның ядросына қарай жүреді. Нәтижесінде фазалардың бөліну беті арқылы массаалмасу процесі жүреді – зат бір фазадан екінші фазаға алмасады. Ағынның ядросында зат көбінесе турбулентті пульсациялармен тасымалданады. Шекаралық қабатта турбулентті пульсациялар біртіндеп өше бастайды.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 54 беті



15.4 сурет. Массаалмасу процесінде концентрациялардың фазаларда таралу тәсімі

Беттердің жанында тасымалдау едәуір тежеледі, себебі оның жылдамдығы молекулалық диффузиямен анықталады.

Массаалмасу процесінің қарқынын арттыру үшін шекаралық қабаттың қалыңдығын кішірейту керек, ағынның турбуленттік дәрежесін көтеру керек.

Массаалмасу аппаратының негізгі өлшемдерін анықтау

Аппарат диаметрі. Ағын шығыны теңдеуі бойынша:

$$V_{сек} = CS\omega_{\phi}$$

Мұнда $V_{сек}$ – фазаның көлемдік шығыны; S – аппараттың көлденең қимасының ауданы; ω – фазаның орташа жылдамдығы.

$$\text{Дөңгелек қима үшін } S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{Олай болса } V_{сек} = \frac{\pi D^2}{4} \omega_{\phi}$$

$$\text{Бұдан } D = \sqrt{\frac{4V_{сек}}{\pi\omega_{\phi}}}$$

Аппарат биіктігі. Фазалардың үздіксіз жанасуы кезінде аппарат биіктігін H көлемдік массаалмасу коэффициенті арқылы өрнектелген массаалмасу теңдеуі негізінде анықтауға болады.

Фазалардың жанасу беті

$$F = aV$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 55 беті

Мұнда V – аппараттың жұмысшы көлемі; a – фазалардың меншікті жанасу беті.
Массаалмасу тендеулері

$$M = K_y a V \Delta \dot{O}_{\text{нд}}$$

немесе

$$M = K_x a V \Delta X_{\text{ср}}$$

Аппараттың жұмысшы көлемі

$$V = SH$$

Мұнда S – аппараттың көлденең қимасының ауданы; H – аппараттың жұмысшы биіктігі.

V мәнін қойып, H бойынша шешсек:

$$H = \frac{M}{K_y a S \Delta \dot{O}_{\text{ср}}}$$

немесе

$$H = \frac{M}{K_x a S \Delta X_{\text{ср}}}$$

Осы тендеулермен аппараттың жұмысшы биіктігін есептеу үшін фазалардың меншікті жанасу бетін a және беттік массаалмасу коэффициенттерін K_y және K_x білу керек немесе олардың көбейтінділерін $K_v = K_y a$ және $K_v = K_x a$. K_v мәні фазалардың жанасу бетін анықтау мүмкін болмағанда керек.

8.4. ИЛЛЮСТРАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР: Видеороликтер «Ректификация», «Ректификациялық аппараттар».

8.5. ӘДЕБИЕТ:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. – М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000.

Қосымша:

- 1) Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. – Л.: Химия,.
- 2) Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. М.: Химия, 1986
- 3) Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
- 4) Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание – М.: Химия,
- 5) Кафаров В.В. Основы массопередачи – М.: Высшая школа, 1979
- 6) Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1966.-768 с

8.6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 56 беті

- 1) Массаалмасу процестерінің ортақ белгісі?
- 2) Массаалмасу процесінің қозғаушы күші.
- 3) Массаберу және массаалмасу коэффициенттерінің физикалық мағыналары.
- 4) Массаалмасу процесінің теңдік және жұмыстық сызықтары нені сипаттайды?
- 5) Заттың ағын ядросынан фазалардың бөліну бетіне тасымалдануы қайсы заңмен сипатталады?
- 6) Массаалмасу процестері қайсы бағытта өтеді?

9.1. ТАҚЫРЫБЫ 12: Айдау және ректификация.

9.2. МАҚСАТЫ: Студенттерді айдау және ректификация процестерінің теориялық негіздерімен.

9.3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

1. Айдау
2. Бинарлы қоспаның фазалық теңдігі.
3. Қарапайым айдаудың материалдық балансы

Дәрістің қысқаша мазмұны

Айдау және ректификация - гомогенді сұйық қоспаны сұйық және бу фазалар арасында құрамдастарымен бір немесе көп рет алмастыру арқылы бөлу. Олар құрамдастарының ұшқыштығы бір температурада әртүрлі болатынына негізделген.

Айдау және ректификациялау алғашқы сұйық қоспа дистиллятқа, жеңіл ұшатын құрамдасқа байыған, және кубтық қалдыққа, қиын ұшатын құрамдасқа байыған, бөлінеді.

Қарапайым айдау процесі деп гомогенді сұйық қоспаны бір рет буландыру және түзілген буды конденсациялау арқылы бөлуді айтамыз. Құрамдастарының ұшқыштығы әлдеқайда әртүрлі қоспаларды бөлуге қолданылады.

Бинарлы қоспаны айдағанда түзілетін бу құрамында жеңілұшатын немесе төменқайнайтын (ТҚ) құрамдастың концентрациясы алғашқы қоспа концентрациясынан жоғары болады. Буланбай қалған сұйық құрамында, сәйкесінше, қиынұшатын немесе жоғарықайнайтын (ЖҚ) құрамдас көп болады. Бұл сұйық қалдық деп аталады, ал буды конденсациялау арқылы алынған сұйықты дистиллят деп атайды.

Соңғы өнім құрамын әртүрлі етіп алуға арналған қарапайым айдауды фракциялық айдау деп атаймыз.

Бинарлы қоспаның фазалық теңдігі Егер қоспа екі құрамдастан тұрса ($K=2$) және олардың арасында химиялық әрекеттер жүрмесе, онда сұйық және бу фазалар бар кезде фазалар саны $\Phi=2$. Фазалар ережесіне сәйкес, бұл жүйенің еркіндік дәрежесі

$$C=K+2-\Phi=2+2-2=2$$

Сұйық – бу бинарлы қоспасын физикалық – химиялық сипаттау үшін фазалық диаграммаларды қолданған ыңғайлы.

Идеал қоспалар Рауль және Дальтон заңдарына бағынады. Рауль заңына сәйкес теңдік жағдайда әр құрамдастың үлес қысымы, мысалы ТҚ А құрамдастың үлес қысымы P_A^* , осы құрамдастың сұйық қоспадағы молдік еншісіне X_A тура пропорционал.

А және В құрамдастардан тұратын бинарлы қоспа үшін Рауль заңы бойынша:

$$P_A^* = P_A \cdot X_A$$

$$\text{және} \quad P_B^* = P_B \cdot X_B = P_B(1 - X_A) \quad (1)$$

P_A^* – теңдік жағдайдағы құрамдастың үлес қысымы; X_A - құрамдастың молдік еншісі;

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 57 беті

P_A – таза құрамдастың қаныққан буының қысымы.

Осымен бірге Дальтон заңы бойынша ерітінді будың жалпы қысымы оның құрамдастарының үлес қысымдарының қосындысына тең.

$$P = P_A^* + P_B^* = P_A X_A + P_B (1 - X_A)$$

Рауль және Дальтон заңдарын өрнектейтін теңдеулерден, $T = \text{const}$ кезінде құрамдастардың молдік еншісі, сонымен қатар будың сұйық үстіндегі жалпы қысымы, ТҚ А құрамдастың молдік еншісіне сызықтық тәуелділікте екенін көреміз. Және Дальтон заңына сәйкес ТҚ А құрамдастың үлес қысымы P_A^* оның будағы молдік еншісіне Y_A тура пропорционал:

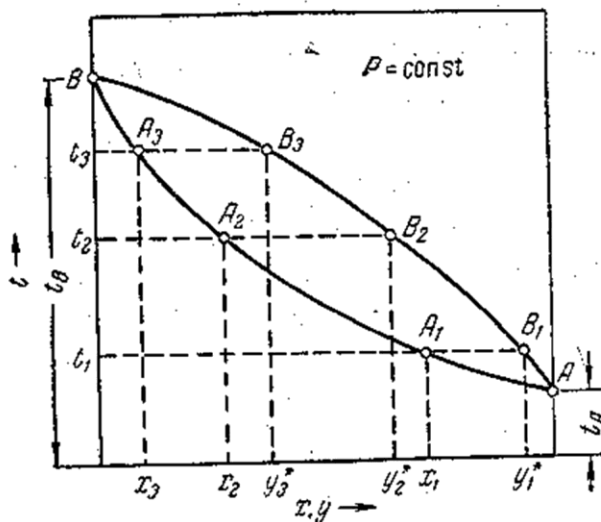
$$P_A^* = P Y_A$$

Рауль заңы бойынша $P_A^* = P_A X_A$ екенін ескере отырып, берілген сұйық құрамына X_A теңдік күйде болатын бу құрамына Y_A^* мына өрнекті табамыз:

$$Y_A^* = \frac{P_A}{P} X_A \quad (2)$$

t - x - y диаграмманы тұрғызу үшін $P = \text{const}$ кезіндегі абсцисса осінде құрамдары X_1, X_2, X_3 болатын сұйық қоспалардың t_1, t_2, t_3 қайнау температуралары ордината осіне белгіленеді..

$AA_1A_2A_3B$ – қайнау сызығы. Сонан соң абсцисса осіне Рауль заңы бойынша анықталған будың теңдік құрамдары Y_1^*, Y_2^*, Y_3^* салынады. Қиылысу нүктелерін t_1, t_2, t_3 – B_1, B_2, B_3 қосу арқылы $AB_1B_2B_3B$ – конденсациялану сызығын аламыз.



17.1 сурет. Қайнау және конденсациялану температураларының фазалар құрамына тәуелділігі (t – x – y диаграмма).

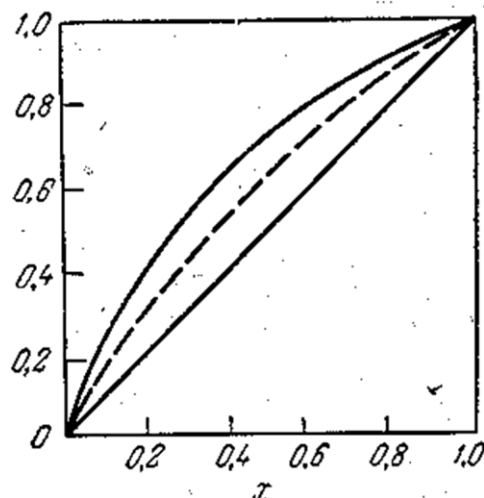
Фазалық $Y - X$ диаграммаға теңдік сызығы салынады. Айдау процесі, әдетте, сыртқы тұрақты қысымда $P = \text{const}$ жүргізіледі.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 58 беті

Идеал ерітінділердің теңдік сызығын $y^*=f(x)$ аналитикалық жолмен қорытуға болады. Ол үшін Рауль және Дальтон заңдарын пайдаланамыз. Рауль заңы бойынша (1) теңдеуден (2) теңдеуге қойып, және алымды және бөлімді P_B бөліп, табамыз.

$$y_A^* = \frac{\frac{P_A}{P_B}}{\frac{P_A}{P_B} X_A + 1 - X_A} = \frac{\alpha X_A}{1 + (\alpha - 1) X_A} \quad (3)$$

Мұнда $\alpha = \frac{P_A}{P_B}$ - салыстырмалы ұшқыштық.



17.2 сурет. Бу – сұйық теңдігі диаграммасы ($y-x$ диаграмма).

$t-x-y$ және $y-x$ диаграммалардағы қисықтардың өзара орналасуы Коноваловтың І заңымен анықталады: сұйыққа қосылғанда оның үстіндегі будың қысымын көтеретін немесе сұйықтың қайнау температурасын көтеретін құрамдаспен бу байиды.

Қарапайым айдаудың материалдық балансы. Кубта τ уақыты сәтінде концентрациясы X болатын L кг айдалатын қоспа бар. Сұйықтағы ТҚ құрамдастың мөлшері LX .

