

НОВА КОНСТРУКЦИЯ НА ПРАВОТОЧЕН ЦИКЛОН С ОБРАТЕН ПОТОК НА ЗАВИХРЕНИЕ

Любчо Любчев, Димитър Русев, Руси Павлов, Ирена Марковска-Минова

NEW DESIGN OF A DIRECT-FLOW CYCLONE FROM A RETURN VORTICAL STREAM

Ljubcho Lyubchev, Dimitar Rusev, Rusy Pavlov, Irena Markovska-Minova

ABSTRACT

The new design of a direct cyclone is offered at which stream of gas moves in a bottom and is removed in top is frequent the device. The developed new design offers a line of advantage at a configuration of the technological scheme of installation.

In work the mathematical model for calculation of a cyclone with return streams turbulence is offered and the computer program for calculation and optimization scapula a cyclone is presented.

Key words: direct cyclone, weighted stratum, ebullient layer, equilibration of particles

ВЪВЕДЕНИЕ

В химическата, хранително-вкусовата и други сродни промишлености, за отделяне на твърда или течна фаза диспергирана в газов поток, широко се използват така наречените правоточни циклони [2,5]. Предимството на този вид конструкции циклон се определя от значително по-малкото хидродинамично съпротивление на апарата, в сравнение с конструкциите на ЦН-циклоните [5]. При това, особено за течна фаза, ефективността на работа на правоточния циклон не отстъпва съществено на ЦН-циклоните.

Предимствата на правоточните циклони се определят от значително по-малките работни скорости на газовия поток на вход в циклона – за правоточния циклон скоростта на газа е около 10 m/s [2,5], докато при ЦН-циклона са от 20-25 m/s [1]. Тези по-малки работни скорости на газовия поток определят и по-малкото хидродинамично съпротивление на апарата.

Правоточният циклон обаче работи винаги във вертикално положение, като газовият поток се подава отгоре на долу по височина на циклона и се извежда перпендикулярно на апарата. Тази схема на движение не винаги е удобна за организиране на технологичните процеси и води до

промяна на посоката на потока, а от тук и до допълнително повишаване на хидродинамичното съпротивление на апарата.

В предлаганата нова конструкция, разработена на базата на правоточен циклон, газовият поток се подава отдолу нагоре и се извежда отгоре на апарата. Тази схема на движение предлага редица нови предимства, като не променя посоката на движение на потока с което се постига по-малко съпротивление на апарата и по-голямо удобство при конфигурация на технологичната схема на инсталацията.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

1. Използвани основни означения.

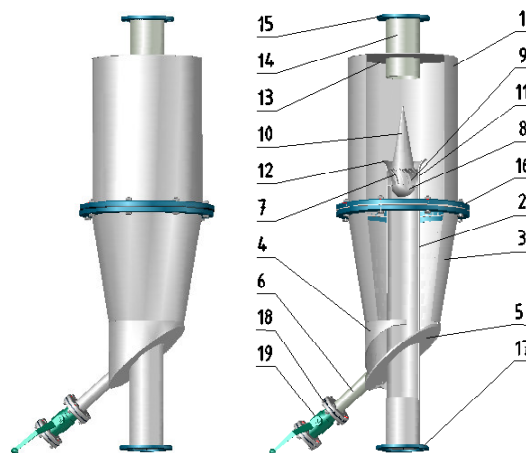
$V_{\text{ГАЗ-ОБЩО}}$ – производителност по газова фаза, m^3/s ; s – общо сечение на каналите на завихрителя, m^2 ; $\omega_{\text{ЗАВИХ.}}$ – скорост на газовия поток в каналите на завихрителя, m/s ; $d_{\text{Г.К}}$ – диаметър на газовата камера, m ; $d_{\text{ТОРП.}}$ – диаметър на корпуса на торпедото, m ; $d_{\text{К}}$ – диаметър на конуса на торпедото, m ; H – височина на конуса на торпедото, m .

2. Конструктивни особености на апарата.

