

УДК 544.723

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
УГОЛЬНЫХ АДСОРБЕРОВГусенцова Я.А.¹, Красногрудов А.В.², Родыгина М.М.³, Высоцкая Н.Д.^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
291034, Луганская Народная Республика, г. Луганск, кв. Молодежный, 20А⁴Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. АграрноеE-mail: ¹gusentsova@gmail.com, ²krasnogrudov@mail.ru, ³sunsara_06@mail.ru, ⁴natali.v-v@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению гидравлических свойств угольных адсорберов, используемых в различных промышленных процессах. Рассмотрены их назначение и области применения. Основное внимание уделено экспериментальному определению коэффициентов гидравлического сопротивления, которые являются ключевыми параметрами для моделирования и оптимизации работы адсорбционных систем.

Разработана и изготовлена экспериментальная установка, подобраны приборы для определения основных параметров для определения гидравлических характеристик угольных адсорберов. В ходе исследования были проведены эксперименты по измерению гидравлического сопротивления угольных адсорберов при различных условиях эксплуатации. Использовались различные параметры, варьировались параметры потока рабочей среды, такие как скорость и давление. Полученные данные позволили определить зависимости гидравлического сопротивления от этих параметров и выявить оптимальные условия для работы адсорберов.

Результаты исследования показывают, что пористость и структура угольных адсорберов существенно влияют на их гидравлические характеристики. Экспериментально определены коэффициенты гидравлического сопротивления для различных типов адсорберов, что важно для оптимизации процессов фильтрации и сепарации. Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных с теоретическими моделями, что позволило уточнить существующие модели и предложить новые подходы к расчету гидравлических характеристик.

Полученные экспериментальные данные позволяют с одной стороны уточнить математические модели процесса адсорбции, с другой стороны определить адекватность имеющихся моделей.

В заключение, подчеркивается важность экспериментальных исследований для понимания и оптимизации гидравлических характеристик угольных адсорберов. Полученные результаты могут быть полезны для разработки новых и улучшения существующих адсорбционных систем, что имеет большое значение для различных отраслей промышленности, где используются угольные адсорберы.

Предметом исследования являются гидравлические характеристики угольных адсорберов. Основное внимание уделяется экспериментальному определению коэффициентов гидравлического сопротивления пористых тел, используемых в установках вакуумной сепарации.

Материалы и методы: в экспериментах использована различные адсорбционные материалы, конструктивные элементы фильтров различных типов и размеров. Подробно описаны их физические свойства, а также условия подготовки и проведения экспериментов.

Использована специально спроектированная и изготовленная экспериментальная установка, контрольно-измерительная аппаратура и методики для определения гидравлических характеристик, включающие методы экспериментального определения коэффициентов гидравлического сопротивления, а также методики анализа полученных данных.

Результаты: экспериментально определены коэффициенты гидравлического сопротивления для различных типов наполнителей угольных адсорберов. Эти данные важны для оптимизации процессов фильтрации и сепарации.

Исследовано влияние структуры угольных адсорберов на их гидравлические характеристики. Выявлено, что более пористые материалы демонстрируют меньшие значения гидравлического сопротивления.

Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных с теоретическими моделями, что позволило уточнить существующие модели и предложить новые подходы к расчету гидравлических характеристик

Выводы: проведенные эксперименты позволили получить зависимость коэффициента гидравлического сопротивления фильтроэлемента в зависимости от основных его геометрических и гидравлических параметров, на основе которых рассчитать гидравлическое сопротивление адсорбера при заданной геометрии, как самого фильтра, так и фильтрующего материала, расхода воздуха через него, или определить площадь фильтрующей поверхности при заданном расходе, перепаде давления и характеристиках фильтрующего элемента. Последние данные могут служить основой для выбора вентилятора для системы очистки.