ТҚ құрамдас бойынша материалдық баланс:

$$LX = (L - dL)(x - dx) + dLy^*$$

Жақшаны ашып және $dLdx$ көбейтіндісін ескермей, айнымалыларды бөлген соң

$$\frac{dL}{L} = \frac{dx}{y^* - x}$$

Бұл дифференциалды теңдеу F - ден W -ға дейін және X_F - дан X_W - ға дейін интегралдануы керек

$$\int_W^F \frac{dL}{L} = \int_{X_W}^{X_F} \frac{dx}{y^* - x}$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 59 беті

Нәтижесінде:

$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y^* - x}$$

Вид функции $y^* = f(x)$ функциясының түрін теңдік сызығының түрі анықтайды. Ол аналитикалық жолмен табылуы мүмкін емес, сондықтан тендеудің оң жағын графикалық әдіспен интегралдайды

$$\frac{1}{y^* - x} = f(x)$$

Алынатын дистилляттың орташа құрамын ТҚ құрамдастың материалдық балансынан анықтайды:

$$F_{XF} = W_{XW} + (F - W)(X_P)_{cp}$$

$$(X_P)_{cp} = \frac{F_{XF} - W_{XW}}{F - W}$$

9.4. Иллюстрациялық материалдар: Видеороликтер «Ректификация», «Ректификационные аппараты». Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

9.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

- 1) Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
- 2) Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
- 3) Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
- 4) Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979
- 5) Рамм В.М. Абсорбция газов.- М.: Химия, 1966.-768 с

9.6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

- 1) Біртекті сұйық қоспаларды бөлу үшін қандай әдістер қолданылады?
- 2) Айдау және ректификация процестері сұйық қоспаның қандай қасиеттеріне негізделген?
- 3) Қарапайым айдау дегеніміз не?
- 4) Ректификация процесін түсіндіріңіз.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 60 беті

10.1. Тақырып: Сұйық-сұйық жүйесіндегі экстракция.

10.2. МАҚСАТЫ: Студенттерді «сұйық – сұйық» жүйесіндегі экстракция процесінің теориялық және практикалық негіздерімен таныстыру.

10.3. Дәріс тезистері:

1. Экстракция туралы негізгі мәліметтер.
2. «Сұйық – сұйық» жүйесіндегі экстракция әдістері.
3. Экстракциялық аппараттардың құрылысы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Экстракция – сұйықта еріген затты басқа сұйықпен шығарып алу. Бұл кезде шығарылатын құрамдас бір сұйық фазадан екінші сұйық фазаға өтеді. Экстрагентте шығарылатын құрамдас жақсы ериді және алғашқы қоспаның бақа құрамдастары аз ериді немесе тіптен ерімейді.

Фармацевтикалық технологияда экстракция процесін кеңінен қолданады.

Қатты фазадағы массаберу процесі сұйықтағы массаберуден әлдеқайда бөлек болады, сондықтан «сұйық – сұйық» жүйедегі экстракция «сұйық – қатты дене» жүйесіндегі экстракциядан бөлек қарастырылуы керек.

«Сұйық – сұйық» жүйесіндегі экстракция өзара ерімейтін немесе бір бірінде аз еритін екі сұйық фазалардың арасындағы диффузиялық процесс.

Процестің жылдамдығын арттыру үшін алғашқы ерітіндіні және экстрагентті өзара көп рет жанастырады. Олардың әсерлесуі нәтижесінде экстракт, шығарылып алынатын құрамдастың экстрагенттегі ерітіндісі, рафинат, экстракцияланатын құрамдастың белгілі мөлшері шығарылған алғашқы ерітіндінің қалдығы, алынады. Алынған сұйық фазаларды (экстракт және рафинат) бір бірлерінен тұндыру, кейде центрифугалау немесе басқа механикалық әдіспен бөледі. Сонан кейін экстракттан мақсатты өнімді бөледі және экстрагентті рафинаттан регенерациялайды.

Экстракттан мақсатты өнім ректификациялау, немесе реэкстракция жолымен бөлінеді. Рафинатта еріген және онымен кететін экстракттың шығынын азайту үшін, экстрагентті ректификациялау немесе басқа еріткішпен экстракциялау арқылы бөледі, және экстрагентті қайта пайдалануға жібереді.

ХШ-1 суретте үздіксіз экстракциялау процесінің тәсімі көрсетілген. Экстракция процесі мұнаралы экстракторда өтеді, сонан кейін экстракттан мақсатты өнім ректификациялық мұнарада 2 бөледі, ал экстрагентті рафинаттан ректификациялық мұнарада 3 бөледі.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 61 беті

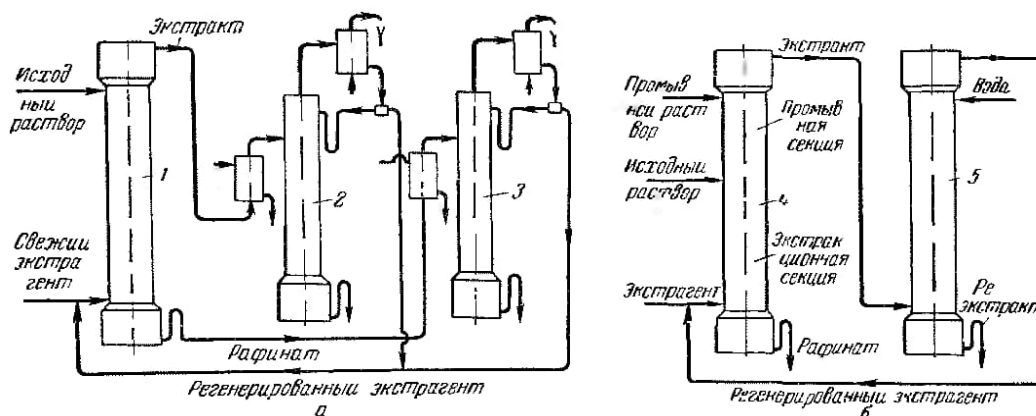


Рис XIII-1 Принципиальные схемы процесса экстракции в системах жидкость — жидкость*

а — непрерывная экстракция, *б* — экстракция солей металлов, 1 — колонный экстрактор 2 — ректификационная колонна для выделения извлекаемых веществ из экстракта 3 — ректификационная колонна для регенерации экстрагента из рафината 4 — колонный экстрактор 5 — колонна для реэкстракции

Фазалардың көлемінде немесе жанасу беттерінде химиялық реакциялардың өтуі салдарынан кейбір жағдайларда экстракция процесі күрделіленеді. Алғашқы ерітіндіні өте жақсы бөлу үшін экстракцияның арнайы әдістері қолданылуы мүмкін. Мысалы органикалық заттардан тұратын алғашқы ерітіндіні өзара ерімейтін екі экстрагенттердің көмегімен өңдеу тиімді екен, бұл кезде мақсатты құрамдас осы экстрагенттердің әрқайсысында да ериді.

Экстракция процесінің сұйық қоспаларды бөлуге арналған басқа процестерден (ректификацией, айдау, буландыру және т.б.) артықшылығы оның төмен жұмысшы температурасы.

Экстракция процесі бөлмелік температураларда жиі өткізіледі. Бұл кезде ерітіндіні буландыруға жылуды шығындаудың керегі болмайды. Сонымен қатар көптеген еріткіштерден мақсатты құрамдасты ең жақсы ерітетін, алғашқы қоспадан химиялық құрамы бөлек, бөлу процесін толық жүргізетін еріткішті таңдау мүмкіндігі бар. Сонымен бірге қосымша құрамдасты - экстрагентті қолдану оны регенерациялауды керек етеді, экстракция процесінің аппаратуралық безендірілуін күделілендіреді, бағасын жоғарылатады.

Ұшатын заттарды бөлгенде экстракция процесін пайдалану тек қана ректификация процесін өткізуге қиындықтар туындағанда тиімді болады. Мысалы, жақынқайнайтын құрамдастардан тұратын қоспаларды бөлу, азеотропиялық қоспаларды бөлу, аз концентрациялы зиян қоспаларды немесе бағалы қоспаларды бөлу және т.б. Аталған қиындықтарға мысал ретінде сірке қышқылын аз концентрациялы судағы ерітіндісінен бөлу үшін экстракцияны пайдалану тиімді, өйткені қайнау температураларының үлкен айырмашылықтарына қарамастан, судың көп мөлшерін буландыру көп шығынды талап етеді. Сондықтан сірке қышқылын оның аз концентрациялы судағы ерітіндісінен бөлу үшін этилацетатпен (немесе этилацетат пен бензолдың қоспасымен) экстракциялайды.

Жоғары температураға төзімсіз заттарды, мысалы антибиотиктерді, бөлу үшін тек қана экстракция қолданылады. Оларды ректификация және буландыру әдістерімен бөлсек, химиялық тұрғыдан ыдырап кетуі мүмкін, сәйкесінше керекті қасиеттерін жоғалтады.

Экстракциялау әдістері

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 62 беті

Бейорганикалық заттарды экстракциялағанда сұйық фазадан бір немесе бірнеше заттарды бір экстрагентпен бөліп алады.

Органикалық заттарды экстракциялағанда қолданылатын экстрагенттер санына байланысты экстракцияның мына түрлерін ажыратады:

- 1) кемінде үш құрамдастан тұратын жүйелерді бір экстрагентпен экстракциялау (алғашқы ерітіндінің екі бөлінетін құрамдастары және экстрагент);
- 2) кемінде төрт құрамдастан тұратын жүйелерді екі экстрагенттермен экстракциялау (фракциялық экстракция) (алғашқы ерітіндінің екі бөлінетін құрамдастары және бір бірінде ерімейтін екі экстрагенттер).

Бір экстрагентпен экстракциялау көп тараған.

Экстракциялық аппараттардың құрылысы

Сұйық фазалардың өзара жанасу түрлеріне байланысты экстрактор мына түрлерге бөлінеді: 1) сатылы, аппарат сатысынан сатысына өткенде фазалардың құрамы секіре өзгереді; 2) дифференциалды – жанастырылатын – фазалар құрамы үздіксіз өзгереді.

Фазалардың жанасу бетін ұлғайту үшін, сәйкесінше, массаалмасу жылдамдығын көбейту үшін бір сұйық (дисперсті фаза) екінші сұйықта (тұтас фаза) тамшы түрінде таралады. Бір фазаны екінші фазада шашыратуға және фазаларды араластыруға пайдаланылатын энергия көздеріне байланысты экстракторлар екіге бөлінеді 1) Бір фазаны екінші фазада шашыратуға ағындардың өздерінің энергияларын қолданатын; 2) әрекеттесетін сұйықтарға сырттан энергия беретін. Бұл энергия механикалық былғауыштардың, тербелмелі құрылғылардың, экстракцияны ортадан тепкіш күштер өрісінде өткізі жолымен және т.б. жолдармен берілуі мүмкін.

Экстракторларда сұйықтарды араластырғаннан кейін фазаларды бөлу (сепарациялау) керек болады. Сепарациялау үшін қолданылатын күш түріне байланысты мына экстракторларды ажыратады: ауырлық күші өрісінде фазаларды бөлетін экстракторлар; ортадан тепкіш күштер өрісінде фазаларды бөлетін экстракторлар; меншікті салмақтары айырмашылығы әсерінен фазалар бөлінетін экстракторлар.

Процесті ұйымдастыру әдістеріне байланысты мезгілді әрекетті және үздіксіз әрекетті экстракторларды ажыратады.

10.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

10.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 63 беті

2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
3. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
4. Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979

10.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Экстракция процесіне анықтама беріңіз.
- 2) Экстракция процесіне қандай құрамдастар қатысады?
- 3) Экстракция процесіндегі теңдікті қандай факторлар анықтайды?
- 4) Экстракция процесін қандай аппараттарда өткізеді?
- 5) Экстракция процесі массаалмасудың қандай заңдарына бағынады?

11.1. Тақырып: Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция.

11.2. Мақсаты: Студенттерді қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесінің теориялық негіздерімен таныстыру.

11.3. Дәріс тезистері:

1. Шаймалаудың статикасы және кинетикасы.
2. Шаймалауға арналған экстракциялық аппараттарды есептеу.
3. Шаймалауға арналған экстракциялық аппараттардың құрылысы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Шаймалау (экстракциялау) – талғамдылық қабілеті бар еріткіштің көмегімен қатты денеден бір немесе бірнеше заттарды бөліп алу.

Фармацевтикалық өндірісте тегі өсімдік немесе жануарлық капиллярлы – кеуекті денелерді ерітінділермен шаймалау арқылы өңдейді. Еріткіш ретінде қолданылатын сұйықтар: су – дәрілік шөптерді шаймалау үшін; спирт және оның судағы қоспасы – әртүрлі тұнбаларды алу үшін; бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан - май және эфир өндірісінде және т.б.

