

№ 11 дәріс

Ректификация үдерісі

Ректификация – будың конденсациялануы салдарынан сұйықтық пен бу қоспаларының қарама-қарсы ағысты әсерлесуі нәтижесінде біртекті қоспаларды құрам бөліктеріне бөлу үдерісі. Ректификациялық бағана бойымен жоғары қарай қозғалған бу төмен қарай қозғалған сұйықтықпен түйісіп, будың жартылай конденсациялануы мен сұйықтықтың жартылай булануы жүреді.

Бу құрамынан жоғары температурада қайнайтын компонент, ал сұйықтықтан төменгі температурада қайнайтын компонент бөлінеді. Осы процестің нәтижесінде төмен қарай қозғалған сұйықтық жоғары температурада қайнайтын компонентпен, ал бу төменгі температурада қайнайтын компонентпен байытылады. Бағананың жоғарғы бөлігінде төменгі температурада қайнайтын сұйықтықтан тұратын бу конденсацияланып, ректификат түрінде бөлінеді.

Ректификаттың бір бөлігі бағананың жоғарғы бөлігін суландыруға жіберіледі. Ректификаттың бұл бөлігін флегма деп атайды. Бағананың төменгі бөлігінен жоғары температурада қайнайтын сұйықтық бөлініп алынады. Ол куб қалдығы деп аталады.

Ректификациялық бағана тарелкаларында сұйықтық пен будың әсерлесулерін бинарлы жүйелер үшін диаграммасында қарастыруға болады (1-сурет).

1-сурет. $t - x - y$ диаграммасы

Төменгі $n - 1$ тарелкадан A буы жоғарыда орналасқан n тарелкадағы B сұйықтықпен (флегмамен) араласады. A бу мен B сұйықтық тепе-теңдікте болмайды, сондықтан олардың фигуративті нүктелері изотерма бойында жатпайды. Будың температурасы флегма температурасынан жоғары, сондықтан бу сұйықтықпен араласқанда жартылай конденсирленеді де, конденсация жылуы әсерінен сұйықтықтың біраз мөлшері буланады.

Сұйықтықтан төменгі температурада қайнайтын компоненттер буланады, ал будан жоғары температурада қайнайтын компоненттер конденсирленеді. Бу төменгі температурада қайнайтын компоненттермен байытылып, A нүктесі конденсация сызығы бойымен жылжып, тепе-теңдікке жеткенде D нүктесіне келеді. Тепе-теңдік мезетінде бу мен сұйықтық температуралары бірдей болғандықтан, құрамды D буға тепе-тең сұйықтықтың фигуративті нүктесі t_D изотермасы бойында орналасады, оны g арқылы белгілейді.

Сонымен қарастырылған жағдайда бу ұшқыш компоненттермен байытылып, y_A

құрамын y_D құрамына өзгертеді. Ал сұйықтық жоғары температурада қайнайтын компоненттермен толықтырылып, x_B құрамын x_g құрамына өзгертеді. Осылай бағана бойындағы тарелкаларда бинарлы жүйелердің бөлінуі жүреді.

Әр түрлі қысымдағы ректификация

Бөлетін сұйықтықтардың қайнау температураларына қарай ректификация процесін әр түрлі қысымда жүргізеді.

Қайнау температурасы 30-150 °C аралығында болса, онда ректификация процесінде атмосфералық қысымды қолданады. Жоғары температурада қайнайтын сұйықтықтардың қайнау температурасын төмендету үшін ректификация процесін вакуум жағдайында өткізеді.

Атмосфералық қысымда газ тәріздес күйде болатын заттарды бөлу үшін ректификация процесін жоғары қысымды қолданып жүргізеді. Бағананың жоғарғы бөлігіне қарағанда куб қалдығында қысым мәні гидравликалық кедергілер шамасына тең қысымға жоғары болады. Бұл жағдайды әсіресе ректификация процесін вакуумда өткізгенде ескерудің маңызы зор. Себебі бағананың гидравликалық кедергілерінің үлкен мәнінде бағананың жоғарғы бөлігінде вакуум өте жоғары болғанмен, куб қалдығында сұйылту қысымы жеткіліксіз болуы мүмкін. Сондықтан сұйылту жағдайында жұмыс істейтін бағаналардың гидравликалық кедергілері мейілінше аз болуы қажет.