Отметим также, что гидравлическое сопротивление адсорбера существенно влияет на эффективность вентиляционной системы, особенно если система включает в себя вентиляторы, фильтры и другие элементы, которые создают сопротивление потоку воздуха.

Ключевые слова: адсорбер, фильтр, гидравлическое сопротивление, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Угольные адсорберы – это устройства, предназначенные для удаления загрязняющих

веществ из газов или жидкостей с использованием активированного угля как адсорбента. Адсорбция – это процесс, при котором молекулы загрязнителей прилипают к поверхности адсорбента [3, 6, 13].

Основными компонентами угольных адсорберов являются адсорбент – активированный уголь и камера адсорбции в которой происходит процесс очитки. Газы или жидкости, содержащие загрязнители, проходят через эту камеру, в которой уголь проводит процесс адсорбции.

Угольные адсорберы находят применение в различных областях, таких как водоочистка, очистка воздуха, обработка промышленных газов и другие процессы, требующие удаления загрязнителей из газов или жидкостей [8, 12].

Угольные адсорберы играют важную роль в обеспечении безопасности жизнедеятельности, особенно в контексте защиты от вредных газов, паров и других токсичных веществ. Эти устройства используются для очистки воздуха от вредных примесей, что может быть критически важно в различных областях, таких как промышленность, медицина, аварийно-спасательные операции и т.д. [11, 13]

Вот несколько областей применения угольных адсорберов в контексте обеспечения безопасности жизнедеятельности: защита от ядовитых газов, защита от химически опасных паров; в различных производственных секторах, таких как производство пластмасс, красок, резин и т.д., где могут образовываться токсичные пары и газы. Угольные адсорберы используются для удаления этих вредных веществ, содействуя поддержанию безопасных условий для рабочих [7, 8].

В медицинских средах угольные адсорберы могут применяться для очистки воздуха от анестетиков и других медицинских газов, предотвращая их негативное воздействие на персонал и пациентов.

Важно правильно подбирать и обслуживать угольные адсорберы, чтобы обеспечить их эффективную работу и обеспечить безопасность в рабочих условиях [12, 15].

Гидравлические характеристики угольных адсорберов могут варьироваться в зависимости от конкретного применения и конструкции системы, таких как: проходимость – свойство характеризует способность среды пропускать жидкость или газ через свою структуру; гидравлическое сопротивление. Скорость фильтрации – скорость, с которой проходит жидкость или газ через угольный адсорбер, также может влиять на его эффективность, поскольку высокие скорости могут привести к недостаточной адсорбции загрязнений. Модуль проницаемости – этот коэффициент измеряет способность материала пропускать жидкость или газ и может быть важным параметром для определения гидравлических характеристик угольного адсорбента [5, 11].

Уточнение конкретных гидравлических характеристик для определенного типа угольного адсорбента лучше всего проводить согласно технической документации или рекомендациям производителя.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследование гидравлических характеристик угольных адсорберов, используемых в различных промышленных процессах, может проводиться с использованием различных методов и приборов [9, 10].

При выборе метода проведения экспериментов важно учитывать конкретные характеристики адсорбера, условия эксплуатации и цели исследования. Комбинированный подход, включающий в себя несколько методов, может предоставить более полное представление о гидравлических характеристиках угольных адсорберов [7, 10].

Гидравлическое сопротивление в системе угольных адсорберов обычно связано с потоком жидкости через их внутреннюю структуру. Угольные адсорберы используются для очистки газов или жидкостей от загрязнителей, путем адсорбции этих загрязнителей на поверхности активированного угля [3, 5].

Гидравлическое сопротивление зависит от нескольких факторов, включая размер и форму гранул угля, его упаковку в адсорбере, концентрацию загрязнителей, скорость потока жидкости и другие параметры процесса [1, 4].

Для оценки гидравлического сопротивления угольных адсорберов часто используют различные инженерные методы, такие как измерение давления в системе при различных условиях работы. Также проводят моделирование гидравлического процесса с использованием компьютерных программ, что позволяет предсказывать изменения давления и оптимизировать работу угольных адсорберов.