Шаймалау процесінен кейін технологиялық тәсімде, әдетте, сүзгілеу, буландыру және кристаллизациялау процестері жүргізіледі.

Шаймалаудың статикасы және кинетикасы. Шаймалау кезінде еріткіш қатты дененің кеуектеріне енеді және бөлінетін заттарды ерітеді. Шаймалау кезіндегі теңдік еріген заттың химиялық потенциалы және оның қатты материалдағы химиялық потенциалы теңескенде орнайды. Осы кездегі еріген заттың концентрациясын, ерітіндінің қанығуына сәйкес келеді, ерігіштік деп атайды.

Қатты дене бетінің жанында теңдік аз уақыт аралығында орнығады. Сондықтан массаалмасу процесін талдау кезінде қатты дене – еріткіш фазаларының бөліну беттерінде концентрация қаныққан ерітінді концентрациясына $u_{кан}$ тең деп қабылданады.

Шаймалау кинетикасының негізгі мәселесі, экстракцияланатын заттардың берілген бөліну дәрежесін қамтамасыз ететін, өзара әсерлесетін фазалардың жанасу ұзақтығын анықтау. Фазалардың жанасу ұзақтығы бойынша экстракциялық аппараттардың өлшемдері анықталады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 64 беті

Шаймалау кезіндегі массаалмасу жылдамдығына қатты дененің ішкі құрылысы үлкен ықпал жасайды: капиллярлардың өлшемдері және пішіні, бөлшектердің химиялық құрамы. Қатты дененің ішкі құрылысының күрделілігі капиллярлы – кеуекті дене ішіндегі массаалмасу процесін аналитикалық сипаттауды қиындатады.

Шаймалау (экстракциялау) көпсатылы күрделі процесс. Ол процесті шамалап төрт кезеңдерге бөлуге болады: 1) еріткіштің қатты дене кеуектеріне диффузиялануы; 2) бөлінетін затты немесе заттарды еріту; 3) қатты дене капиллярларында экстракцияланған заттардың фазалардың бөліну бетіне дейін диффузиялануы; 4) сұйық ерітіндідегі экстракцияланған заттардың фазалардың бөліну бетінен ағын ядросына массаалмасуы.

Жоғарыда аталған төрт кезеңдердің соңғы екеуі массаалмасудың жалпы жылдамдығын анықтайды, өйткені, әдетте, алғашқы екі кезеңдегі массатасымалдаудың жылдамдықтары соңғы екеуінің өту жылдамдықтарына қарағанда әлдеқайда жоғары.

Сонымен, массатасымалдаудың жалпы диффузиялық кедергісі қатты дене ішіндегі диффузиялық кедергіден және еріткіш ішіндегі кедергіден тұрады.

Капиллярлы - кеуекті дене ішіндегі заттың диффузиялану жылдамдығы массаөткізу тендеуімен сипатталады.

Капиллярлы - кеуекті дене ішіндегі заттың диффузиялану жылдамдығы массаөткізу тендеуімен сипатталады

$$dM = -D \frac{dc}{dn} dF d\tau$$

Мұнда D – массаөткізу коэффициенті (диффузия коэффициенті); c – қатты денедегі ерітілетін заттың концентрациясы.

Фазалардың бөліну бетінен экстрагент ағынының ядросына масса беру жылдамдығы массаберу тендеуімен сипатталады

$$dM = \beta_y (y_{ш} - y) dF d\tau$$

Мұнда β_y - массаберу коэффициенті; $y_{ш}$, y – қатты денемен экстрагент шекарасындағы және экстрагент ағыны ядросындағы еріген заттардың концентрациясы.

Массаөткізу және массаберу жылдамдықтарының қатынасын сипаттау үшін Био ұқсастық саны қолданылады

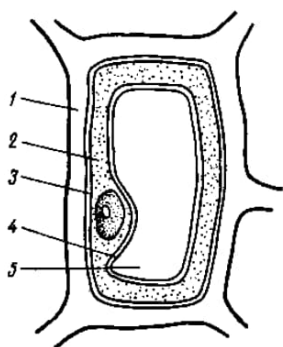
$$Bi_d = \frac{\beta l}{D}.$$

Қатты дене ішінде массаөткізу процесі жылдамдығының уақыт бойынша өзгеруін Фурье ұқсастық санымен сипаттайды

$$Fo_d = \frac{D\tau}{l^2}.$$

11.1 суретте өсімдік жасушасының құрылысы көрсетілген.

Масса тасымалдауға негізгі кедергіні жасуша протоплазмасы туындатады. Сондықтан шаймалау процесінің алдында шикізатты арнай өңдеуден өткізеді. Жасуша қабығы табиғатын жағалтқанда (денатурацияланғанда) жасушаның кедергісі кілт азаяды және, сәйкесінше, массаөткізу коэффициенті өседі.



1 – жасуша қабығы; 2 – протоплазма; 3,4 жартылайөткізгіш мембраналар; 5 – вакуоль.

11.1 сурет. Өсімдік жасушасы.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 65 беті

Массаөткізу коэффициенті қатты дененің ішкі құрылысына, экстрагенттің физикалық қасиеттеріне, экстракцияланатын заттың концентрациясына және процестің температурасына тәуелді. Массаөткізу коэффициентінің аталған факторларға тәуелділігі тәжірибе жүзінде анықталады.

Тәжірибе нәтижелерін қорытындылау жолымен массаберу коэффициентін есептеу үшін мына ұқсастық сандар теңдеуі ұсынылған

$$Nu_d = 0,8Re^{0.5}Pr^{0.33}.$$

Мұнда $Nu_d = \beta d/D$ - Нуссельт ұқсастық саны; d – қатты дененің диаметрі; $Re = wd\rho/\mu$ - Рейнольдс ұқсастық саны; w – экстрагент жылдамдығы; μ – экстрагенттің динамикалық тұтқырлығы; $Pr = \nu/D$ - Прандтль ұқсастық саны; ν - экстрагенттің кинематикалық тұтқырлығы.

Ұқсастық сандар теңдеуінен шаймалау процесінің қарқынын арттыру үшін тиімді гидродинамикалық жағдай жасау керектігін көреміз. Мысалы, жалған сұйылу қабатты, вибрациялық және пульсациялық экстракциялық аппараттарда, сонымен қатар қатты материалды майдалағанда. Қатты материалды майдалағанда массаалмасу беті ұлғаяды, экстракцияланатын заттың капиллярлар тереңдігінен материал бетіне дейінгі жолы қысқарады. Массаөткізу коэффициенті температура көтерілгенде өсетін болғандықтан, шаймалау процесін экстрагенттің қайнау температурасына жақын температурада жүргізеді. Бұл кезде қаныққан ерітіндінің концентрациясы да өседі, ол шаймалау және еріту процестерінің қозғаушы күштерінің өсуіне соқтырады.

Массаөткізу жылдамдығын арттыру үшін фармацевтикалық өнімді жасушаның кедергісін азайтуға бағытталған өңдеулерден өткізеді.

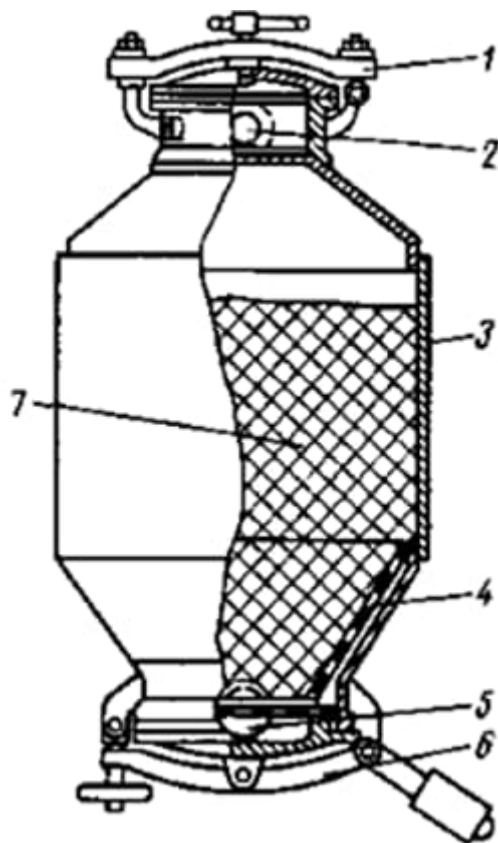
Шаймалауға арналған экстракциялық аппараттардың құрылысы.

Химия-фармацевтикалық өндірісте ерітуді және шаймалауды мезгілді және үздіксіз әдістермен жүргізеді, сәйкесінше, аталған процестерді конструкциялары әртүрлі перколяторларда және диффузиялық аппараттарда өткізеді.

Перколятор конусты түбі және қақпағы бар тік цилиндрлі аппарат түрінде болады (1 сурет). Перколятор түбіне торлама орнастырылады, оған жоғарғы қақпақ арқылы майдаланған қатты материал жүктеледі. Шаймалаудан кейін төменгі ашылатын люк арқылы материал шығарылып тасталады.

Перколяторлар тізбектеліп, батарея болып, жинақталады. Батареяда перколяторлар саны 4 – тен 15 ке жетеді. Еріткіш төменнен жоғары қарай барлық перколяторлар арқылы сорғымен айдалады. Батарея қарсыбағытты принцип бойынша жұмыс істейді. Кез келген уақытта шаймалау дәрежесіне жеткен перколятор ажыратылып, ондағы жұмыс істеп болған материал шығарылады және балғын материал жүктеледі. Материал перколятордан өз салмағымен түседі. Батарея бүтіндей үздіксіз жұмыс істей береді.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 66 беті



1 сурет. Перколятор.

1-қақпақ; 2,5-еріткішке арналған штуцерлер; 3-корпус; 4-торлама; 6 –ашылатын люк; 7-қатты материал.

Жалғансұйылу қабаты бар аппараттар шаймалаудың және ерітудің қарқындылығын артырады.

Бұл аппараттар мұнаратүрінде жасалады. Оның төменгі жағына таратушы торлама орналастырылады. Осы торламаға майдаланған қатты материал жүктеледі, ал еріткіш торлама астынан жоғары қарай беріледі. Еріткіш жылдамдығы әсерінен қатты материал жалғансұйылу күйіне түседі. Бұл аппараттарды бұрын қарастырғанбыз.

Үздіксіз әрекетті диффузиялық аппараттар қант өндірісінде қызылша жоңқаларынан қантты бөліп алу үшін кеңінен қолданады. 2 суретте екішнекті көлбеу диффузиялық аппарат көрсетілген. Аппараттың горизонтқа көлбеулігі 8...11 Аппарат ішінде екі шнек арқылы қызылша жоңқасы қозғалады, сонымен қатар бірқатар қосымша құрылғылары бар.

