

№ 10 дәріс

Жалған сұйылу принципінің негізі

Егер жылжымайтын қатты бөлшектердің қабаты арқылы төменнен жоғары қарай газ (немесе сұйықтық) ағынын жіберсе, онда газдың жылдамдығына қарай түйіршікті қабат мынадай стационар күйде болады:

- Газ ағынының жылдамдығы қандай да бір ауыспалы күй жылдамдығынан төмен (1-сурет). Түйіршікті қабаттың қатты бөлшектері жылжымайды. Газдың жылдамдығына қарай қабаттың гидравликалық кедергісі (1.138) формулаға сәйкес артады.
- Газ ағыны қандай да бір ауыспалы күй жылдамдығына жеткеннен кейін түйіршікті қабаттың бөлшектері жалған сұйылу жағдайына ауысады. 1-суретте ВС бөлігі. Бұл бөлік гидродинамикалық қысым мен көлденең қимасының бірлік ауданына сәйкес келетін қабат салмағының тепе-теңдігімен сипатталады.
- Гидродинамикалық қысым күштері ауырлық күштерінен артқанда, бөлшектер қабаттан әкетіледі. Газ ағынының мұндай жылдамдығы әкету жылдамдығы деп аталады.

Газ жылдамдығының жалған сұйылу жылдамдығына қатынасы жалған сұйылу саны деп аталады:

$$(1.1)$$

Тәжірибе жүзінде жалған сұйылу саны 2-ге тең болған жағдайда бөлшектердің ең жоғары қарқынды араласуы болатындығы анықталған. Жалған сұйылу санын ары қарай арттырса, бөлшектер қабаты біртекті болады да, қабат арқылы газдың ірі көпіршіктерінің өтіп кетуі жүреді. Нәтижесінде көпіршіктер көлемі артып, қайнаған қабат поршеньді жалған сұйылу режиміне ауысады. Бұған газ жылдамдығының артуы, бөлшектердің мөлшерінің артуы мен аппарат диаметрінің кішіреюі ықпал етеді. Поршеньді жалған сұйылу режимі фазалық әсерлесудің біртектілігін нашарлатады.

1-сурет. Газдың жалған жылдамдығына қатты бөлшектер қабаты кедергілерінің тәуелділігі: қабаттағы қысым айырымы; $W_{\text{ж}}$ – жалған жылдамдық; ОВ – тыныштықтағы қабат бөлігі; ВС – жалған сұйылу бөлігі; Δ – қабаттың жалған сұйылу жағдайына ауысқан мезетіндегі қысым мәні

Жалған сұйылу процесінің негізгі технологиялық параметрлері

Жалған сұйылу процесінің негізгі технологиялық параметрлеріне қабаттағы қысымның өзгерісі , ауыспалы кезеңдегі жылдамдық мәні , бөлшектердің әкетілу жылдамдығы және жалған сұйылған қатты бөлшектердің полидисперсті дәрежесі жатады. Жалған сұйылу қабатындағы қысымның өзгерісі келесі формуламен өрнектеледі:

(1.2)

мұндағы – бөлшектер қабатының көлденең қимасының ауданы, m^2 ; – қабаттағы гидродинамикалық қысым, n/m^2 ; – қатты бөлшектер қабатының салмағы; – көтеру күші.

Қатты бөлшектер қабатының биіктігін метрмен өрнектеп, арқылы, ал бөлшектер қабатының кеуектігін немесе бос көлемін арқылы белгілейміз. Осы жағдайда қатты бөлшектер қабатының көлемі былай өрнектеледі:

(1.3)

Алынған (1.3) өрнегін қатты бөлшектердің тығыздығы мен еркін түсу үдеуіне көбейтіп, қатты бөлшектер қабатының салмағын өрнектейтін теңдеуді аламыз:

(1.4)

Көтеру күшінің мәнін (1.3) өрнегін ортаның тығыздығы мен еркін түсу үдеуіне көбейтіп анықтауға болады:

(1.5)

Алынған G мен A мәндерін (1.3) теңдеуге қойып, жалған сұйылу қабатындағы қысымның өзгеруін айқындайтын өрнекті аламыз:

(1.6)

Практика жүзінде толық жалған сұйылу болмағандықтан ΔP мәні (1.6) теңдеу бойынша есептеген мәннен 10-15 % төмен болады. ВС бөлікте (1-сурет) мәні газ жылдамдығы әкету жылдамдығына дейін өскенше тұрақты болады. Бұл жағдайды (1.6)-шы теңдеуді талдау арқылы да көз жеткізуге болады. Жылдамдық артқан сайын бос көлем мәні артады, бірақ қабаттың биіктігі де артады. Олай болса, $H(1 - \varepsilon)$ көбейтіндісі әкету жылдамдығы мәніне дейін өзгермейді. Соған сәйкес ВС бөлігінде ΔP мәні де тұрақты болады. Жалған сұйылу қабаты $\varepsilon = 0,4 - 1,0$ аралығында ғана болады. Ары қарай газ ағынымен бөлшектердің әкетілуі жүреді. Қабаттың кеуектілігін келтірілген теңдеумен анықтауға болады