В общем случае гидравлическое сопротивление проточной части адсорбера складывается из сопротивления входа, сопротивления угольной крошки и сопротивления выхода по тока фильтруемой среды. И, если методы по уменьшению коэффициента гидравлического сопротивления входа и выхода достаточно полно отработаны, то сопротивление слоя угольной крошки требует уточнения ввиду того, что крупность и форма зерен крайне неоднородна, и использование существующих справочных данных может привести к существенным ошибкам при проектировании фильтров [4, 9, 15]. В связи с этим определение гидравлических характеристик целесообразно провести опытным путем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой выполненных исследований является ряд научных работ отечественных и зарубежных исследователей в данной области и результаты, полученные авторами в процессе выполнения работы.

В экспериментах использована различные адсорбционные материалы, конструктивные элементы фильтров различных типов и размеров.

Подробно описаны их физические свойства, а также условия подготовки и проведения экспериментов.

Использована специально спроектированная и изготовленная экспериментальная установка, контрольно-измерительная аппаратура и методики для определения гидравлических характеристик. Включены методы экспериментального определения коэффициентов гидравлического сопротивления, а также методики анализа полученных данных.

Основным методом исследования, использованный авторами, является метод экспериментального исследования [4, 7, 10]. Он включает ряд этапов постановка цели и задач, разработка плана эксперимента, которая включает выбор методов и контрольно-измерительной аппаратуры, и условий проведения эксперимента, проведение эксперимента, обработка полученных данных, их анализ и интерпретация результатов, формулирование выводов на основе анализа данных и разработка рекомендаций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В работе поставлена задача - установить гидравлические характеристики отдельных элементов и всего пакета фильтра на основе слоя из угольной крошки. Пакет состоит из элементов конструкции удерживающих угольную крошку в определенном объеме и самого слоя угольной крошки. К конструктивным элементам относятся металлические сетки различного типа и различной величины ячеек, фильтрующие материалы.

К гидравлическим характеристикам фильтрующих элементов относятся такие параметры как [11, 3]:

- перепад давления на адсорбере (потери давления, затрачиваемые на преодоление гидравлического сопротивления при прохождении потока через все элементы фильтрующего слоя, а также через устройства подвода и отвода рабочего тела);
- величина скорости или расхода рабочего тела через адсорбер.

Характер связи между этими параметрами зависит от многих факторов. Наиболее важными из них являются: толщина слоя угольной крошки, размер зерен угольной крошки; режим течения рабочего тела; распределение скорости движения рабочего тела во всем объеме адсорбера [6, 11].

Имея в виду конкретные условия применения и предполагаемую конструкцию, определение гидравлических характеристик выполнено на чистом воздухе.

Принципиальная схема аэродинамического стенда для исследования гидравлических характеристик приведена на рис.1. Для измерения расхода воздуха через фильтроэлемент 5 служит лемниската 1. Центробежный вентилятор 2 всасывает воздух через лемнискату 1 и подает его по трубопроводу 4 на исследуемый фильтроэлемент. Расход воздуха Q и соответственно скорость w можно изменять при помощи заслонок 3.

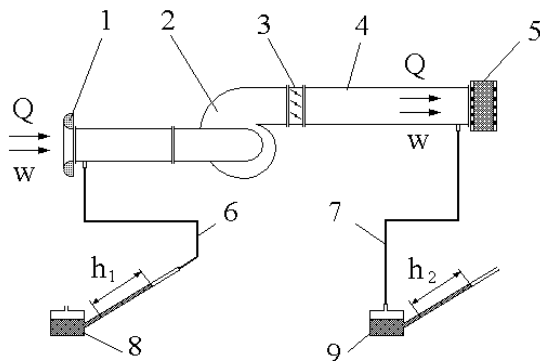


Рис. 1. Схема стенда для определения гидравлических характеристик угольных фильтров (1 – расходомерное устройство (лемниската); 2 – вентилятор; 3 – заслонки для изменения расхода воздуха; 4 – выравнивающий участок; 5 – фильтропакет; 6 и 7 – пневмотрубки; 8 – микроманометр для измерения разрежения за лемнискатой; 9 – микроманометр для измерения избыточного давления перед фильтропакетом)