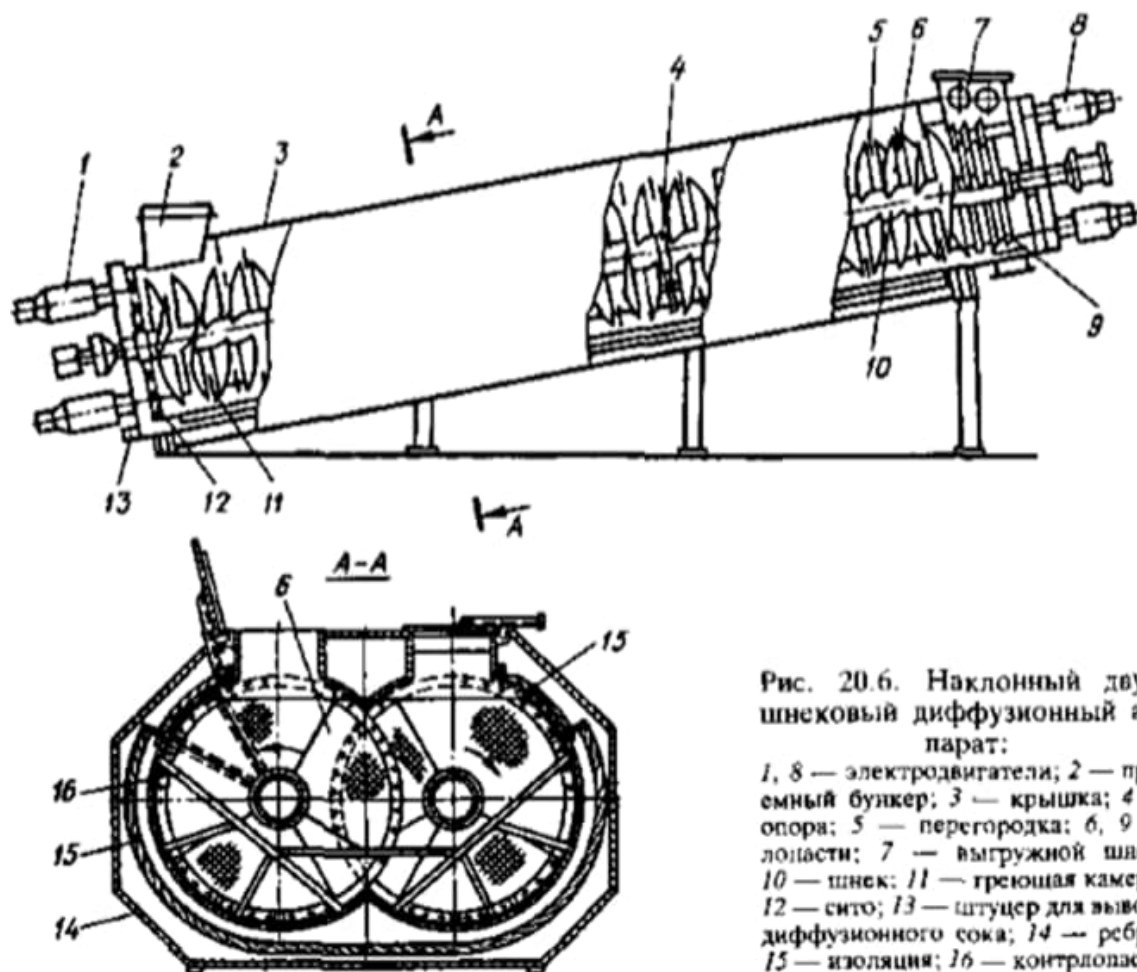


Рис. 20.6. Наклонный двух-
шнековый диффузионный ап-
парат:

1, 8 — электродвигатели; 2 — при-
емный бункер; 3 — крышка; 4 —
опора; 5 — перегородка; 6, 9 —
лопасти; 7 — выгрузный шнек;
10 — шнек; 11 — греющая камера;
12 — сито; 13 — штуцер для вывода
диффузионного сока; 14 — ребро;
15 — изоляция; 16 — контрольная

11.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

11.5. Әдебиет:

Негізгі:

6. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. — Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 — 560 с.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. — М.: Химия, 1973
8. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. — М.: КолосС, 2008. — 760 с.
9. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
10. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. — М.: Колос, 2000.

Қосымша:

5. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. — Л.: Химия,.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 68 беті

6. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.
7. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
8. Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979

10.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесіне анықтама беріңіз.
- 2) Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесіне қандай құрамдастар қатысады?
- 3) Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесіндегі теңдікті қандай факторлар анықтайды?
- 4) Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесін қандай аппараттарда өткізеді?
- 5) Қатты дене - сұйық жүйесіндегі экстракция процесі массаалмасудың қандай заңдарына бағынады?

12.1. Тақырып: Адсорбция.

11.2. Мақсаты: Студенттерді қатты дене - сұйық жүйесіндегі адсорбция процесінің теориялық негіздерімен таныстыру.

11.3. Дәріс тезистері:

1. Адсорбция туралы жалпы түсінік.
2. Адсорбцияның материалдық балансы.
3. Адсорбция процесін өткізуге арналған аппараттар.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Газдан, бу көпшаларынан немесе ерітіндіден қатты заттың көмегімен бір немесе бірнеше құрамдастарын жұту процесін **адсорбция** деп атайды. Қандай да бір құрамдасты жұтып алатын қатты затты **адсорбент** деп атайды. Ал жұтылатын затты **адсорбтив** деп атайды. Адсорбция кезіндегі жұту қатты заттың сыртқы беті арқылы өтеді. Адсорбцияның екі түрін ажыратады: физикалық және химиялық (хемосорбция). Физикалық адсорбция кезінде жұту процесі адсорбентпен адсорбтивтің молекулалары арасындағы тартылу күштері әсерінен жүреді, ешқандай химиялық өзара әсерлесу болмайды. Хемосорбция кезінде адсорбентпен адсорбтив арасында химиялық реакция жүреді. Физикалық адсорбция қайтымды, ал хемосорбция барлық уақытта қайтымды бола бермейді.

Су буын адсорбциялағанда адсорбент бетіне ол конденсациялануы мүмкін. Конденсат адсорбент кеуектерін толтырады, сондықтан бұл адсорбцияны капиллярлық конденсация деп жиі атайды. Бұл процесті әртүрлі өндіріс салаларында газдарды тазалағанда, құрғатқанда және ерітінділерді тазалағанда, газдар мен сұйықтарды бөлгенде кеңінен қолданады. Фармацевтикалық өндірісте адсорбцияны тегі әртүрлі шырындарды және тұндырмаларды тазалағанда қолданады.

Адсорбенттер және адсорбциялық қабілеттіліктері.

Адсорбция процесі қарқынды жүруі үшін адсорбент ретінде капиллярлармен немесе кеуектермен тесілген, үлкен меншікті ауданы бар қатты заттар қолданылады. Жұтылатын

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 69 беті

газдар, булар, сұйықтар осы капиллярлардың және кеуектердің беттерінде қабықша түзеді.

Адсорбенттер жұту, немесе адсорбциялық, қабілеттіліктерімен сипатталады. Ол адсорбенттің масса немесе көлем бірлігіндегі адсорбтивтің концентрациясымен анықталады. Берілген затқа адсорбциялық қабілеттілік процесс өтетін температураға және қысымға тәуелді, сонымен қатар адсорбтивтің концентрациясына да тәуелді болады. Адсорбенттің берілген жағдайда мүмкін болатын максимум жұту қабілеттілігін оның теңдік белсенділігі деп атайды.

Өндірісте адсорбент ретінде әртүрлі заттар қолданылады. Фармацевтикалық өндірісте белсендірілген ағаш көмірі, целлюлозалық масса, сүйек көмірі, силикагель, цеолиттер және иониттер кеңінен қолданылады.

Адсорбцияның материалдық балансы.

Адсорбция және абсорбция процестерінің өзгешеліктеріне қарамастан, олар ұқсас заңдылықтармен өтеді. Сондықтан олардың материалдық балансары да ұқсас болады. Адсорбция процесі үшін материалдық баланс теңдеуі мына түрде жазылады:

$$G \cdot (y_n - y_k) = W \cdot (x_k - x_n) = G_n,$$

Мұнда G – бөлуге арналған қоспа мөлшері, кг;

y_n, y_k – қоспадағы адсорбтивтің бастапқы және соңғы концентрациялары, кг/кг;

W – адсорбент мөлшері, кг;

x_n, x_k – жұтатын заттағы (адсорбенттегі) адсорбтивтің бастапқы және соңғы концентрациялары, кг/кг;

G_n – адсорбцияланатын заттың жұтылған мөлшері, кг.

Адсорбтивтің адсорбенттегі концентрациясын Фрейндлих теңдеуімен анықтауға болады:

$$X = K \cdot y^{1/n},$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 70 беті

Мқнда К және п – белгілі адсорбенттер мен адсорбтивтердің мінездеме тұрақтылары (константалары).

Белгілі уақыт аралығында адсорбцияланған заттың мөлшерін мына теңдеумен есептеуге болады:

$$G_{\text{п}} = \beta \cdot \Delta C \cdot S \cdot \tau,$$

Мұнда β – адсорбция кезіндегі массаберу коэффициенті, м/с;

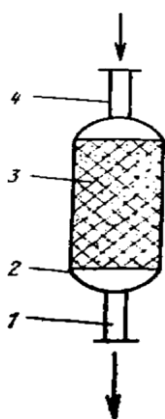
ΔC – концентрацияның орташа айырмасы, кг/м;

S – адсорбент беті, м²;

τ – уақыт, с.

Адсорбция процесін өткізуге арналған аппараттар.

Фармацевтикалық өндірісте қозғалмайтын адсорбент қабаты бар адсорберлер кеңінен қолданылады. Осы аппараттар түрінің мысалы ретінде мұнаралы адсорберді айтуға болады (5.5 сурет). Ол белсенді көмірме толтырылған цилиндр тәрізді резервуар түрінде жасалған. Үстіңгі жағынан тазаланатын шырын беріледі. Адсорберден өткен шырын міндетті түрде сүзгіде көмір бөлшектерінен тазартылады.



ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SKMA -1979- MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 71 беті

5.5 сурет. Мұнаралы типті адсорбердің схемасы
 1 – сұйық шығатын келте құбыр; 2 – аппарат корпусы
 (мұнара); 3 – адсорбент; 4 – сұйық кіретін келте құбыр

10.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

10.5. Әдебиет:

Негізгі:

11. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
12. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
13. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
14. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
15. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

9. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
10. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
11. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
12. Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979

10.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Адсорбция процесіне анықтама беріңіз.
- 2) Адсорбция процесіне қандай құрамдастар қатысады?
- 3) Адсорбция процесіндегі теңдікті қандай факторлар анықтайды?
- 4) Адсорбция процесін қандай аппараттарда өткізеді?
- 5) Адсорбция процесі массаалмасудың қандай заңдарына бағынады?

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 72 беті

13.1. Тақырып: Кептіру.

13.2. Мақсаты: Студенттерді кептіру процесінің теориялық негіздерімен таныстыру.

13.3. ДӘРІС ТЕЗИСТЕРІ:

4. Жылулық кептіру әдістері. Теңдік ылғалдылық және ылғалдың материалмен байланысы. Ылғал ауа қасиеттері. I – x диаграмманы тұрғызу.
5. Кептірудің материалдық және жылулық баланстары. Кептіру процестерін ылғал ауа диаграммасында бейнелеу.
6. Кептіру процесінің кинетикасы.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Ылғалды қатты материалдан жылулық өңдеу арқылы буландыруды және оны аластауды кептіру деп атайды. Бұл процесте ылғал қатты фазадан газ немесе бу фазаға өтеді. Кептірілетін материалға жылу беру әдісіне байланысты кептірудің мына түрлерін ажыратады:

1. Конвективті кептіру – кептіретін материалды кептіру агентімен тікелей жанастыру арқылы кептіру. Кептіру агенті ретінде көбінесе қыздырылған ауа немесе түтін қолданылады.
2. Жанастыру кептіру – жылу жылу тасымалдағыштан ылғал материалға оларды бөліп тұрған қабырға арқылы беріледі.
3. Радиациялық кептіру – инфрақызыл сәулелермен кептіру.
4. Диэлектрлік кептіру – ылғал материалды жоғары жиілікті токпен кептіру.
5. Сублимациялық кептіру – вакуумда мұздату арқылы кептіру.

Кептірудің соңғы үш түрлерін арнайы кептіру деп атайды. Өндірісте көбінесе конвективті кептіру қолданылады.

Конвективті кептіру кезінде кептіру агенті екі функцияларды орындайды: кептіретін материалға жылу береді және одан буланған ылғалды алып кетеді.

Құрғақ ауа мен су буының қоспасын ылғал ауа деп атаймыз. Ол мына негізгі параметрлермен сипатталады: абсолюттік, массалық және салыстырмалы ылғалдылық, энтальпия.

Абсолюттік ылғалдылық – 1 м^3 құрғақ ауаның құрамындағы су буы массасы.

Салыстырмалы ылғалдылық (қанығу дәрежесі) - φ - 1 м^3 ылғал ауа құрамындағы су буы массасының сол жағдайда 1 м^3 ауада бола алатын су буының ең үлкен массасына қатынасы.

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{н}}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}}}$$

Мұнда $\rho_{\text{п}}$ - берілген жағдайдағы бу тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho_{\text{н}}$ - қаныққан бу тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; $P_{\text{п}}$ - берілген жағдайдағы будың үлес қысымы, Па; $P_{\text{н}}$ - қаныққан будың үлес қысымы, Па.

Массалық ылғалдылық – 1 кг құрғақ ауа құрамындағы су буының массасы.

$$x = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{св}}} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{ваги}}{\text{кг} \cdot \text{а.с.возд}}$$

Идеал газдардың күй теңдеуі бойынша:

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 73 беті

$$\rho_{\Pi} = \frac{P_{\Pi} M_{\Pi}}{RT}; \quad \rho_{CB} = \frac{P_{CB} M_{CB}}{RT}$$

Мұнда M_{Π} , M_{CB} – будың және ауаның молекулалық массалары, кг/моль; $R=8314$ Дж/(кмоль К) – универсал газ тұрақтысы.

