

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЛОПАСТНОГО РАСКРУЧИВАТЕЛЯ ЦИКЛОННОГО АППАРАТА

Магистр техн. наук, асп. МИСЮЛЯ Д. И., канд. техн. наук КУЗЬМИН В. В.,
докт. техн. наук, проф. МАРКОВ В. А.

Белорусский государственный технологический университет

Циклонные аппараты благодаря дешевизне, простоте устройства и обслуживания, высокой производительности являются самым распространенным типом пылеуловителей. Наиболее широкое применение получили цилиндрические циклоны конструкции НИИОГАЗ, среди которых в свою очередь чаще всего используются циклоны типа ЦН-15, обеспечивающие достаточно высокую эффективность при умеренном гидравлическом сопротивлении [1].

Энергопотребление циклонов определяется гидравлическими потерями в них, которые в основном связаны с вращательным движением газа и потерей кинетической энергии выходящего вихревого потока [2]. Для снижения последних можно использовать регенераторы давления, выполненные в виде лопастных раскручивателей [3].

А. А. Первов [4] исследовал девять типов раскручивателей, среди которых, с точки зрения сохранения аэродинамических условий сепарации пыли, оптимальным является винтолопастной раскручиватель (рис. 1а). Устройство, имеющее форму каплевидного тела, устанавливается внутри выхлопной трубы и состоит из цилиндрической части 1 с радиальными лопастями 2, изогнутыми по винтовой линии, конуса 3 и обтекателя 4. Применение винтолопастного раскручивателя позволяет снизить гидравлическое сопротивление циклонов ЦН-15 на 19–20 % без ухудшения качества очистки. В то же время потери давления вследствие вращательного движения в выхлопной трубе составляют 25–30 % от общего сопротивления [4]. Учитывая сказанное выше, а также постоянно возрастающую значимость проблемы энергосбережения, нами разработана новая конструкция лопастного раскручивателя (рис. 1б). Раскручиватель, располагаемый в выхлопной трубе циклона, состоит из цилиндрической части с радиальными, изогнутыми по направлению вращения газового потока лопастями и конуса. Профиль лопастей соответствует дуге окружности радиусом R с углом входа α , определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе, и углом выхода, соответствующим осевому движению газа.

Целью данной работы являлось определение оптимальных геометрических параметров лопастного раскручивателя, которые изменялись в следующих пределах: диаметр сердечника $d = (0,35–0,7)D$, число лопастей $n = 1–6$, высота лопастей $h = (0,42–2,11)D$, высота конуса $h_k = (0–4)d$.

Исследования гидравлического сопротивления проводились на незапыленном атмосферном воздухе при температуре 20 °С на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром 0,24 м в соответствии с методикой, рекомендованной НИИОГАЗ [5, 6]. Условная скорость газа изменялась в интервале $w = 2–4$ м/с, соответствующем практически используемому диапазону рабочих скоростей для данных циклонов.

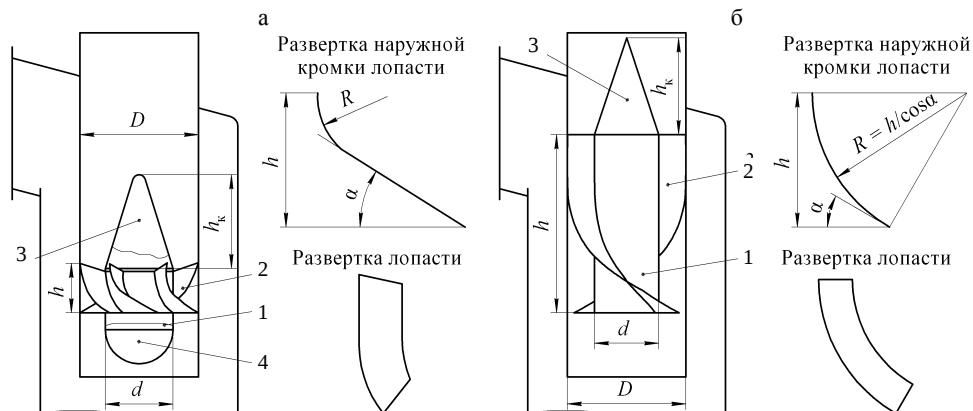


Рис. 1. Конструкции раскручивателей: а – винтолопастного; б – лопастного; 1 – цилиндрическая часть (сердечник); 2 – лопасти; 3 – конус; 4 – обтекатель; d – диаметр сердечника; D – внутренний диаметр выхлопной трубы; h – высота лопастей; h_k – высота конуса; α – угол входа потока на лопасти; R – радиус кривизны профиля лопасти