Fig. 1. Diagram of the stand for determining the hydraulic characteristics of carbon filters (1 – flow meter (lemniscate); 2 – fan; 3 – dampers for changing air flow; 4 – leveling section; 5 – filter pack; 6 and 7 – pneumatic tubes; 8 – micromanometer for measuring the vacuum behind the lemniscate; 9 – micromanometer to measure the excess pressure before the filter package)

Лемниската служит для определения расхода воздуха, с этой целью за лемнискатой при помощи микроманометра 7 измеряется величина понижения

давления (перепад h_1). Трубопровод 3 предназначен для выравнивания профиля скорости воздуха перед фильтром. Непосредственно перед фильтром при

помощи микроманометра 8 измеряется давление в потоке воздуха (перепад h_2).

Конструкция фильтроэлемента показана на рис.2. Между двумя сетками завальцованными в

корпусе круглой формы и диаметром сечения в свету $D = 180$ мм засыпана угольная крошка определенной крупности. Толщина слоя H может регулироваться в пределах от 10 до 50 мм.

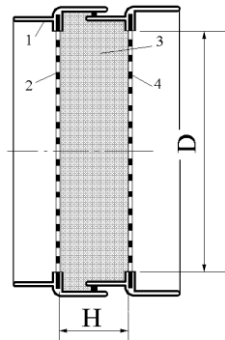


Рис. 2. Схема фильтроэлемента и фильтрующие сетки (1 – корпус, 2 – сетка на входе, 3 – засыпка угольной крошкой, 4 – сетка на выходе)

Fig. 2. Diagram of the filter element and filter grids (1 – housing, 2 – inlet grid, 3 – filling with coal chips, 4 – outlet grid)

Подготовка угольной крошки к эксперименту состояла из двух этапов:

- калибровка угольной крошки по величине зерен;
- промывка угольной крошки проточной водой на мелком сите с целью удаления мелкой угольной пыли;
- сушка угольной крошки.

Калибровка угольной крошки по величине зерен выполнялась путем последовательного просеивания крошки через 2 сита, сначала через сито с размером ячеек, соответствующих нижнему пределу выбранного диапазона, затем через сито с ячейками по верхнему диапазону. Таким образом, были подготовлены 4 партии образцов угольной крошки с размерами зерен: 1-ая партия – с размерами от 0,5 мм до 1мм; 2-ая партия – с размерами от 1 мм до 2 мм; 3-ая партия – с размерами от 2 мм до 3мм; 4-ая партия – с размерами от 3 мм до 4 мм.

Общее выражение для расчета потерь давления на любом гидравлическом местном сопротивлении записывается следующим образом [4]:

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho w^2}{2}, \quad (1)$$

где ζ – коэффициент гидравлического сопротивления;

ρ – плотность рабочей среды, кг/м³ (в нашем случае – воздух);

w – скорость движения рабочей среды, м/с.

Эксперименты проводились в следующей последовательности:

- продувка отдельно сеток, которые использовались в фильтроэлементах (продувки 4-х сеток по отдельности и их комбинаций);

- продувки фильтроэлементов, собранных по схеме на рис.2, при различных расходах воздуха (скорости воздуха от 0,1 до 0,6 м/с), различной крупности угольной крошки (1-ая партия – 4-ая партия) и при разных толщинах угольного слоя (от 10 мм до 50 мм).