Осы қатынастардан:

$$x = \frac{M_{\Pi}}{M_{CB}} \cdot \frac{P_{\Pi}}{P_{CB}} \quad (1)$$

Дальтон заңына сәйкес жалпы қысым ауаның және су буының үлес қысымдарының қосындысына тең.

$$P = P_{CB} + P_{\Pi}$$

бұдан $P_{CB} = P - P_{\Pi}$

Салыстырмалы ылғалдылықты ескерсек $P_{CB} = \phi P_{\Pi}$, сондықтан:

$$x = \frac{18}{29} \cdot \frac{\phi P_H}{P - \phi P_H} = 0,622 \frac{\phi P_H}{P - \phi P_H} \quad (2)$$

Энтальпия – 1 кг құрғақ ауаның және оның құрамындағы су буының энтальпияларының қосындысына тең.

$$J = c_{CB} t + x i_{\Pi} \text{ Дж/кг а.с. возд.}$$

Мұнда C_{CB} – ауаның жылусыйымдылығы, кДж/(кг К); t – ауа температурасы, °С; i_{Π} – 1 кг будың энтальпиясы: $i_{\Pi} = r_0 + c_n t$

Сонда ылғал ауа энтальпиясы:

$$J = (C_{CB} + C_{\Pi} x) t + r_0 x \quad (3)$$

Мұнда $C_{CB} \approx 1$ кДж/(кг К) – ауаның жылусыйымдылығы; $C_{\Pi} = 1,97$ кДж/(кг К) – будың жылусыйымдылығы; $r_0 = 2493$ кДж/кг – 0°С температурада судың буға айналу жылуы:

$$J = (1 + 1,97)x t + 2493 x \text{ кДж/кг.}$$

Ылғал ауаның I – x – диаграммасы.

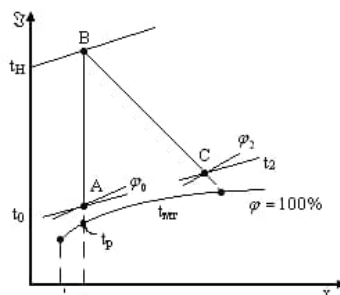
Ылғал ауаның I – x – диаграммасын А.К. Рамзин атмосфералық $P=745$ мм. Рт. ст. тұрғызды.

Диаграмманың координаттық остері 135^0 бұрышпен орналасқан. Ордината осі – энтальпия, абсцисса осі – массалық ылғалдылық.

Кептіру процесін I – x диаграммада бейнелеу.

Конвективті кептіру үшін ауа алдымен қыздырылады. Ауаны қыздырғанда оның салыстырмалы ылғалдылығы азаяды. Сондықтан диаграммада қыздыру процесі АВ түзу сызығымен бейнеленеді. Бастапқы нүктесі (t_0, x_0) , ал соңғы нүктесі t_n изотермасының бойында жатады.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 74 беті



Суыту процесі кері BA түзу сызығымен бейнеленеді. Егер Ba сызығын $\varphi = 100\%$ сызығына дейін созсақ, қиылысу нүктесі шықтану температурасын көрсетеді t_p . Ауаны одан әрі суытқанда, оның құрамындағы бу конденсацияланады, сәйкесінше, ауаның массалық ылғалдылығы азаяды. Егер материал ылғалы тек қан ауа берген жылу арқылы буланса, кептіру процесін адиабаталық кептіру деп атайды. Бұл кезде ауаның берген жылуы буланған ылғал түрінде қайта оралады. Ауаның массалық және салыстырмалы ылғалдылықтары өседі, ауаның температурасы төмендейді. Мұндай процесс теориялық кептіру деп аталады.

Адиабаталық кептіру кезінде материалдың температурасы тұрақты және ылғал термометрдің температурасына тең болады. Теориялық кептіру процесі тұрақты энтальпия сызығымен жүреді (BC сызығы). C (φ_2, t_2) нүктесі кептіргіштен ауаның күйін сипаттайды. Ылғал термометрдің температурасын анықтау үшін берілген нүкте арқылы $I = \text{const}$ сызығын $\varphi = 100\%$ сызығымен қиылыстыру керек. Қиылысу нүктесі ылғал термометрдің температурасын $t_{m.t.}$ анықтайды.

Ауа температурасымен ылғал термометр температурасының айырмашылығын кептіру потенциалы деп атайды. Біздің жағдайымыздағы кептіру потенциалы:

$$\delta_e = t_A - t_{i.o}.$$

Кептіру потенциалы ауаның материалдан жұту қабілеттілігін сипаттайды.

Ылғалдың материалмен байланыс түрлері.

Акад. П.А. Ребиндердің ұсынған жіктемесі бойынша ылғалдың материалмен байланыстарының мына түрлерін ажыратады: физикалық-механикалық, физикалық-химиялық және химиялық. Физикалық-механикалық байланысқан ылғал еркін ылғал деп аталады. Физикалық-химиялық байланыстың екі түрі бар: адсорбциялық және осмотикалық. Адсорбциялық байланысқан ылғал материал бетінде және оның кеуектерінде берік ұсталады. Осмотикалық байланысқан ылғал (немесе ісіну ылғалы) клеткалар ішінде осмотикалық күштермен ұсталады. Адсорбциялық ылғалды аластау үшін осмотикалық ылғалды аластауға қарағанда көп энергия қажет етеді. Химиялық байланысқан ылғал материалмен берік қосылған (мысалы, кристаллогидраттардағы ылғал). Химиялық байланысқан ылғал материалды жоғары температураға дейін қыздырғанда немесе химиялық реакция кезінде аластатылуы мүмкін.

Кептіру кезінде, әдетте, тек қана физикалық-механикалық және физикалық-химиялық ылғал аластатылады.

Ылғал материалдың массасын былай көрсетуге болады:

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 75 беті

$$G_m = G_c + G_{вл}$$

Мұнда G_c , $G_{вл}$ – сәйкесінше, құрғақ заттың және ылғалдың мөлшерлері, кг. Ылғал массасының материалдың барлық массасына қатынасын абсолют ылғалдылық деп атайды:

$$\omega = \frac{G_{вл}}{G_c} \cdot 100\% \quad (U)$$

Ылғал массасының материалдың құрғақ массасына қатынасын салыстырмалы ылғалдылық деп атайды:

$$\omega^c = \frac{G_{вл}}{G_c} \cdot 100\% \quad (U')$$

Кептіру кезінде құрғақ материалдың мөлшері өзгермейді, сондықтан есептеулерде ω^c қолданылады.

Соңғы үш теңдеулерден салыстырмалы және абсолют ылғалдылықтардың өзара байланысын анықтаймыз:

$$\omega^c = \frac{\omega}{100 - \omega} \cdot 100\%; \quad \omega = \frac{\omega^c}{100 + \omega^c} \cdot 100\%.$$

Кептіру процесінің материалдық балансы.

Кептіру процесін есептеу үшін үш түрлі баланстар пайдаланылады:

1. Материалдың жалпы мөлшері бойынша баланс:

$$G_1 = G_2 + W$$

Мұнда G_1 – ылғал материалдың шығыны, кг/ч; G_2 – кептірілген материалдың шығыны, кг/ч; W – уақыт бірлігінде материалдан аласталатын ылғал мөлшері, кг/ч.

2. Құрғақ зат бойынша баланс:

$$G_1 \frac{100 - \omega_1}{100} = G_2 \frac{100 - \omega_2}{100}$$

Осы баланстан мына маңызды тәуелділіктер алынуы мүмкін:

$$G_1 = G_2 \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1}; \quad G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}.$$

Бұл материалдық баланстан буланатын ылғал шығынын анықтайды:

$$W = G_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1}$$

Егер ылғалдылық салыстырмалы бірліктерде өрнектелсе, соңғы теңдеу мына түрге келеді:

$$W = G_2 \frac{\omega^c_1 - \omega^c_2}{100 + \omega^c_1} = G_2 \frac{\omega^c_1 - \omega^c_2}{100 + \omega^c_2}$$

3. Буланған ылғал бойынша баланс:

$$Lx_0 + W = Lx_2$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 76 беті

Бұл баланстан кептіру агентінің шығынын анықтайды:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}$$

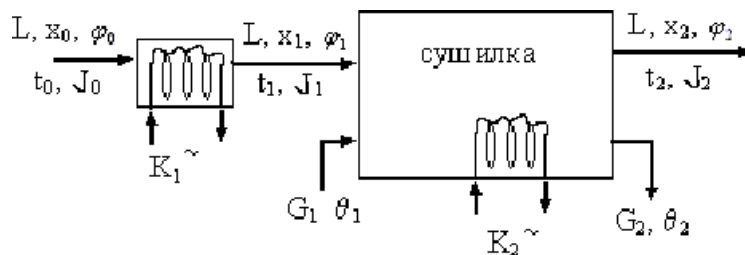
Мұнда x_0, x_2 – ауаның бастапқы және кептіргіштен кейінгі массалық ылғалдылықтары.
Соңғы теңдеуді былай жазуға да болады:

$$L = w l$$

Мұнда $l = L / (x_2 - x_1)$ – кептіру агентінің меншікті шығыны. l шамасы 1 кг ылғалды буландыру үшін құрғақ ауаның қанша мөлшері керек екенін көрсетеді.

Кептіру процесінің жылулық балансы.

Кептіру қондырғысының жылулық балансын қарастырайық.



Кептіргішке G_1 кг/сағ ылғал материал беріледі, оның температурасы θ_1 °C .
Кептіргіштен G_2 кг/сағ ылғал өнім θ_2 температурада шығады. Кептіргішке L кг/сағ құрғақ ауа беріледі. Кептіру агентінің салыстырмалы ылғалдылығы Φ_1 , температурасы t_1 және энтальпиясы J_1 . Ауа алдын ала калориферде K_1 қыздырылады. Калорифер алдындағы ауаның параметрлері x_0, y_0, t_0, J_0 . Кептіргіште қосымша калорифер K_2 орналастырылған. Кептіргіштен шыққан ауаның параметрлері x_2, y_2, t_2, J_2 .

Тұрақты кептіру процесінде жылулық баланс былай жазылады:

$$LJ_0 + G_1 C_m \theta_1 + W C_6 \theta_1 + Q_1 + Q_2 = LJ_2 + G_2 C_m \theta_2 + Q_{\Pi}$$

Мұнда LJ_0 – сыртқы ауамен келген жылу, Дж/с;

$G_1 C_m \theta_1$ – кептіргішке материалмен келген жылу, Вт; C_m – құрғақ материалдың жылусыйымдылығы.

$W C_6 \theta_1$ - материал ылғалымен келген жылу.

Q_1, Q_2 – K_1 және K_2 калориферлерден келген жылу.

LJ_2 – Кептіргіштен шыққан ауаның жылуы.

$G_2 C_m \theta_2$ – кептірілген материалмен шыққан жылу.

Q_{Π} – жылудың қоршаған ортаға шығыны.

Бұл теңдеуден жылудың кептіру процесіне шығынын анықтайды.

$$Q = Q_1 + Q_2 = L(J_2 - J_0) + G_2 C_m (\theta_2 - \theta_1) - W C_6 + Q_{\Pi};$$

Соңғы теңдеудің екі жағында W бөліп, жылудың меншікті шығынын анықтаймыз:

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 77 беті

$$q = \frac{Q}{W} = q_1 + q_2 = l(J_2 - J_0) + q_m - C_6\theta_1 + q_{II};$$

Бірінші калорифердегі жылудың меншікті шығыны:

$$q_1 = l(J_1 - J_0);$$

Осы өрнекті алдыңғысына қойсақ:

$$l(J_2 - J_1) = q_2 + C_6\theta_1 - q_m - q_{II}$$

Теңдіктің оң жағын Δ арқылы белгілесек:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta \text{ бұдан: } I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

Δ шамасы кептіргіштің ішкі балансы деп аталады. Ол кептіргішке келген және шыққан жылулардың айырмашылығын көрсетеді, негізгі калориферден келген жылуды қоспағанда. Δ процестің теориядан ауытқу шамасын көрсетеді.

$$\Delta = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_0}$$

Кептіру процесінің кинетикасы.

