

УДК 632.15

Т.В. Піскун, студ. гр. ОС-12-МБ, А.П. Мартиненко, доц.
Кіровоградський національний технічний університет

Запобігання торцевим плинам у вихрових протитечійних апаратах для висушування природного газу

Наведено результати експериментальних і теоретичних досліджень руху плівок рідин по торцевих кришках робочої камери вихрового розпилювального протитечійного масообмінного апарату у напрямку від периферії до центру, яке приводить до зниження ефективності його роботи. Аналіз гідродинамічних процесів у робочій камері дозволив встановити основні причини виникнення торцевих плінів і розробити методи зниження впливу цих плінів на ефективну роботу апарату.

масообмін, вихровий апарат, торцевий плін, розпилення, швидкість газу, тиск

Особливості організації протитечійного руху вихрових газокрапельних потоків у робочій камері вихрового розпилювального протитечійного масообмінного апарату (ВРПМА) дозволяють інтенсифікувати масообмінні процеси [1] і більш ефективно використовувати робочий об'єм апарату для сушіння природного газу [2]. Зокрема, вимогами, що забезпечують особливі умови проведення процесу, є вплив на краплі рідини поперечного градієнту окружної швидкості газу, що приводить до інтенсифікації внутрішніх циркуляційних струмів у краплях [3], і протитечійний рух газу від периферії до центру, а рідини – від центру до периферії уздовж радіуса цієї камери.

Порушення цього регулярного протитечійного руху може привести до зниження ефективності роботи масообмінного апарату і, в остаточному підсумку, до повного зриву його роботи. Тому розробка методів запобігання зриву роботи ВРПМА є актуальним завданням. Умови, що призводять до зриву роботи апаратів ВРПМА через збільшений бризковіднос до неприпустимого розміру, можуть, в основному, виникнути у двох випадках, які розглянуті у статті.

При русі крапель рідини в газовому потоці залучення їх в обертальний рух відбувається за рахунок енергії обертового газового потоку, що приводить до перерозподілу моменту кількості руху між газом і краплями рідини, й обертальний рух газу сповільнюється. Наслідком цього є зменшення тангенціальної складової повної швидкості крапель рідин, що беруть участь в обертальному русі навколо осі масообмінного апарату, і зниження розміру відцентрових сил, за рахунок впливу яких і відбувається уздовж радіуса вихрової камери протитечійний газорух крапель рідини від центру до периферії цієї вихрової масообмінної камери.

У цьому випадку сили опору починають переважати над відцентровими силами, і та частина крапель, що має недостатню окружну швидкість, утягується силою опору в радіальний рух обернено до центру вихрової масообмінної камери. Це призводить до збільшення бризковідносу і до зниження ефективності роботи апарату.

Газ через апарат ВРПМА для його висушування подається від компресорної установки, робота якої, з точки зору оптимізації енергетичних витрат, лімітується параметрами цієї установки, і змінити подачу газу для відновлення оптимального

режиму роботи ВРПМА найчастіше є економічним недоцільним. Пояснюється це порівняно невеликими витратами енергії на роботу ВРПМА в порівнянні з енергетичним споживанням компресорних агрегатів у їхньому оптимальному режимі роботи. Змінювати розмір доцільно за рахунок зміни геометричних параметрів самого вихрового масообмінного апарату.

Реально в умовах промислової експлуатації ВРПМА можна змінювати лише один геометричний параметр – ширину входних тангенціальних щілин, що конструктивно можна виконати, якщо передбачити відповідні жалюзі під час проектування ВРПМА.

Можна збільшити розмір окружних швидкостей газу уздовж радіуса вихрової масообмінної камери ВРПМА. Це приведе до відновлення протитечійного руху вихрового газокрапельного потоку в робочій камері і до нормалізації роботи апарату.

Іншим чинником, що призводить до збільшення бризковідносу і погіршення роботи ВРПМА, запобігти впливу якого значно складніше, є виникнення торцевих плинів.

При русі від центру до периферії вихрової масообмінної камери під дією відцентрових сил рідина являє собою крапельне середовище, розподілене за об'ємом. Досягаючи циліндричних стінок робочої камери, рідина осідає на них у вигляді плівки. Газовий потік, що вводиться у тангенціальному напрямку в масообмінну камеру, рухається в окружному напрямку вздовж стінки камери, захоплюючи з собою плівку рідин в обертальний рух. У зв'язку з тим, що окружна швидкість газу біля циліндричної стінки невелика, сили, що діють на плівку з боку газового потоку, будуть одного виміру з силами тяжіння, які захоплюють плівку до нижньої торцевої кришки.

Причина, яка викликає торцевий рух плівки рідини, полягає в тому, що по мірі наближення до торцевої кришки швидкості в вихровому газовому потоці зменшуються внаслідок наявності в'язкості. При цьому в ядрі потоку по мірі зростання швидкості зменшується тиск. Причому для ідеального газу окружна швидкість прагне до нескінченності до центру вихрової камери, а тиск зменшується до нуля. В реальному потоці завдяки наявності в'язкості і відведення потоку газу з вихрової камери в одній із торцевих кришок картина течії значно відрізняється від течії ідеального газу, але тенденція падіння статичного тиску добре виражена.

