

Е.В. Перминов, И.М. Плехов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Для улавливания примесей из потока газа применяются гравитационные, инерционные, насадочные и фильтрационные сепараторы [1 - 6] .

В последнее время появилось много интересных конструкций центробежных сепараторов, имеющих небольшое гидравлическое сопротивление и весьма высокую степень очистки [3, 4] .

В течение ряда лет в Белорусском технологическом институте им. С.М. Кирова ведутся разработка и исследование аппаратов данного типа [2, 6 - 9]. Полученные результаты позволили внедрить в производство высокоэффективные газосепараторы с прямоточно-центробежными элементами [2] на системе газ - жидкость. Однако в производственных условиях очень часто возникает необходимость отделения от газа твердых частиц или их смеси с жидкостью, и поэтому была исследована эффективность работы сепарационных элементов на системах газ - твердое и газ - жидкость - твердое.

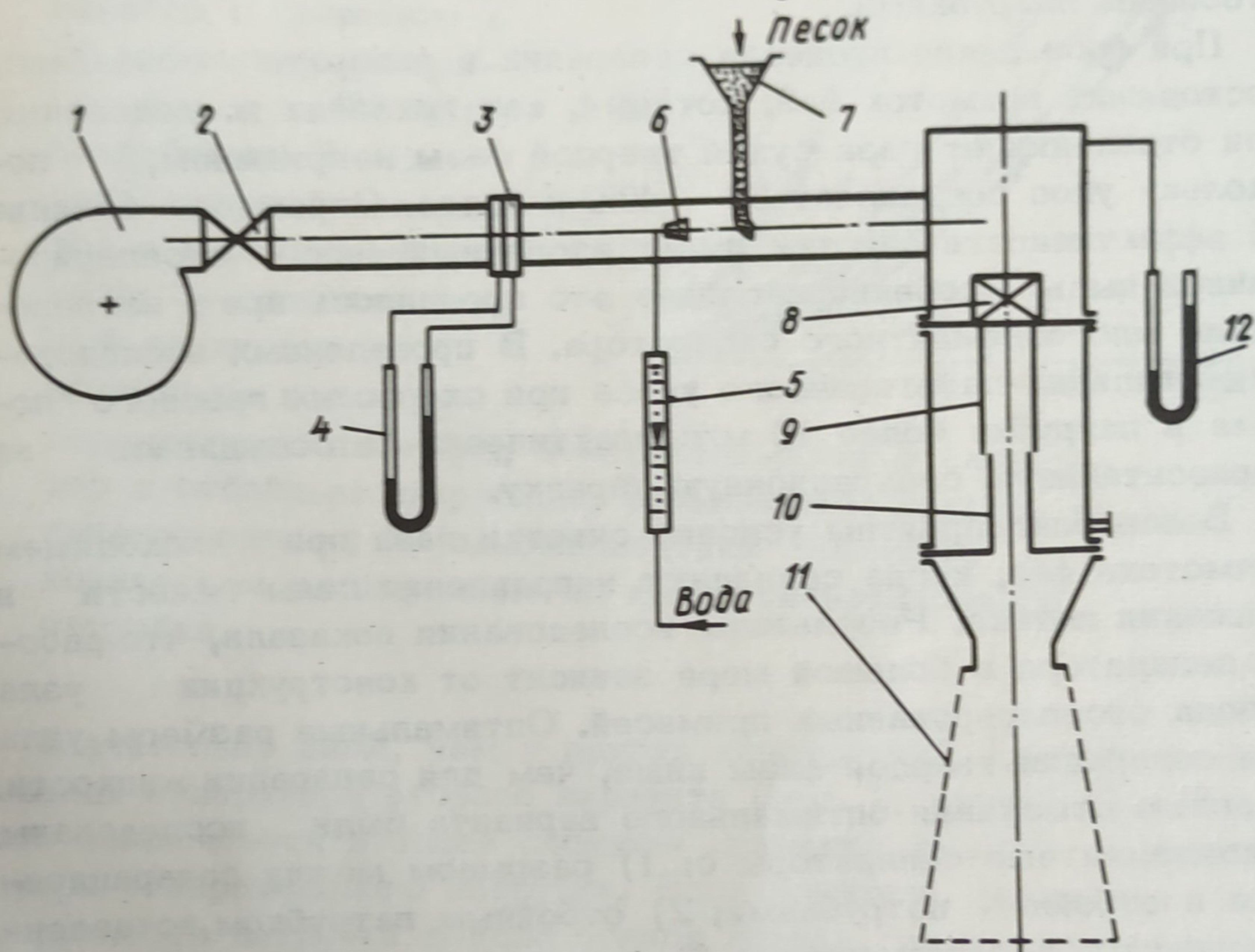


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 — вентилятор; 2 — задвижка; 3 — камерная диафрагма; 4 — U-образный дифманометр; 5 — ротаметр РС-5; 6 — форсунка; 7 — труба подачи твердой фазы; 8 — статический завихритель; 9 — сепарационный патрубок; 10 — отбойный патрубок; 11 — тканевый фильтр; 12 — U-образный дифманометр.

Для решения этой задачи разработана и смонтирована специальная опытная установка (рис. 1). В качестве газовой фазы используется воздух, твердой — песок, жидкой — вода. Воздух подается вентилятором. С помощью регулирующей задвижки из-

меняется расход и контролируется камерной диафрагмой в комплексе с U-образным дифманометром. На входе в сепаратор создается смесь воздух - песок или воздух - вода - песок. Вода подается через ротаметр в форсунку, песок - тарельчатым питателем в трубку. Далее образовавшаяся смесь поступает в сепарационные элементы. Проходя статический завихритель, смесь приобретает крутку. Примеси, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенке патрубка, осаждаются в поле центробежных сил, транспортируются вдоль патрубка в виде тонкой пленки и выводятся в кольцевой зазор между сепарационным и отбойным патрубками.