Кептіру процесінің кинетикасы деп материал ылғалдылығының уақыт бойынша өзгеруін айтамыз. Материал ылғалдылығымен ω^c уақыттың өзара тәуелділігін кептіру қисығы сипаттайды.

Жалпы жағдайда кептіру сызығы бірнеше телімдерден тұрады. Олар әртүрлі кептіру кезеңдеріне сәйкес келеді. Кептірудің мына кезеңдерін ажыратады: I) қыздыру кезеңі (AB), бұл кезеңде ылғалдылық аз өзгереді. II) – тұрақты жылдамдықта кептіру кезеңі (BC), бұл кезеңде ылғалдылық түзусызықты заңдылықпен қарқынды азаяды. Кезең бірінші аумалы ылғалдылыққа $w_{кр1}^c$ жеткенше жалғасады. Бұл ылғалдылық кейде гигроскопиялық деп те аталады. Сонан кейін төмендейтін жылдамдықта кептіру кезеңі басталады (CE). Кептіру процесі соңында материал ылғалдылығы теңдік күйге жетеді (E нүктесі).

Кептіру жылдамдығы – материал ылғалдылығының уақыт бірлігінде өзгеруі:

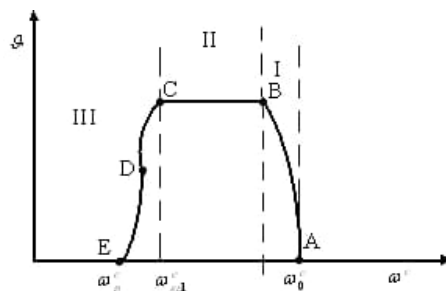
$$G = \frac{dw^c}{d\tau} \left[\frac{\text{кгвл} / \text{кг.а.с.в}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$$

Кептіру қарқындылығы – аудан бірлігінен ылғалдың булану жылдамдығы:

$$J = \frac{dw^c}{fd\tau} \left[\frac{\text{кгвл} / \text{кг.а.с.в}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$$

Кептіру процесін талдау кезінде кептіру жылдамдығының ылғалдылыққа тәуелділігі графигі жиі қолданылады. Осы график кептіру жылдамдығының қисығы деп аталады. Бұл графикте кептіру қисығындағы кезеңдер де бар.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 78 беті

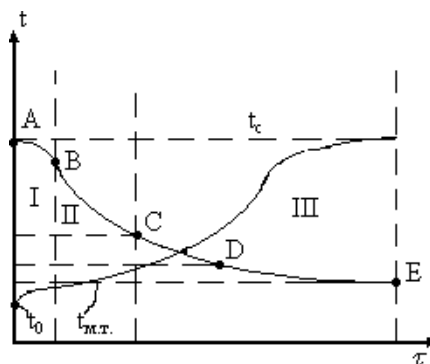


D нүктесі екінші аумалы нүкте. Бұл нүктеде материал ылғалдылық теңдігі орнайды. Осы сәттен бастап кептіру жылдамдығы сыртқы жағдайға тәуелсіз, Ол тек қана ылғалдың ішкі диффузия жылдамдығымен анықталады.

Қыздыру кезеңінде температура бастапқы температурадан ылғал термометрдің температурасына дейін жылдам көтеріледі және одан әрі бірінші кезең барысында өзгермейді. Бұл кезде барлық жылу ылғалды буландыруға шығындалады. Төмендейтін жылдамдықта кептіру кезеңінде материал бетінен ылғалдың булануы азаяды. Сәйкесінше жылудың бір бөлігі материалды қыздыруға кете бастайды. Сондықтан кептіру жылдамдығының азаюы материал температурасының өсуімен сәйкес келеді. Кептіру процесі аяқталғанда және ылғалдылық теңдік күйге жеткенде, материалдың температурасы кептіру агентінің температурасына жетеді.

Материал бетінен ылғалдың булануы.

Бұл процесс будың материал бетінен кептіру агентіне диффузиялану нәтижесінде жүреді. Сондықтан процестің қозғаушы күші материал беті жанындағы қаныққан будың үлес қысымы мен будың қоршаған ортадағы үлес қысымының айырмашылығына тең болады. Бұл кезде кептіру қарқынынң негізгі теңдеуі мына түрде жазылады:



$$j_2 = \frac{dG_6}{F d\tau} = \beta (P_H - P_6) \frac{760}{B} \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{влаж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$$

Мұнда $\frac{dG_6}{d\tau}$ - буланатын ылғал массасының өзгеру жылдамдығы, кг/с; F – булану беті, м²;

j_2 - ылғал ағыны. P_H, P_6 – материал бетіндегі қаныққан будың және ауадағы будың үлес қысымдары:

$$P_H = f(t_M)$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 79 беті

B – барометрлік қысым, мм. рт. ст; β – газ фазадағы массаберу коэффициенті, тәжірибе жүзінде анықталады, $[кг/м^2с^2x_{силь}]$. Мысалы, ауаның булану беті бойында қозғалуы кезінде:

$$\beta = 59,33 + 45,2 \vartheta \left[\frac{кг}{м^2 \cdot c \cdot Па} \right]$$

Мұнда ϑ - ауаның қозғалу жылдамдығы; м/с.

$$\beta = (4,7 + 3,56v) \cdot 10 \left[\frac{кг}{м^2 \cdot c \cdot Па} \right]$$

Төмендейтін жылдамдықта кептіру кезеңі.

(Ылғалдың материал ішінде қозғалуы)

Ылғалдың беттен булануы кезінде материал ішінде ылғалдылық градиенті туындайды, ол ылғалдың ішкі қабаттардан материал бетіне қозғалуына ықпал етеді. Бірінші кезеңде бұл градиент өте үлкен және процесс жылдамдығы ылғалды сырттан алып кетумен анықталады. Екінші кезеңнің басында беттен булану ылғалдың материал ішінде тасымалдануымен және оның кеуектерде булануымен қосарлана жүреді. Сонан кейін материалдың сыртқы қабаты біртіндеп толық кебеді, булану аймағы материалдың ішіне ығысады және берік байланысқан адсорбциялық ылғал бу күйінде ғана қозғала алады.

Ылғалдың материал ішінде тасымалдануын ылғалөткізгіштік деп атаймыз. Ылғал ағынының тығыздығы ылғал концентрациясының градиентіне пропорционал:

$$j = -k \frac{\partial c}{\partial x}$$

Мұнда k – ылғалөткізгіштік коэффициенті, $м^2/с$, по $c = \omega^c \rho_0$,

ρ_0 - құрғақ зат тығыздығы:

$$j = -k\rho_c \frac{\partial \omega^c}{\partial x}$$

Ылғалөткізгіштік коэффициентінің шамасы ылғалдың материалмен байланысқан түріне, материалдың ылғалдылығына және оның температурасына тәуелді. Және тек қана тәжірибе жүзінде анықталуы мүмкін.

Кептірудің кейбір түрлерінде (жанастыру, радиациялық, диэлектрлік) материал ішінде ылғалдылық градиентінен бөлек, температура градиенті туындайды. Ол да ылғалдың материал ішінде қозғалуына ықпал жасайды. Сондықтан ылғалдың қосымша ағыны пайда болуы мүмкін, ол мына өрнекпен анықталады:

$$j_T = -k\rho_c \delta \frac{\partial t}{\partial x}$$

Мұнда δ - жылуылғалөткізгіштік коэффициенті. Ылғал жылуылғалөткізгіштікпен кері бағытта қозғалуы мүмкін, сондықтан ол кептіру процесін тежеуі мүмкін. Материал ылғалдылығының өзгеру жылдамдығы ылғалалмасудың дифференциалды теңдеуімен өрнектелуі мүмкін.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 80 беті

$$\frac{\partial \omega^2}{\partial \delta} = k(\Delta^2 \omega^c + \delta \Delta^2 t)$$

Кептіргіштер құрылысы.

Қазіргі кезде кептіру аппараттарының көптеген түрлері бар. Олар жылу беру әдістерімен (конвективті, жанастыру, радиациялы және т.б.), қолданылатын жылу таымалдағыштарымен (ауалы, газды, булы), процесті ұйымдастыру әдістерімен (мезгілді әрекетті, үздіксіз әрекетті) және т.б. белгілерімен ажыратылады.

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

13.5. ӘДЕБИЕТ:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

- 1) Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
- 2) Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой – Москва, Академия – 2006 г.
- 3) Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 335 с.

13.6. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР (КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ):

- 1) Қандай процесті кептіру деп атаймыз?
- 2) Фармацевтика өндірісінде кептірудің қандай түрлері қолданылады?
- 3) Кептірудің қозғаушы күші неде?
- 4) Бірінші кезеңде кептіру жылдамдығын қандай факторлар анықтайды?
- 5) Екінші кезеңде кептіру жылдамдығын қандай факторлар анықтайды?
- 6) Ылғалдың материалмен байланыс түрлерін атаңыз.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		044-76/16
Дәрістік кешен		92 беттің 81 беті

14.1. Тақырып: Кристаллизация.

14.2. Мақсаты: Студенттерді қатты дене - сұйық жүйесіндегі кристаллизация процесінің теориялық негіздерімен таныстыру.

14.3. Дәріс тезистері:

1. Кристаллизация туралы жалпы түсінік.
2. Кристаллизацияның материалдық және жылулық балансы.
3. Кристаллизация процесін өткізуге арналған аппараттар.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Ерітінділерден және балқытпалардан кристаллдар түрінде қатты фазаны бөліп алуды кристаллизация деп атайды. Кристаллдар жалпақ жақтармен шектелген әртүрлі геометриялық пішіндегі біртекті денелер түрінде болады.

Кристаллизациялау процесінің байыбы және кинетикасы

Кристаллизациялау процесін су ерітінділерінде кристаллданатын заттың ерігіштігін азайту арқылы жүргізеді. Ол үшін ерітіндінің температурасын төмендетеді немесе одан еріткішті аластайды.

Температура өскен сайын заттың ерігіштігінің артуын оң деп атайды, ал ерігіштігі азайса теріс деп атайды.

Әр заттың еріткіш түріне және негізінен осы затты қыздырғыштың температурасына байланысты өзінің еру шегі болатыны белгілі. Қашан зат одан әрі ерімейтін кезде, жүcede екі фаза болады – сұйық және қатты. Осы теңдік күйге сәйкес келетін ерітіндіні **қаныққан** деп атайды. Егер осы ерітіндінің температурасын төмендетсек, ол қаныққан күйден **өте қаныққан** күйге өтеді. Өте қаныққан ерітінділер тұрақсыз және қаныққан күйге жеңіл өтеді. Олардағы қатты заттардың бір бөлігі кристаллдар түрінде бөлінеді. Өндірістік кристаллизациялау процесінің бір бағыты осыған негізделген. Өте қаныққан теңсіздік күйдегі ерітіндіні қаныққан теңдік күйге еріткіштің бір бөлігін буландыру немесе буға айналдыру арқылы да өткізуге болады. Бұл кезде одан кристаллдар қабаттаса бөлінеді.

Кристаллизация процесі екі кезеңдерден тұрады. Бірінші кезеңде кристаллизациялау ұрықтары (орталықтары) түзіледі, екінші кезеңде кристаллдар өседі.

Кристаллизацияның материалдық және жылулық баланстары.

Кристаллизацияның материалдық балансын екі түрлі теңдеулермен көрсетуге болады. Оның біріншісінің негізінде ерітінді балансы жатыр:

$$G_{\text{и}} = G_{\text{м}} + W_{\text{р}} + G_{\text{к}},$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 82 беті

Мқнда G_H , G_M — алғашқы ерітіндінің және кристаллизациядан кейінгі ерітіндінің массалары, сәйкесінше, кг;

G_K — кристаллдар массасы, кг;

W_p — ерітіндіден аластатылған еріткіш массасы, кг.

Екінші теңдеудің негізінде кристаллданатын заттың балансы жатыр:

$$G_H x_H = G_M x_M + G_K x_K,$$

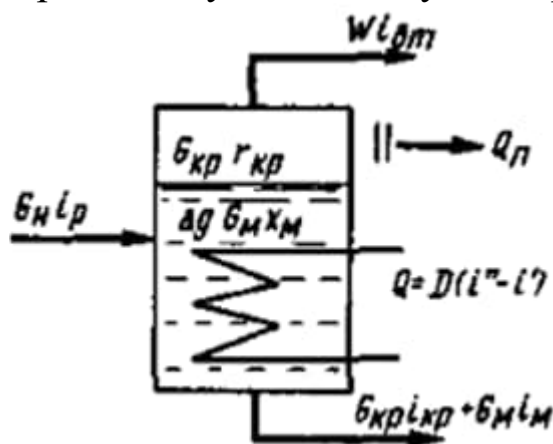
Мұнда x_H , x_M , x_K — алғашқы ерітіндідегі, кристаллизациядан кейінгі ерітіндідегі және кристаллдардағы кристаллданатын заттың концентрациялары, сәйкесінше, %.