Расход воздуха Q и его скорость w в угольном слое и в сетках определялись по показаниям микроманометра, измеряющего понижение давления за лемнискатой по сравнению с атмосферным давлением:

$$Q = \mu \frac{\pi D_I^2}{4} k_1 \sqrt{h_1}; \quad w = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода лемнискаты, по результатам предварительной тарировки $\mu = 0,95$;

D_I – диаметр проходного сечения лемнискаты.

Так как расход воздуха в экспериментах изменялся в широких пределах использовались лемнискаты разного диаметра $D_I = 168 \dots 28$ мм;

h_1 – разрежение за лемнискатой по показаниям микроманометра в м. вод. ст.

Используя найденное значение скорости движения воздуха в элементах адсорбера, определен коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\zeta = \frac{\rho_g g h_2}{\rho w^2}, \quad (3)$$

где ρ_g – плотность воды, кг/м³;

h_2 – избыточное давление перед фильтроэлементом, м. вод. ст.

Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления слоя угольной крошки различной крупности от скорости течения воздуха при толщине слоя $H = 50$ мм**Table 1.** Dependence of the coefficient of hydraulic resistance of a layer of coal chips of various sizes on the air flow velocity at a layer thickness of $H = 50$ mm

w, скорость движения рабочей среды, м/с	Размеры зерен угольной крошки d_3 , мм			
	0,5 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4
	Коэффициент гидравлического сопротивления фильтроэлемента ζ			
0,1	4,8	1,5	0,7	0,5
0,2	3,85	1,1	0,55	0,45
0,3	2,55	0,8	0,5	0,4
0,4	2,3	0,75	0,4	0,35
0,5	1,85	0,7	0,3	0,3
0,6	1,75	0,6	0,25	0,25

ВЫВОДЫ

Проведенные эксперименты позволили получить зависимость коэффициента гидравлического сопротивления фильтроэлемента в зависимости от основных его геометрических и гидравлических параметров. Эти данные позволяют рассчитать гидравлическое сопротивление адсорбера при заданной геометрии, как самого фильтра, так и фильтрующего материала, расхода воздуха через него, или определить площадь фильтрующей поверхности при заданном расходе, перепаде давления и характеристиках фильтрующего элемента. Последние данные могут служить основой для выбора вентилятора для системы очистки.

Отметим также, что гидравлическое сопротивление адсорбера существенно влияет на эффективность вентиляционной системы, особенно если система включает в себя вентиляторы, фильтры и другие элементы, которые создают сопротивление потоку воздуха.

Адсорберы, обычно применяемые для очистки воздуха от загрязнителей, могут создавать дополнительное гидравлическое сопротивление из-за своей структуры и материалов. Это может привести к увеличению потерь давления в системе вентиляции. Потери давления могут снизить эффективность вентиляторов и увеличить энергопотребление системы.

Если гидравлическое сопротивление адсорбера слишком велико, может потребоваться использование более мощных вентиляторов для обеспечения необходимого объема воздушного потока. Это, в свою очередь, может привести к увеличению энергопотребления системы.

В целом, баланс между эффективностью очистки воздуха и гидравлическим сопротивлением является важным аспектом проектирования и эксплуатации вентиляционных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брэдшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. М.: Мир, 1974. 279 с.

2. Буренин В.В. Защита атмосферного воздуха от производственной пыли, токсичных газов и паров // Экология и промышленность России. 2004. №9. С. 25 – 29.

3. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Штокман Е.А., Шилов В.А., Новгородский Е.Е. и др., под ред. Штокмана Е.А. Ростов на Дону.: Новая книга. М.: АСВ. 1999. 688 с.

4. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов). М.: Машиностроение. 1983. 351 с.

5. Диффузионные процессы в технических устройствах: монография / Андрийчук Н.Д., Насонкина И.К., Коваленко А.А. Луганск: Изд. ВНУ им. В. Даля. 2008. 240 с.

6. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН. 1999. 470 с.

7. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. Л.: «Машиностроение» (Ленингр. отд.). 1974. 480 с.