Конструкцията на апарата е показана на фиг.1, тя е разработена на базата на

правоточен циклон и представлява инерционен прахо- или капкоуловител, в който отделянето на твърдите частици или капките течност деспергирани в газовия поток, се осъществява под действие на инерционни сили възникващи вследствие на изменение на скоростта и посоката на движение на газа в завихрителя. При това изменение на динамиката на потока възникват центробежни сили, които го завихряват. Това завихряне се осъществява в устройство наречено завихрител (фиг. 4). Той е съставен от централно торпедо, състоящо се от корпус (9), полусферично чело (8) и конусна опашка (10). По периферията на торпедото са разположени лопатки (7). Торпедото и лопатките са поместени в корпус (11). Лопатките на завихрителя са огънати под формата на част от спирала при което между тях се оформят спираловидни канали. Вследствие на това, че сумарното сечението на каналите е по-малко от общото сечение на потока, навлизайки в завихрителя, газовият поток се ускорява. Спираловидното сечение на каналите между лопатките допълнително развърта газовия поток, вследствие на което статическото налягане се понижава от периферията на канала към неговия център. Тази хидродинамична обстановка в канала на завихрителя, води до концентриране на твърдата или течна фаза носена от газовия поток, по челната повърхност на лопатката. Зад корпуса на торпедото е монтиран дифузор (12), който отхвърля частиците към вътрешната стена на корпуса на апарата (1). От тук частиците, под действие на гравитационните сили се свличат под формата на винтообразен поток в коничната част на апарата (3). След дифузора газовият поток попада в много по-голямото сечение на корпуса на апарата, вследствие на което скоростта му рязко пада и това допълнително облекчава утаяването на твърдата или течна фаза. Осветления газов поток, концентриран около конусната опашка на торпедото, винтообразно напуска апарата през централната тръба (14). Запазването на винтообразното движение на газа на изход от апарата повишава ефективността на разделяне, ето защо на фланеца (15) допълнително се монтира „охлюв” подобен на корпус на вентилатор, чрез който се отвежда изходящия газов поток (охлюва не е показан в конструкцията на апарата). Допълнително в апарата са монтирани

централна тръба (2) с фланец (17), по която постъпва замърсеният газов поток. Твърдата фаза, утаена в скосената с елипсоиден капак (5) цилиндрична част (4), се отвежда по щуцер (6) към сборния бункер.



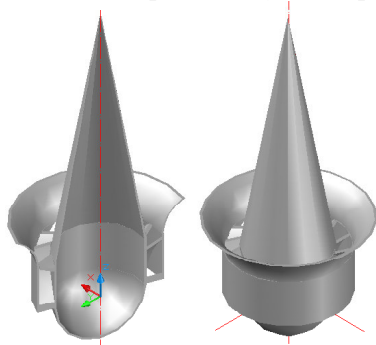
Фиг. 1. Конструкция на апарата

3. Математичен модел за оразмеряване на апарата.

Изследвано е влиянието на формата на лопатката на върху ефективността на работа на завихрителя, показан на фиг. 2. От направените изследвания се установи, че при навлизане на потока в канала на завихрителя основният поток се притиска към външната стена на канала, а около вътрешната стена се получава зона на разреждане. Големината на уплътняването и разреждането на потока е в пряка зависимост от скоростта на газовия поток в канала на завихрителя. Следователно определящ фактор за подобряване работата на завихрителя се явява сечението на канала.

За ефективната работа на циклонния завихрител е необходимо скоростта на газовия поток в него да бъде от порядъка на $5 \div 15 \left[\frac{m}{s} \right]$. От графиките, показани на фиг.3 и фиг.4 се вижда, че с увеличаване на скоростта на газовия поток в завихрителя над $10 \left[\frac{m}{s} \right]$ ефективността на работата му чувствително не се изменя, но за сметка на това рязко се увеличава неговото съпротивление. Следователно оптимален

режим на работа на този тип завихрител е при скорости на газовия поток около $10 \left[\frac{m}{s} \right]$. За постигането на тази скорост е необходимо да се определи диаметра на торпедото, намиращо се в централната му част (фиг. 2).



Фиг. 2. Конструкция на завихрителя

Този диаметър се определя от ефективното сечение на завихрителя:

$$s = \frac{\pi \cdot (d_{Г.К} - d_{ТОРП.})^2}{4} = \frac{V_{ГАЗ-ОБЩО}}{3600 \cdot \omega_{ЗАВИХ.}} \text{ m}^2$$

$$d_{ТОРП.} = d_{Г.К} - \sqrt{\frac{4 \cdot s}{\pi}} \text{ m}$$

Радиусът на закръгление на лопатката оказва съществено влияние на съпротивлението на конструкцията. При увеличаване на радиуса нараства съпротивлението на завихрителя като цяло, но се подобрява плътността на потока около вътрешната стена на канала и се увеличава разреждането около външната му стена, това води и до по-голям коефициент на ефективност на завихрителя като цяло. Намаляването на радиуса на закръгление на лопатката, води до намаляване на хидродинамичното съпротивление на завихрителя, но понижава коефициента на ефективност на разделяне. От направените изследвания и симулации се установи, че при външни диаметри около 100 mm оптималният радиус на кривината на лопатката е около 60^0 .