Кристаллогидраттарда $x_K < 100$ %, сусыз к кристаллдарда $x_K = 100$ %.

Судың бір бөлігін буландыру арқылы кристаллизациялауды қарастырамыз. Кристаллизациялауға G_H алғашқы ерітінді беріледі, одан G_K кристаллдар және G_M кристаллизациядан кейінгі ерітінді (аналық ерітінді) түзіледі.

Суды бір бөлігін буландыру үшін кристаллизаторға D қыздыру буы беріледі (1 сурет).

Белгілеулер енгіземіз: i_p , i_K , i_M , i_{BT} , i' , i'' - ерітіндінің, кристаллдардың, аналық ерітіндінің, екіншілей будың, қыздыру буының және конденсаттың меншікті энтальпиялары, сәйкесінше, кДж/кг; r_K — кристаллдардың кристаллдық торламаларының түзілу жылуы, кДж/кг; Δq — ерітіндінің x_H -нан x_K -ға дейін концентрациялануының жылулық эффектісі.



1 сурет. Кристаллизациялау процесінің жылу лектері схемасы.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 83 беті

Ерітіндіні кристаллизациялау кезінде кристаллдық торламалар түзіледі және біршама жылу бөлінеді (қату жылуы), ал зат ерігенде жылу жұтылады. Егер еріген зат еріткішпен химиялық әсерлесіп, гидраттар түзсе, бұл кезде жылу бөлінеді. Кристаллизациялаудың жинақ жылулық эффектісі қату жылуына және гидраттардың түзілуіне байланысты оң немесе теріс болуы мүмкін.

Енгізілген белгілеулерді ескерсек кристаллизациялану жылуы

$$Q_{кр} = Q_{кр}^* r_{кр},$$

гидроттардың түзілу жылуы

$$Q_r = \pm \Delta q G_m x_m.$$

Кристаллизациялау процесінің жылу лектері схемасына сәйкес жылулық балансты мына түрде көрсетуге болады

$$G_n i_p + G_{кр} r_{кр} \pm \Delta q G_m x_m + D i'' = G_{кр} i_{кр} + G_m i_m + W i_{вт} + D i' + Q_n,$$

бұдан кристаллизациялауға шығындалатын будың мөлшерін анықтауға болады

$$Q = D(i'' - i') = G_{кр} i_{кр} + G_m i_m + W i_{вт} + Q_n - G_n i_p - G_{кр} r_{кр} \pm \Delta q G_m x_m;$$

$$D = Q / (i'' - i').$$

Кристаллизациялаудың өндірістік технологиялық процесі бірнеше кезеңдерден тұрады; кристаллизация, аналық ерітіндіден кристаллдарды бөлу, қайта кристаллдау (керек болса), кристаллдарды жуу және кептіру.

Кристаллизациялау әдістері және кристаллизаторлар

Кристаллизациялау процесі төрт әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін. Бірінші әдіс бойынша ерітіндіні суыту арқылы өте қаныққан ерітінді алады. Бұл әдіс заттың ерігіштігі температура төмендегенде азаятын жағдайларда қолданылады. Екінші әдіс заттың ерігіштігі температура төмендегенде өте аз азаяды немесе ұлғаяды. Бұл әдіс бойынша еріткіш буға айналдырылады немесе буландырылады.

Үшінші әдіс бойынша бір мезетте өнім суытылады және еріткіш буландырылады. Кристаллизациялаудың төртінші әдісін тұздау деп атайды. Бұл әдістің мәнін төмендегі мысалмен түсіндірейік. Ас тұзын кристаллизациялағанда ерітіндіге $MgCl_2$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 84 беті

қосылады, нәтижесінде ас тұзының NaCl ерігіштігі төмендейді, б.а. өте қаныққан ерітінді түзіледі.

Жейдесі және араластырғышы бар сыйымдылықтар бірінші әдіс бойынша жұмыс істейтін кристаллизаторлардың қарапайым түріне жатады. Араластырғыштар ерітіндіні суытуды жеделдетеді және кристаллдардың аппарат түбіне тұнуын болдырмайды.

Кристаллизаторлар құрылысы

Кристаллизаторлар жұмыс істеу принциптері бойынша еріткіштің бір бөлігін буландыратын және ерітіндіні суытатын мезгілді және үздіксіз әрекетті аппараттарға бөлінеді. Судың бір бөлігін буландыру вакуум-аппараттарда жүргізіледі.

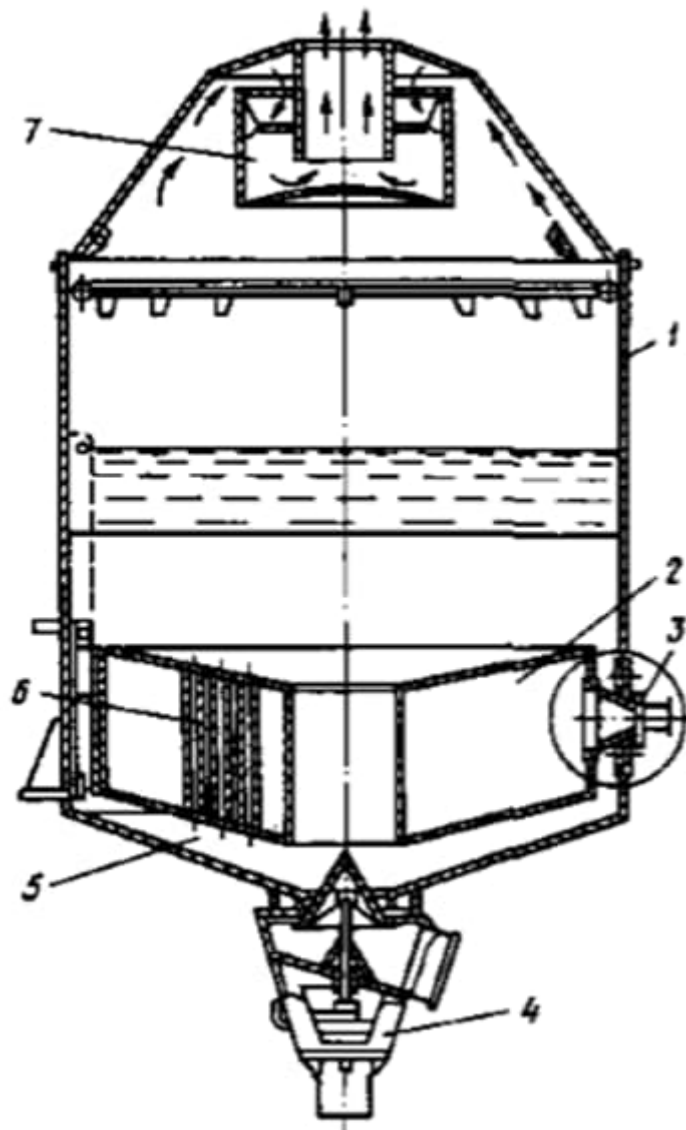
Кристаллизаторлардың тағы бір түріне жалғансұйылу қабатты аппараттар жатады.

Қыздыру камерасы ілінген мезгілді әрекетті табиғи айналымды вакуум аппарат 3 суретте

көрсетілген. Қыздыру камерасы екі конусты құбырлы торламалардан тұрады. Оларға қыздыру құбырлары бекітілген. Қыздыру камерасының осі бойынша айналу құбыры орналасқан. Қыздыру камерасының корпусы мен аппарат қабырғасы арасында сақиналы кеңістік бар, осы кеңістікте утфель айналады.

Вакуум аппараттарда қыздыру камерасына бу беру үшін арнайы құрылғы қолданылады, ол температуралық деформацияны қабылдайды.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 85 беті



3 сурет. Қыздыру камерасы ілінген вакуум-аппарат

1- корпус; 2-қыздыру камерасы; 3-бұды кіргізуге арналған құрылғы; 4-айналдыру құбыры; 5-түбі; 6-қыздыру құбыры; 7-инерционды типті сепаратор.

14.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

14.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 86 беті

4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой— Москва, Академия – 2006 г.
3. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
4. Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979

14.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Кристаллизация процесіне анықтама беріңіз.
- 2) Кристаллизация процесіне қандай құрамдастар қатысады?
- 3) Кристаллизация процесіндегі теңдікті қандай факторлар анықтайды?
- 4) Кристаллизация процесін қандай аппараттарда өткізеді?
- 5) Кристаллизация процесі массаалмасудың қандай заңдарына бағынады?

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 87 беті

15.1. Тақырып: Биохимиялық процестер.

15.2. Мақсаты: Студенттерді биохимиялық процестердің теориялық негіздерімен таныстыру.

15.3. Дәріс тезистері:

1. Биохимиялық процестер. туралы жалпы түсінік.
2. Ферментациялау процестердің кинетикасы.
3. Ферментациялау процестеріндегі массаалмасу.
4. Ферментациялау процестерін жүзеге асыруға арналған аппараттар.

Дәрістің қысқаша мазмұны

Жылдамдығы микроорганизмдер массасының немесе олардың метаболизмі өнімдерінің өсуімен анықталатын микроорганизмдер тіршілігінің бағытталған процестерін биохимиялық процестер деп атайды.

Жалпы түсінік. Биохимиялық процестер микроорганизмдер көмегімен жүзеге асырылады. Олар қоршаған ортадан – субстраттан сахарозаны, глюкозаны, лактозаны және т. б. көмірсуларды тұтынады. Микроорганизмдер дем алады, өседі, көбееді, газ тәрізді және сұйық метаболизм өнімдерін бөледі, нәтижесінде биомаса немесе метаболизм өнімдері көбееді. Осылар үшін ферментация процесі жүргізіледі. Қоректендіру ортасында және өсірінділік сұйық құрамында қанттың, спирттің және басқа компоненттердің концентрациясы көптеген микроорганизмдердің тіршілігін тежейтіндей болып таңдалады. Кей жағдайларда анаэробтық микроорганизмдерді қолданады, олардың өсуіне оттектің керегі жоқ, бұл жағдай басқа микрофлоралардың өсуіне кедергі болады. Осыған байланысты көп мөлшердегі сұйықты, құрал жабдықтарды стерилдеудің, жабдықтарды саңылаусыздандарудың, ауаны өте тазалаудың керегі болмай қалады. Дайын өнім сепараторларда сұйық күйінде бөлінеді, алынған өнім, әдетте, шашыратқышты кептіргіштерде кептіріледі. Егер технологиялық процесс жағдайында басқа микрофлора өсетін болса, және қатаң стерилдеу және саңылаусыздандаыру жүргізілмесе, мақсатты пайдалы өнімнің өсуі толық тежелуі немесе мақсатты метаболизм өнімдерінің күрт азаюы мүмкін. Сондықтан бұл процестерде тазалық шараларына өте жоғары талап қойылады: ауаны өте тазалау, жабдықты және өсірінділік сұйықты стерилдеу. Ферментация процесін мезгілді және үздіксіз әрекетті ферментатор деп аталатын аппараттарда жүргізеді. Мақсатты өнім өсірінділік сұйықтан сүзу, сепарациялау, буландыру және кептіру арқылы бөледі. Кең тараған кептіру әдістері: шашыратқышты, сублимациялы, вакуумды және жалған сұйылу қабатты.

Биохимиялық процестердің ерекшеліктеріне мыналар жатады: тірі микроорганизмдердің көмегімен көптеген өнімдерді түзу немесе бұзу; биомассаның өсуінің өздігінен реттелуі. Сонымен қатар клетка ішіндегі барлық процестер ақуыздық биокатализаторлар – ферменттер көмегімен жүргіледі және реттеледі, жасушалар қабықтарының – мембраналарының таңдаулы өткізгіштіктері бар, сыртқы әсерлерге жасушалардың реттегіш механизмдері бейімделістік серпіліс танытады, және ол микроорганизмдердің қолайлы өмір сүру жақтарына бағытталады.