Таким чином, в шарі газового потоку, близькому до торцевої кришки, поле тиску переважає поле відцентрових сил. В цьому випадку рідина, яка знаходиться на периферії торцевої кришки у вигляді тонкої плівки, під впливом перепаду тиску залучається в рух, направлений до центру вихрової камери, де на виході з камери можливий зрив плівки і подальший прямоочний спільний рух крапель рідини і газу. Таке явище в проті точному апараті небажано.

Шляхи боротьби з торцевими течіями в вихрових масообмінних камерах можна визначити, виходячи з аналізу гідродинамічної обстановки, при якій виникають ці течії. Зменшення перепаду тиску вздовж торцевої кришки можна досягнути зниженням швидкості газу в центральній області, що неприйнятно, бо тягне за собою збільшення розміру крапель рідини, яка розпорошується. Найбільш доцільним є вчасне відведення рідини з циліндричних стінок масообмінної камери і зниження живлення торцевої течії рідиною, яка стікає зі стінок робочої камери.

З метою розробки конструктивних методів боротьби з торцевими плинами був проведений комплекс досліджень по вивченню цього явища. При цьому використовувалась методика по вивченню бризковідносу, яка викладена в [4].

Оскільки запобігти зміні перепаду тиску від периферії до центру вихрової масообмінної камери не вдається, використовувалась інша властивість вихрового газового потоку, а саме: високі значення окружних швидкостей газу біля входного краю патрубку для відводу газу з масообмінної камери.

На вході у патрубок відводу газу встановлювався додатковий циліндричний виступ з метою підведення плівки рідини в зону високих швидкостей газу. Порівняльні характеристики зміни відносного розміру бризковідносу, показують, що таке конструктивне виконання вхідної крайки відводу газу дозволяє знизити бризковіднос у 2-3 рази, що значно поліпшить роботу ВРПМА.

Плівка рідини від циліндричних стінок масо обмінної камери до її центру рухається по спіральній траєкторії, що поступово розкручується, і змінює свій напрямок від тангенціального до радіального. До патрубка відводу газу плівка рідини підходить практично в радіальному напрямку і за рахунок впливу на неї високошвидкісного газового потоку піддається дробленню на краплі рідини малого розміру (близько 50 мкм).

Краплі такого малого розміру практично відразу втягуються в обертальний рух, на них починають діяти відцентрові сили, що втягують рідину в протитечійний уздовж радіуса вихрової масообмінної камери рух від центру до периферії.

Переважна частина рідини, що брала участь у торцевому плинні, повертається до циліндричної стінки масообмінної камери. Відсутність додаткового патрубка біля входу у відвід газу приводить до течії плівки у вихідний отвір, у якому осьові швидкості газу переважають над окружними і вся плівка рідини виноситься потоком газу з масообмінної камери.

Таким чином, вивчення фізичної картини руху вихрових газокрапельних потоків і плинів плівок рідини у вихровій масообмінній камері дає змогу використовувати особливості структури таких потоків для розробки конструктивних способів боротьби з торцевими плинами та бризковідносом, підвищити ефективність роботи ВРПМА в процесах сушіння природного газу і розширити область його стійкої роботи.

Список літератури

1. Коротков Ю.Ф., Николаев Н.А. Структура вихрового потока в камере с тангенциальным подводом газа // Труды КХТИ им. С.М. Кирова, 1972. – Вып. 48. – С. 28-34.
2. Скабинский В.И. Брызкоунос в вихревых распиливающих противоточных массообменных аппаратах // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1998. - №2. – С. 66-70.
3. Гольдгитик М.А., Леонтьев А.К., Палеев И.И. Аэродинамика вихровой камеры // Теплоэнергетика, 1961. - №2. – С. 40-42
4. Хомин Б.Г. Гидродинамика высокоэффективных вихревых аппаратов для осушки природного газа // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1998. - №6. – С. 50-54.

Т.Пискун, А.Мартынченко

Предотвращение торцевых течений в вихревых противоточных аппаратах для сушки природного газа

Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований движения пленок жидкостей по торцевых крышках рабочей камеры распыливающего противоточного массообменного аппарата в направлении от периферии к центру, которое приводит к снижению эффективности его работы. Анализ гидродинамических процессов в рабочей камере позволил установить основные причины возникновения торцевых течений и разработать методы снижения влияния этих течений на эффективную работу аппарата.

T.Piskun, A. Martynenko

Preventing end eddy currents in protivopotochnyh apparatus for drying natural gas

The results of the experimental and theoretical researches on the liquid films motion along the end cap of the working chamber in the vortex atomizing counter-flow mass-transfer apparatus in direction from the periphery to the center are present. This motion leads to the abatement of efficiency on its work. The analysis of the hydrodynamic processes in the working chamber allowed to find the major causes of the end flows and to develop the methods of decreasing the influence of these flows on the apparatus effective work.

Одержано 06.12.12