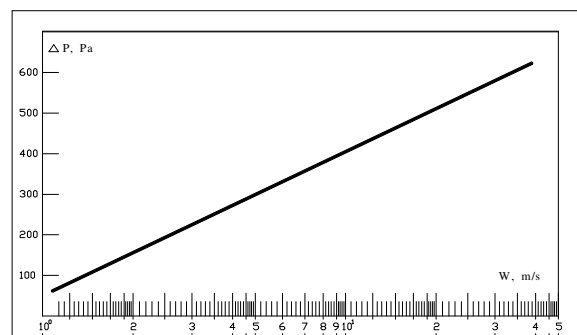
Връзка между външния диаметър на завихрителя и радиуса на закръгление на лопатката му не оказва съществено влияние върху ефективността на работата му.

При разработване на такава конструкция на завихрителя основна трудност представлява оразмеряването и изработването на лопатките на завихрителя.

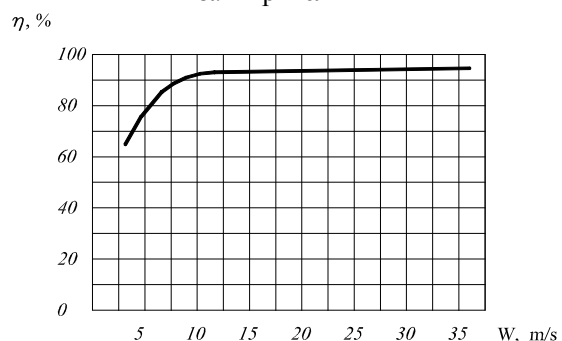
Въз основа на направените изследвания и симулации върху влиянието на формата на лопатката на завихрителя върху ефективността на разделяне беше разработена компютърна програма за оптимизиране на конструкцията и формата на лопатката в зависимост от хидродинамичните и конструктивните особености на завихрителя (фиг. 5). Като резултат програмата определя основните геометрични характеристики на лопатката и изработва разгъвка на последната.

За снижаване на турбуленциите в челната част на лопатката, тя се заостря от страната на огъване.

Отчитайки, че потока, преминавайки пред канала на лопатката, се притиска към челната страна на лопатката и с цел да се премахнат допълнителните завихрения и турбулизации, които влошат разделянето, е необходимо лопатките да бъдат заварени само от задната си страна към тялото на торпедото (фиг. 2).



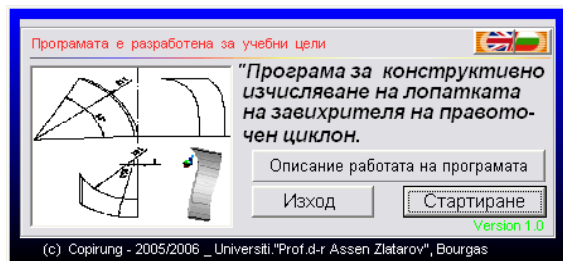
Фиг. 3. Хидродинамично съпротивление на завихрителя



Фиг. 4. Ефективност на разделяне

В задната си част торпедото завършва с конус. Задачата на конуса е да не позволи разкъсване на токовите линии на потока газ, след завихрителя, което ще доведе до турбуленции

на потока и снижаване ефективността на разделянето.



Фиг. 5. Програма за оптимизиране конструкцията и формата на лопатката

Задълбочени изследвания за влиянието на ъгъла на разтваряне на конуса и неговата височина не са правени, ето защо геометричните му характеристики се избират от конструктивни съображения.

Диаметърът на конуса се избира равен на диаметър на торпедото на завихрителя. Ъгълът на разтваряне при върха се избира около $\alpha = 20^\circ$, при което се получава височина на конуса :

$$H = \frac{d_k}{2 \cdot \text{tg} 10^\circ} \text{ m.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- предлага се нова конструкция на правоточен циклон при който газовият поток се подава в долната част и се извежда отгоре на апарата.
- новата конструкция предлага редица предимства при конфигурация на технологичната схема на инсталацията.
- разработен е математичен апарат за оразмеряване на циклона с обратен поток на завихрение.
- разработена е компютърна програма за оптимизиране и оразмеряване на лопатките и завихрителя на циклона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коузов П.А., А.Д. Мальгин, М.Г. Скрыбин, Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности, Химия, Ленинград, 1982, с.256.
2. Митев Д.Т, Гидродинамика дисперсных систем в аппаратах со взвешенным слоем,
3. (моногр.), ОНИИЭХИМ, г.Черкаскы, №1616-78, Деп. 20.04.78., с.175.
4. Попов М., Л. Панов, Хидро- и газодинамика, Техника, София, 1980, с.438.
5. Романков П.Г., Рашковская Н.Б., Сушка во взвешенном состоянии, Изд. 5-е, Химия, Л.,1979, с.271.

Представена за печат на 01.10.2007 г.