Ферментаторларды талдау және есептеу микроорганизмдердің ферментациялау процесінің микрокинетикасы туралы ақпаратқа негізделеді. Оған субстраттағы

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 88 беті

құрамдастардың концентрациясына және басқа параметрлерге байланысты биомассаның өсу кинетикасы, сонымен қатар жылу – және массаалмасу заңдылықтары кіреді.

Ферментациялық процестердің кинетикасы

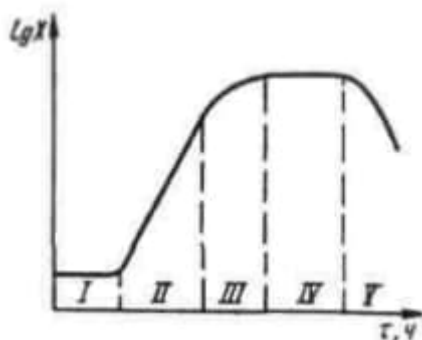
Өндірісте пайдаланылатын микроорганизмдердің көбісі гетеротрофты болып келеді. Олардың тіршілігі үшін көміртектің органикалық көзі керек.

Тіршілік ету барысында микроорганизмдер, жасушаларының ұйымдасуы жоғары дәрежеде және олардың құрылымы күрделі болғандықтан, әртүрлі функциялар атқарады.

Жасуша жасушалық қабырғадан, цитоплазмадан және ядродан тұрады. Тіршілік ету барысында микроорганизмдердің жасушалары сандық жағынан да, сапалық жағынан да өзгереді: өседі, химиялық құрамы, морфологиясы өзгереді, көбееді, ұрықтың пайда болуы және, соңында, тіршілігін тоқтатуы.

Өсірінділік микроорганизмдер өсуінің типтік қисығы 1 суретте көрсетілген. Бірінші фаза – лаг-фаза – жасушалардың өсуінің байқалмауымен сипатталады. Бұл фазада (I кезең) егілген өсірінді сыртқы жағдайларға бейімделеді және берілген қоректендіру ортасында өсу үшін ферменттер өсіреді. Экспоненциалдық фазада (II кезең) жасушалар берілген жағдайларда мүмкін болатын максималды жылдамдықпен көбееді. Бұл фазаның ұзақтығы өсірінділік ортадағы қоректендіру заттарының қорына, араластыру тиімділігіне және жасушаларға оттекті жеткізу жылдамдығына, былайша айтқанда аэрациялау тиімділігіне, тәуелді болады.

Биомасса жинақталуы өскен сайын қоректендіру заттары азаяды, алмасу өнімдері жинақталады және оттегімен жасуша арасындағы массаалмасу жылдамдығы төмендейді. Бұл факторлар микроорганизмдердің өсу жылдамдығын төмендетеді (III кезең). Субстратты одан әрі тұтыну және метаболиттердің бөлінуі өсудің тоқтауына – стационарлы фазаға (IV кезең) соқтырады. V кезеңде (тіршілік тоқтау кезеңінде) жасушалар саны күрт кемиді.



1 сурет. Өсірінділік микроорганизмдердің өсу қисығы

Микроорганизмдердің өсу кинетикасын сипаттау үшін жалпы және меншікті өсу жылдамдығы пайдаланылады. Микроорганизмдер биомассасы өсуінің жалпы жылдамдығын ($\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$) биомассаның dt азғантай уақыт аралығында өскен массасының dM осы уақытқа қатынасы түрінде көрсетуге болады. Бұл жылдамдық биомасса

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 89 беті

концентрациясына пропорционал болады. Сонда микроорганизм биомассасының өсу кинетикасын мына теңдеумен сипаттауға болады,

$$\frac{dM}{d\tau} = KM,$$

Мұнда М – биомасса концентрациясы, кг/м³; τ – процесс ұзақтығы, сағ; К – биомасса өсуінің меншікті жылдамдығы, сағ⁻¹. Теңдеуден меншікті жылдамдық

$$K = \frac{1}{M} \cdot \frac{dM}{d\tau}.$$

Экспоненциалдық фазада биомасса өсуінің меншікті жылдамдығы тұрақты және берілген өсірілді және процесті өткізу шарттары үшін максималды мәнге ие.

Биомасса концентрациясы теңдеуге сәйкес экспоненциалды заңдылықпен өседі,

$$M = M_0 e^{K\tau}$$

Мұнда М₀ – экспоненциалдық фаза басындағы биомасса концентрациясы, кг/м³. Теңдеуді логарфмдесек, аламыз

$$\ln M = \ln M_0 + K\tau.$$

Жартылай логарифмдік координаттарда берілген теңдеу көлбеулік бұрышының тангенсі меншікті өсу жылдамдығына К пропорционал болатын тік сызық түрінде болады. Сондықтан меншікті өсу жылдамдығын есептеу үшін екі нүктедегі оның мәндерін анықтаймыз М₁ және М₂, оларға сәйкес процесс ұзақтықтары τ₁ және τ₂.

Сонда

$$K = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} (\ln M_2 - \ln M_1)$$

Биомасса мөлшері екі есе өсетін регенерациялау ұзақтығы,

$$\tau_P = \frac{\lg 2}{K} = \frac{0,69}{K}.$$

Микробиологиялық синтездеу кезінде крахмалопатока өндірісінің қалдықтары (меласса, гидрол), торф гидролизаттары, тамақ өндірісі қалдықтарын, жүгері ұнын, мұнай өңдеуден қалған көмірсулар пайдаланылады.

Ферментациялау процестеріндегі массаалмасу.

Аэробты микроорганизмдер популяциясының өсуі үшін оттег керек. Ол органикалық субстраттарды тотықтырады және жасушаларды энергиямен қамтамасыз етеді. Оттек суда жақсы ерімейді, және оның судағы концентрациясы 8,1 мг/л аспайды. Сондықтан ферментация процесін оттегімен қамтамасыз ету үшін, ферментациялық сұйықты үздіксіз ауамен аэрациялап тұру керек.

Аэрациялау кезінде екі процестер жүреді: ауа көпіршіктерінен оттег ферментациялық сұйықпен абсорбцияланады және сұйықта еріген оттекті микроорганизмдер жасушалары сіңіреді.

Сұйық фаза үшін массаберу теңдеуі мына түрде жазылады

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 90 беті

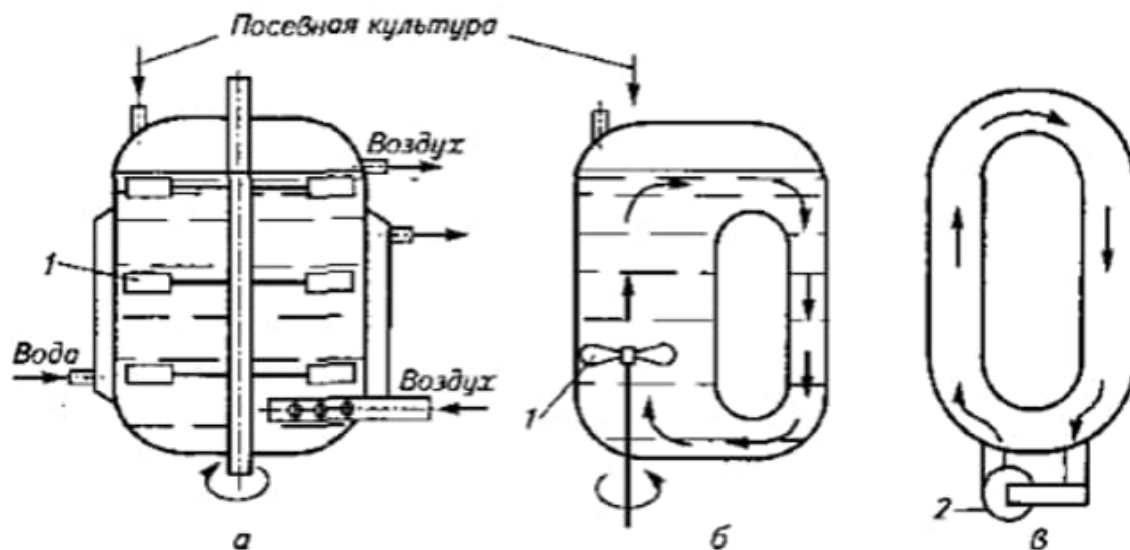
$$dM = \beta_{\text{ж}}(x_{\text{р}} - x)Fd\tau,$$

Мұнда М – оттектен массасы, кг; $\beta_{\text{ж}}$ – сұйық фазадағы массаберу коэффициенті, м/сағ; $x_{\text{р}}$ – оттектің теңдік концентрациясы, кг/м³; x – оттектің сұйық фазадағы жұмысшы концентрациясы, кг/м³; F – массаберу бетінің ауданы, м²; τ – процестің ұзақтығы, сағ.

Ферментациялауға арналған аппараттар.

Ферментаторда терең ферментациялау процесінің алдында зертханалық жағдайда төмендегідей жұмыстар жүргізіледі: тұқымдық материалды дайындау; қоректің ортаны дайындау және стерилдеу; инокуляторларда тұқымдық материалды өсіру. Тұқымдық материалдың мөлшері цехта қойылған ферментаторлардың көлеміне байланысты. Әдетте тұқымдық материалдың мөлшері қоректік орта көлемінің 5... 10% құрайды. Қоректік ортаны және тұқымдық материалды жүктемес бұрын ферментаторды және барлық коммуникацияларды стерилдейді. Ферментаторда көбік түзілуді азайту үшін оған беттік-белсенді заттарды (ББЗ) да салады. Ферментацияны асептикалық жағдайда 18...24 сағат бойына жүргізеді. Процесс барысында өсірінділік сұйықтың температурасын және қышқылдылығын рН бақылайды. Ферментация процесі аяқталған соң ферментаторды босатады. Алынған өнім сүзгіде немесе сепараторда бөлінеді және әрі қарай өңдеуге жіберіледі. Ферментация процесін өткізу үшін негізгі арнайы аппарат ретінде ферментатор (3 сурет) қолданылады: араластырғышы бар реактор ыдыс (3а сурет); барботажды мұнара (3б сурет); тұзақты ферментатор.

Ферментатордың негізгі жұмысы араластырғыш арқылы субстрат пен ферментті тығыз жанастыру, сонымен қатар ферментация жылуын алып кету. Аэробтық ферментация кезінде ол әрекеттесетін молекулаларға ауаның баруын қамтамасыз етеді, ол үшін ферментаторға аэрациялық құрылғы (барбатер) орнатылады. Ферментатордың жұмысшы камерасы стерилді болуы керек, конструкциясы керексіз микроорганизмдердің және фагалардың (ферменттерді жоятын вирустардың және микроорганизмдердің) кірмеуі үшін саңылаусыз болуы керек. Ферментатор ішінде сұйықтың құйындануын және жылдамдықтың үлкен градиенттерінің туындауын болдырмау керек.



3 сурет. Ферменторлар схемасы.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы Дәрістік кешен		044-76/16 92 беттің 91 беті

а – араластырғышы бар және ауаны барботаждайдын ыдыс; б – пропеллерлі араластырғышы бар ыдыс; в – айналдыратын ыдыс (тұзақты); 1 – араластырғыш; 2 – айналдыру сорғысы.

15.4. Иллюстрациялық материалдар: Виртуалды қондырғылар. Негізгі аппараттар бейнеленген плакаттар.

15.5. Әдебиет:

Негізгі:

1. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. - М.: Химия, 1973
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
4. Ақбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
5. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

Қосымша:

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия,.
2. Фармацевтическая технология. Под ред. И.И. Краснюка и Г.В. Михайловой– Москва, Академия – 2006 г.
3. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. 3-издание - М.: Химия,
4. Кафаров В.В. Основы массопередачи - М.: Высшая школа, 1979

15.6. Бақылау сұрақтар (кері байланысы):

- 1) Биохимиялық процестерге анықтама беріңіз.
- 2) Өсірінділік микроорганизмдердің өсу қисығын сипаттаңыз.
- 3) Қайсы қаң бойынша биомасса концентрациясы өседі?
- 4) Ферментатордың жұмыс істеу принципін сипаттаңыз.
- 5) Ферментация процесінің алдында жүргізілетін жұмыстарды сипаттаңыз.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН

**MEDISINA
AKADEMIASY**

«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ



SOUTH KAZAKHSTAN

**MEDICAL
ACADEMY**

АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»

Инженерлік пәндер кафедрасы

Дәрістік кешен

044-76/16

92 беттің 92 беті