

## 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  $\alpha$ , 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 следу-

ющих 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  $20\text{ }^\circ\text{C}$  на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром  $0,24\text{ м}$  в соответствии с методикой, рекомендованной НИИОГАЗ [5, 6]. Условная скорость газа изменялась в интервале  $w = 2-4\text{ м/с}$ , соответствующем практически используемому диапазону рабочих скоростей для данных циклонов.

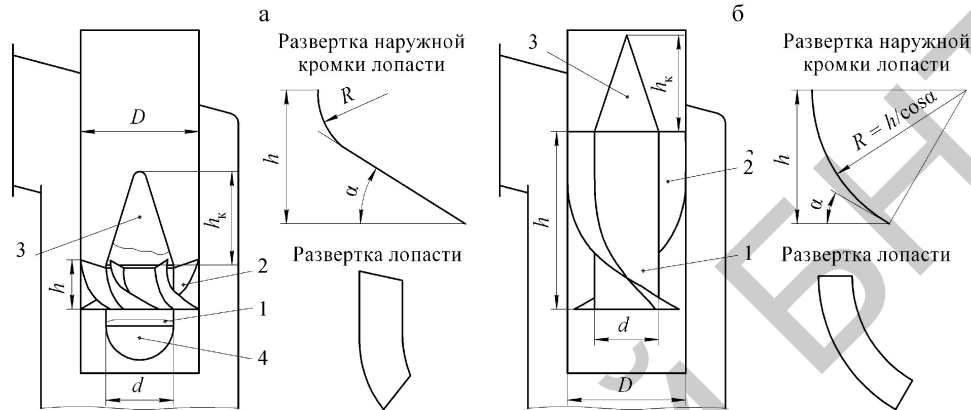


Рис. 1. Конструкции раскручивателей: а – винтолопастного; б – лопастного; 1 – цилиндрическая часть (сердечник); 2 – лопасти; 3 – конус; 4 – обтекатель;  $d$  – диаметр сердечника;  $D$  – внутренний диаметр выхлопной трубы;  $h$  – высота лопастей;  $h_k$  – высота конуса;  $\alpha$  – угол входа потока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

Эффективность работы раскручивающего устройства оценивалась степенью снижения гидравлического сопротивления циклона  $\varepsilon$ , %, определяемой по формуле

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

где  $\Delta p_p$ ,  $\Delta p$  – 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;

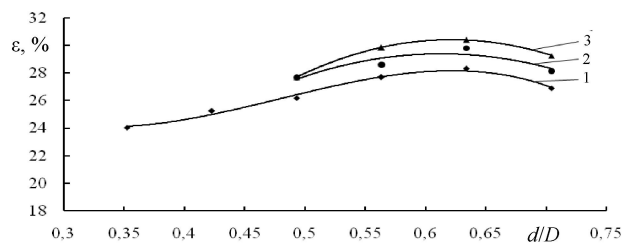


Рис. 2. Влияние диаметра цилиндрической части двухлопастного раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной высоте лопастей: 1 –  $h/D = 1,06$ ; 2 –  $1,27$ ; 3 –  $1,48$  и  $1,69$

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 цилиндрической 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;

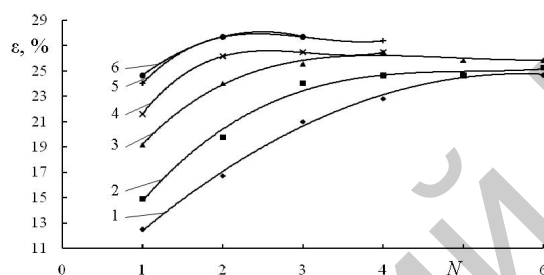


Рис. 3. Влияние числа лопастей раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной высоте лопастей: 1 –  $h/D = 0,42$ ; 2 –  $0,63$ ; 3 –  $0,85$ ; 4 –  $1,06$ ; 5 –  $1,27$ ; 6 –  $1,48$

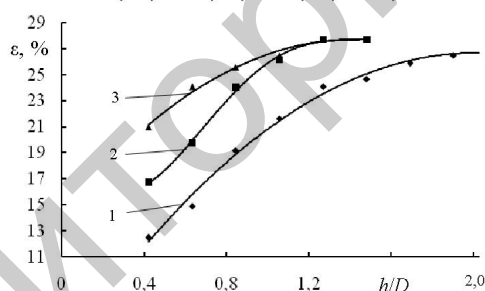


Рис. 4. Влияние высоты лопастей раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различном числе лопастей  $N$

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

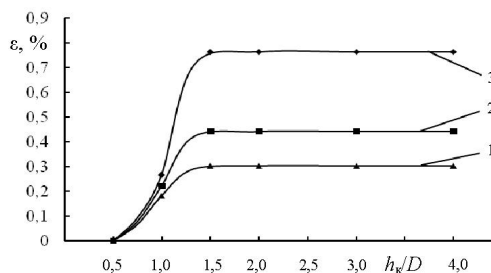


Рис. 5. Влияние высоты верхнего конического обтекателя на степень снижения сопротивления циклона при различной условной скорости газа в циклоне: 1 –  $w = 3$  м/с; 2 – 3,5; 3 – 4 м/с

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  $\varepsilon$  циклона ЦН-15 при условной скорости газа  $w = 2-4$  м/с показано на рис. 6.

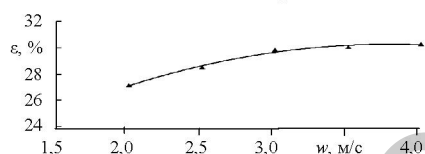


Рис. 6. Влияние лопастного раскручивателя на степень снижения сопротивления циклона при различной скорости газа в нем

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

1. Ш в ы д к и й, В. С. Очистка газов: справ. изд. / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладьгичев. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – 640 с.
2. 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.
3. Ц и к л о н ы НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. – Ярославль, 1970. – 95 с.

4. 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.

5. 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.

6. 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 кафедрой  
процессов и аппаратов  
химических производств

Поступила 13.05.2010

Репозиторий БНТУ