8. Проскурина И.И., Свергузова С.В., Василевич Н.Н. Активированный уголь как средство очистки газовых выбросов при производстве фрикционных изделий // Экология и промышленность России. 2006. №5. С.19 – 21.

9. Рейнольдс А.Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях Пер. с англ. М.: Энергия. 1979. 408 с.

10. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1987. 432.

11. Товбин Ю.К. Молекулярная теория адсорбции в пористых телах. М.: Физматлит, 2012. 623 с. ISBN 978-5-9221-1431-8.

12. Фомин Г.С., Фомина О.Н. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. Справочник. 2-е изд, перераб.и доп. М.: Протектор, 2002. 432с.

13. Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications. Paul A. Baron, Kenneth Willeke) - AEROSOL MEASUREMENT Principles, Techniques, and Applications Third Edition Edited. Pergamon Press, 1993.

14. Simulation method of the low-Re flows in the packed bed technological equipment / A.P.Khomyakov, S.Mordanov,A.S.Lavrov,D.I.Grinyov //IOPConferenceSeries Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 862. P. 062020.

15. Handbook of Nonwoven Filter Media (редактор: Irwin M. Hutten) - Handbook of Nonwoven Filter Media (2nd Edition)Author(s) / Editor(s) Hutten, Irwin M. Publisher Elsevier Copyright / Publication Date 2019.

REFERENCES

1. Bradshaw P. introduction to turbulence and its measurement. M.: Mir, 1974. 279 pp.

2. Burenin V.V. Protection of atmospheric air from industrial dust, toxic gases and vapors//Eco-logic and industry of Russia. 2004. №9. S. 25 – 29.

3. Ventilation, air conditioning and purification at food industry enterprises/Shtokman E.A., Shilov V.A., Novgorodsky E.E. et al., ed. Shtokman E.A. Rostov on Don.: New book. M.: DIA. 1999. 688 p.

4. I. E. Idelchik. Aerohydrodynamics of process devices (Inlets, outlet and flow distribution along the section of devices). M.: Mechanical engineering. 1983. 351 pp.

5. Diffuzionnye processy v tekhnicheskikh ustrojstvah: monografiya / Andriychuk N.D., Nasonkina I.K., Kovalenko A.A. Lugansk: Izd. VNU im. V. Dalya. 2008. 240 s.

6. Karnaukhov A.P. Adsorption. Texture of dispersed and porous materials. Novosibirsk: Science. Sib. enterprise of the Russian Academy of Sciences. 1999. 470 s.

7. Povkh I.L. Aerodynamic experiment in mechanical engineering. L.: "Mechanical Engineering" (Leningrad. departmental). 1974. 480 s.

8. Proskurina I.I., Sverguzova S.V., Vasilevich N.N. Activated carbon as a means of cleaning gas emissions in the production of friction products//Ecology and industry of Russia. 2006. No. 5.S.19 – 21.

9. Reynolds AJ Turbulent Currents in Engineering Applications Per. from English M.: Energy. 1979. 408 pp.

10. Sedov L.I. Methods of similarity and dimension in mechanics. M.: Science, 1987. 432.

11. Tovbin Y.K. Molecular theory of adsorption in porous bodies. M.: Fizmatlit, 2012. 623 pp. ISBN 978-5-9221-1431-8.

12. Fomin G.S., Fomina O.N. Air. Pollution control according to international standards. Handbook. 2nd ed., revised and add. M.: Protector, 2002. 432s.

13. Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications. Paul A. Baron, Kenneth Willeke) - AEROSOL MEASUREMENT Principles, Techniques, and Applications Third Edition Edited. Pergamon Press, 1993.

14. Simulation method of the low-Re flows in the packed bed technological equipment / A.P.Khomyakov, S.Mordanov,A.S.Lavrov,D.I.Grinyov //IOPConferenceSeries Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 862. P. 062020.