Эффективность работы раскручивающего устройства оценивалась степенью снижения гидравлического сопротивления циклона ε , %, определяемой по формуле

$$\varepsilon = 100 \cdot (1 - \Delta p_p / \Delta p),$$

где Δp_p , Δp – гидравлическое сопротивление циклона с раскручивающим устройством и без него соответственно.

Согласно проведенным исследованиям установлено следующее:

1) оптимальный диаметр сердечника находился в диапазоне $d = (0,55-0,65)D$ (рис. 2). Выбор определенного значения из данного интервала может осуществляться с учетом конкретных условий проведения процесса. При очистке газов, содержащих большое количество мелкодисперсной пыли, а также при улавливании слипающейся пыли вследствие зарастания каналов для прохода газового потока предпочтительнее устанавливать раскручиватель с диаметром сердечника ближе к нижнему пределу, что также способствует снижению его материалоемкости;

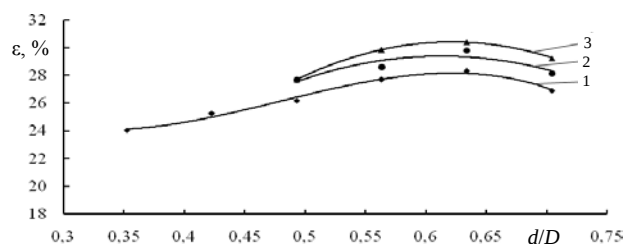


Рис. 2. Влияние диаметра цилиндрической части двухлопастного раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной высоте лопастей: 1 – $h/D = 1,06$; 2 – $1,27$; 3 – $1,48$ и $1,69$

2) наибольшее снижение сопротивления достигается путем установки двух- или трехлопастного раскручивателя с высотой лопастей не менее $h = 1,48D$ (рис. 3). Увеличение высоты лопастей выше $1,48D$ практически не влияет на сопротивление циклона, повышая материалоемкость его изготовления. Меньшего эффекта можно добиться с помощью однолопастного устройства (рис. 4), однако высота лопасти при этом, как и высота цилинд-

рической части, увеличивается на 70 %, что существенно повышает его габариты и затраты материала на изготовление. С практической точки зрения, предпочтительным является применение раскручивателя с меньшим числом лопастей вследствие увеличения проходного сечения, а также снижения поверхности для отложения пыли и опасности его зарастания;

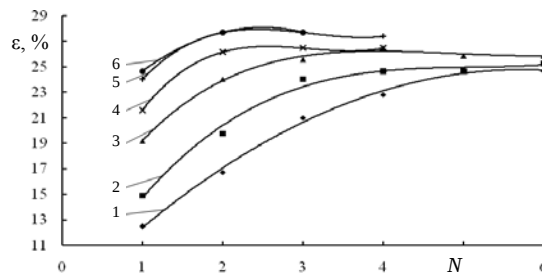


Рис. 3. Влияние числа лопастей раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной высоте лопастей: 1 – $h/D = 0,42$; 2 – $0,63$; 3 – $0,85$; 4 – $1,06$; 5 – $1,27$; 6 – $1,48$

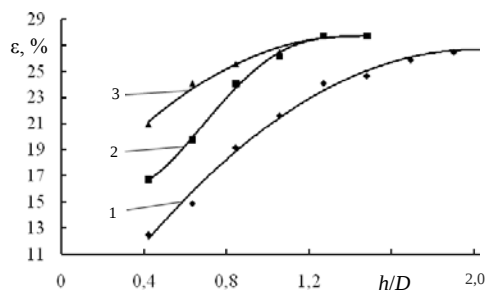


Рис. 4. Влияние высоты лопастей раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различном числе лопастей N