(1.7)

мұндағы Re_0 —Рейнольдстің түрлендірілген ұқсастық саны:

(1.8)

Ауыспалы күй жылдамдығы тәжірибе жүзінде немесе формуланы қолдану арқылы анықталады. Рейнольдстің түрлендірілген ұқсастық санын анықтайтын теңдеуден (1.8) ауыспалы күй кезеңіндегі жылдамдық мәні анықталады:

(1.9)

Бөлшектерді әкету жылдамдығы тәжірибе жүзінде анықталады, алайда жуық мәнін үйіріліп көтерілу жылдамдығын анықтайтын формуланы қолданып есептеуге болады:

(1.10)

мұндағы Re_k үйіріліп көтерілу мезетіне сәйкес Рейнольдс ұқсастық саны.

Ол анықталады

(1.11)

Шар тәрізді емес бөлшектер үшін Re_0 , Re_k , Ar ұқсастық сандарындағы диаметр орнына $\phi d_{\text{ш}}$ көбейтіндісін қояды, мұндағы $d_{\text{ш}}$ көлемі бөлшектің көлеміне тең шар диаметрі.

Шар диаметрі анықталады:

(1.12)

Бөлшек формасының факторы келесі формуладан табылады:

(1.195)

мұндағы V – бөлшектің көлемі, m^3 ; s – бөлшек беті, m^2 .

Бөлшек формасы факторын анықтауда (1.13) теңдеуіндегі мәндер нақтырақ тәжірибе жүзінде анықталады. Жуық мәнді есептеулер үшін бөлшек формасы факторының мәнін 0,9 деп алуға болады.

Полидисперсті қоспалар үшін эквивалентті диаметр анықталады:

$$(1.14)$$

мұндағы n – фракциялар саны; x_i – бірлік үлеспен алынған фракциясының массалық құрамы; d_i – i – фракциясының орташа мөлшері.

Жалған сұйылу қабатының өндірістік практикада қолданылуы

Жалған сұйылу процесі – қатты фазалы гетерогенді технологиялық процестерді жүзеге асыруда қолданылатын маңызды әдістердің бірі. Ең алғаш жалған сұйылу принципін 1884 жылы Кард пен Дж. Дейн құрамында алтын бар кендерді байытуда қолданды. Өнеркәсіптік жағдайда алғаш рет жалған сұйылу процесі Винклер газды генераторында қоңыр көмірді газификациялауда (XX ғасырдың 30-шы жылдары) және мұнайды каталитикалық крекингтеуде (1940 ж.) жүзеге асырылды. Қазіргі уақытта жалған сұйылу әдісі мұнай өңдеу, химия, металлургия, тамақ, медицина өнеркәсіптерінде және ядролық энергетикада кең түрде қолданылады.

Жалған сұйылу әдісінің мұншама кең ауқымда қолданылуы келесі құндылығымен сипатталады:

- Қатты материалдардың өте ұсақ майдалануы мен бетінің үнемі жаңарып тұруынан фазааралық әсерлесу беті артады.
- Қатты фазаны қарқынды араластыру жалған сұйылу қабатының көлемінде температураның, концентрацияның біркелкі таралуына әкеледі.
- Технологиялық процестердің үздіксіз сызба-нұсқаларын ұйымдастыруды жеңілдетеді.
- Жалған сұйылу жылдамдығына тәуелсіз жалған сұйылған қабаттың азғантай гидравликалық кедергісімен сипатталады.
- Сонымен бірге жалған сұйылу процесінің кемшіліктері де болады. Оларға:
- Қайнаған қабаттың қатты бөлшектерінің әсерінен аппарат қабырғаларының эрозиясы.
- Қатты бөлшектердің ұнтақталынуы мен газ ағынымен әкетілуі. Бұл өз кезегінде қатты бөлшектерді ұстап қалу үшін қондырғыны қосымша жабдықтауды (циклон, құрғақ электр сүзгілер) қажет етеді.
- Диэлектрлі материалдар бөлшектерінің жалған сұйылуы кезінде едәуір зарядталуы болады. Сондықтан процеске жалған сұйылу әдісін техника-экономикалық есептеулерді жүргізіп барып қолдану қажет.