15. Handbook of Nonwoven Filter Media (редактор: Irwin M. Hutten) - Handbook of Nonwoven Filter Media (2nd Edition)Author(s) / Editor(s) Hutten, Irwin M. Publisher Elsevier Copyright / Publication Date 2019.

EXPERIMENTAL STUDIES OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF COAL ADSORBERS

Gusentsova¹ Ya, A., Krasnogradov² A.V., Rodygina³ M.M., Vysotskaya⁴ N.D.^{1,2,3}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University»⁴ V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

295492, Republik of Crimea, Simferopol, village Agrarnoe.

E-mail: ¹gusentsova@gmail.com, ²krasnogradov@mail.ru, ³sunsara_06@mail.ru, ⁴natali.v-v@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of hydraulic properties of carbon adsorbents used in various industrial processes. Their purpose and areas of application are considered. The main attention is paid to the experimental determination of hydraulic resistance coefficients, which are key parameters for modeling and optimizing the operation of adsorption systems. An experimental setup was developed and manufactured, devices were selected to determine the main parameters for determining the hydraulic characteristics of carbon adsorbents. During the study, experiments were carried out to measure the hydraulic resistance of carbon adsorbents under various operating conditions. Various parameters were used, the parameters of the working medium flow, such as speed and pressure, varied. The obtained data made it possible to determine the dependences of hydraulic resistance on these parameters and identify the optimal conditions for the operation of adsorbents. The results of the study show that the porosity and structure of carbon adsorbents significantly affect their hydraulic characteristics. The hydraulic resistance coefficients for various types of adsorbents were experimentally determined, which is important for optimizing filtration and separation processes. A comparative analysis of experimental data with theoretical models was carried out, which made it possible to refine existing models and propose new approaches to calculating hydraulic characteristics.

The obtained experimental data make it possible, on the one hand, to refine mathematical models of the adsorption process, and on the other hand, to determine the adequacy of existing models.

In conclusion, the importance of experimental studies for understanding and optimizing the hydraulic characteristics of carbon adsorbents is emphasized. The results obtained can be useful for developing new and improving existing adsorption systems, which is of great importance for various industries where carbon adsorbents are used.

The subject of the study is the hydraulic characteristics of carbon adsorbents. The main attention is paid to the experimental determination of the hydraulic resistance coefficients of porous bodies used in vacuum separation units.

Materials and methods: various adsorption materials, structural elements of filters of various types and sizes were used in the experiments. Their physical properties, as well as the conditions for preparing and conducting the experiments, are described in detail.

A specially designed and manufactured experimental setup, control and measuring equipment and methods for determining the hydraulic characteristics, including methods for experimentally determining the hydraulic resistance coefficients, as well as methods for analyzing the obtained data, were used.

Results: the hydraulic resistance coefficients for various types of carbon adsorbent fillers were experimentally determined. These data are important for optimizing filtration and separation processes.

The effect of the structure of carbon adsorbents on their hydraulic characteristics was studied. It was revealed that more porous materials demonstrate lower hydraulic resistance values. A comparative analysis of experimental data with theoretical models was carried out, which made it possible to refine existing models and propose new approaches to calculating hydraulic characteristics.

Conclusions: the experiments made it possible to obtain the dependence of the coefficient of hydraulic resistance of the filter element depending on its main geometric and hydraulic parameters, on the basis of which it is possible to calculate the hydraulic resistance of the adsorbent for a given geometry of both the filter itself and the filter material, the air flow through it, or to determine the area of the filtering surface for a given flow rate, pressure drop and characteristics of the filter element. The latter data can serve as a basis for selecting a fan for the cleaning system.

It should also be noted that the hydraulic resistance of the adsorbent significantly affects the efficiency of the ventilation system, especially if the system includes fans, filters and other elements that create resistance to the air flow.

Key words: adsorbent, filter, hydraulic resistance, efficiency.