Ректификациялық бағананың тарелкалар санын есептеу

Бинарлы қоспаларды құрам бөліктеріне бөлу дәрежесі мен алынатын дистиллят пен қалдықтың тазалығы фазалардың әсерлесу бетіне тәуелді болады.

Фазалардың әсерлесу беті суландыруға жұмсалатын флегма мөлшерімен және аппараттың құрылымдық өңделуімен анықталады.

Жоғары қарай көтерілген бу мен тарелкаларды бойлай төмен қарай қозғалған сұйықтық арасындағы толық физика-химиялық тепе-теңдікті қамтамасыз ететін тарелкалардың теориялық саны, суландыруға жұмсалатын флегма мөлшерімен анықталады.

Теориялық тарелкалар санын анықтаудың бірнеше әдістері бар. Бинарлы жүйелер үшін графиктік әдіс кеңінен қолданылады. Бұл әдіс бойынша теориялық тарелкалар санын анықтау үшін мынадай жорамалдар қолданылады:

- Екі компоненттің де булануының мольдік жылуы бірдей. 1 кмоль конденсирленген бу 1 кмоль сұйықтықты буландырады. Сондықтан бағана бойында бу мен сұйықтық мөлшері өзгермейді, тек қана құрамы өзгереді.
- Бастапқы сұйықтық пен флегма температуралары бірдей, олардың қайнау температурасына тең.
- Флегма құрамы бағананың жоғарғы бөлігінен көтерілетін будың құрамына тең, яғни дефлегматорда бу құрамының өзгерісі болмайды.
- Бағананың төменгі бөлігінің соңғы таралкасынан бөлінетін сұйықтық құрамы қайнатқыштан көтеріліп келе жатқан бу құрамына тең, яғни куб қалдығы бөлу әрекетін жасамайды.

Ректификация процесінің теориялық тарелкалар санын есептеу үшін қажетті жұмыс сызығының теңдеуі масса алмасу процесінің материалдық баланс теңдеуінен шығарылады.

Жалпы түрде ректификация процесінің материалдық баланс теңдеуі жазылады:

(1.1)

Қарастырылып отырған жағдайға қарай шамаларын түрлендіреміз. Дефлегматордан кейінгі бағана бойымен көтерілетін бу мөлшері бағананың жоғарғы бөлігін суландыруға жұмсалатын сұйықтық пен дистилляттан құралады:

(1.2)

Алынған өрнекке өлшем бірлігі жоқ белгілеулерді енгізсек:

(1.3)

Алынған теңдеуді (1.1)-ші теңдеуге қоямыз:

(1.4)

Үздіксіз жұмыс істейтін бағанада бу мен сұйықтық мөлшерлері бірдей болғандықтан, $R+1$ және R мәндерін интегралдың алдына шығарамыз:

(1.5)

(1.6)

Соңғы теңдеуді түрлендіреміз:

(1.7)

Алынған теңдеу дистиллят құрамы мен флегма санының берілген мәндерінде бағананың жоғарғы бөлігінің кез-келген қимасындағы сұйықтық пен бу құрамдары аралығындағы байланысты көрсетеді. Бұл теңдеу ректификациялық бағананың жоғарғы бөлігінің жұмыс сызығы теңдеуі деп аталады.

Дәл осы сияқты бағананың төменгі бөлігінің жұмыс сызығы теңдеуі алынады. Бағананың бұл бөлігінде жинақталатын сұйықтық мөлшері қоректену санына артады.

Бағананың төменгі бөлігі үшін материалдық баланс теңдеуі жазылады:

(1.8)

Алынған теңдеуді бу және сұйықтықтың құрамы бойынша интегралдасақ:

(1.9)

(1.10)

Соңғы теңдеуді түрлендіреміз:

(1.11)

Үздіксіз жұмыс істейтін бағаналар үшін мына шамалар тұрақты:

(1.12)

Олай болса, үдерістің жұмыс сызығы сызықтық теңдеумен сипатталады:

(1.13)

(1.14)