3) с увеличением высоты конуса лопастного раскручивателя сопротивление циклона снижается и при достижении значения $h_k = 1,5d$ остается практически постоянным (рис. 5);

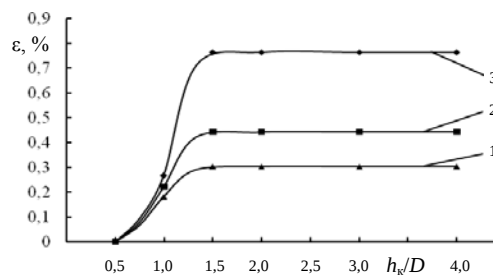


Рис. 5. Влияние высоты верхнего конического обтекателя на степень снижения сопротивления циклона при различной условной скорости газа в циклоне: 1 – $w = 3$ м/с; 2 – $3,5$; 3 – 4 м/с

4) наличие обтекателя, выполненного в виде кока или конуса, не влияет на сопротивление циклона, что позволяет отказаться от него, упростив конструкцию раскручивателя и снизив его материалоемкость (поэтому на рис. 1б обтекатель не показан).

Таким образом, оптимальной для циклонов ЦН-15 является конструкция лопастного раскручивателя с параметрами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры раскручивателя	Оптимальное значение	
	Винтолопастной раскручиватель	Лопастной раскручиватель
Диаметр сердечника	$d = 0,5D$	$D = (0,55-0,65)D$
Число лопастей	$N = 6$	$N = 2$
Высота лопастей	$h \approx 0,5D$	$H = 1,48D$
Угол входа потока на лопатки	$\alpha = 35^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
Высота конуса	$h_k = 1,7d$	$h_k = 1,5d$
Наличие обтекателя	Да	Нет

Влияние лопастного раскручивателя на степень снижения гидравлического сопротивления ϵ циклона ЦН-15 при условной скорости газа $w = 2-4$ м/с показано на рис. 6.

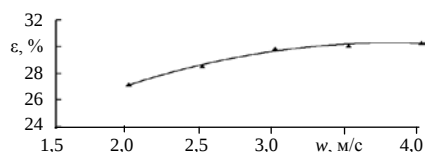


Рис. 6. Влияние лопастного раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной скорости газа в нем

Из рис. 6 видно, что с увеличением скорости газа эффект снижения сопротивления циклона с помощью раскручивающего устройства возрастает. Подобный характер зависимости был получен А. А. Первовым [4].

ВЫВОД

Проанализировав результаты экспериментальных исследований, можно сделать заключение о том, что разработанный лопастной раскручиватель, снижающий энергопотребление циклонов ЦН-15 на 28–30 %, значительно эффективнее винтолопастного раскручивателя, позволяющего восстановить лишь 19–20 % энергии. Улучшенная эффективность снижения потерь давления может быть объяснена более плавным выпрямлением газового потока вследствие большей длины и более равномерного изгиба лопастей, а также меньшим их числом, что позволяет увеличить проходное сечение и снизить гидравлические потери в каналах между ними.

ЛИТЕРАТУРА

- Ш в ы д к и й, В. С. Очистка газов: справ. изд. / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – 640 с.
- И д е л ь ч и к, И. Е. К вопросу о гидравлическом сопротивлении циклонов / И. Е. Идельчик // ИФЖ. – 1969. – Т. XVI, № 5. – С. 899–901.
- Ц и к л о н ы НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. – Ярославль, 1970. – 95 с.
- П е р в о в, А. А. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.04.01 / А. А. Первов; Всесоюз. дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический НИИ им. Ф. Э. Дзержинского. – М., 1973. – 20 с.
- И д е л ь ч и к, И. Е. Гидравлическое сопротивление циклонов, его определение, величина и пути снижения / И. Е. Идельчик // Механическая очистка промышленных газов / НИИОГАЗ; под ред. Б. Ф. Подошвенникова. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 135–159.
- К о у з о в, П. А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрябин. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.

Представлена кафедра
процессов и аппаратов
химических производств

Поступила 13.05.2010