При проведении процесса сепарации в аппарате создавался восходящий прамоток фаз, который, как показали исследования, при отделении от газа сухой твердой фазы неприемлем, поскольку унос составляет 30 - 40% и более. Огромное влияние на эффективность очистки имеет вторичный унос отсепарированной пыли. Особенно наглядно это проявилось при исследовании многоэлементного сепаратора. В проведенных исследованиях пыль из-за вторичного уноса при скоростях газового потока в патрубке более 10 м/с практически не осаждалась на горизонтальную сепарационную тарелку.

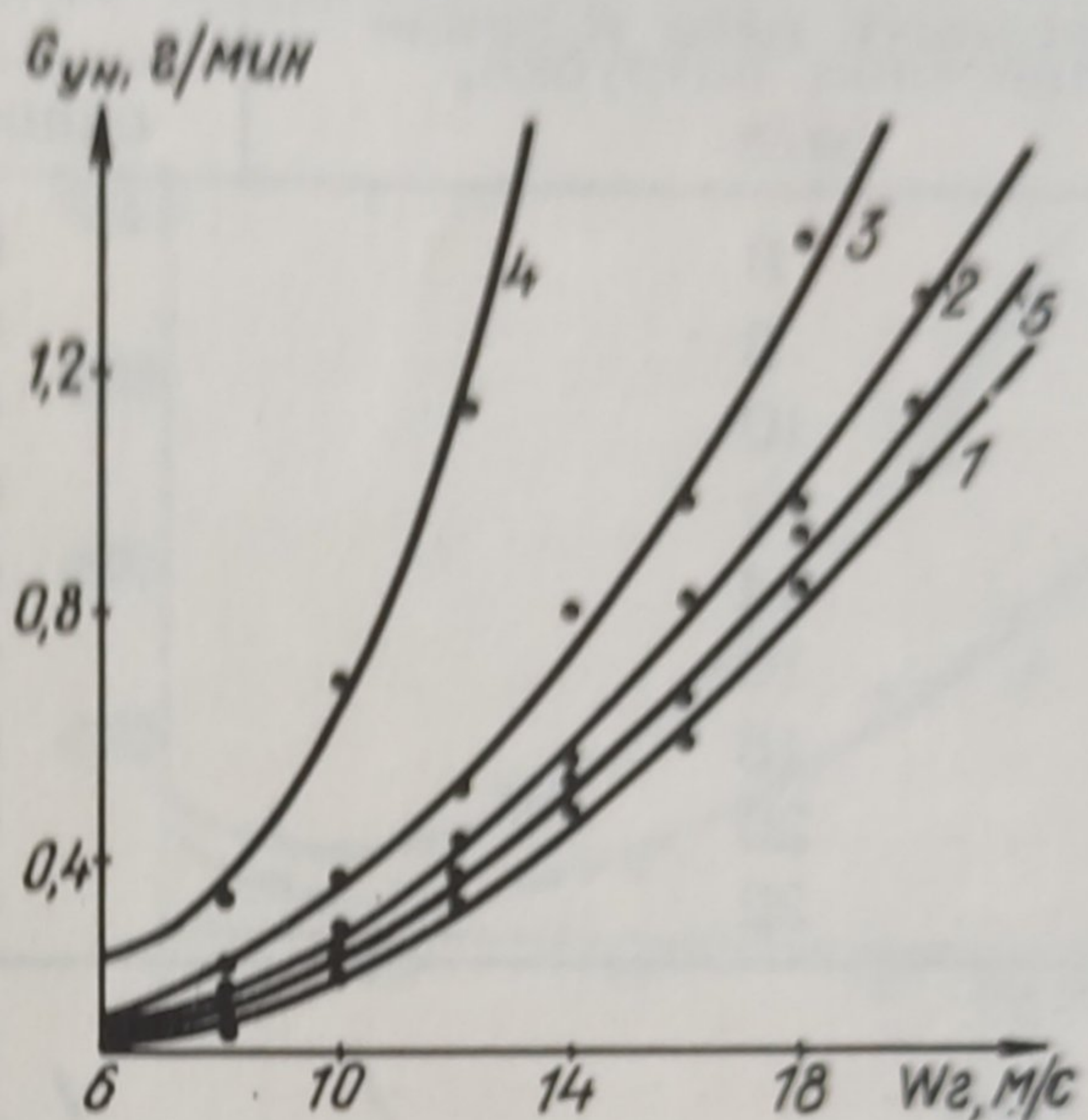
Более благоприятны условия очистки газа при нисходящем прамотоке фаз, когда совпадают направления силы тяжести и движения потока. Результаты исследования показали, что работа сепаратора в большой мере зависит от конструкции узла отвода отсепарированных примесей. Оптимальные размеры узла для сепарации твердой фазы иные, чем для сепарации жидкости. С целью отыскания оптимального варианта были исследованы одноэлементные сепараторы с: 1) разрывом между сепарационным и отбойным патрубками; 2) отбойным патрубком, вставленным внутрь сепарационного; 3) тремя рядами щелей по окружности сепарационного патрубка, расположенными в зоне отвода примесей; 4) коническим расширением на конце сепарационного патрубка; 5) с циркуляцией газа, а также 6) многоэлементные сепараторы по всем указанным выше вариантам.

Наиболее эффективную работу показал сепаратор, выполненный по первому варианту (рис. 2). Применение щелей и конического расширения не приводит к положительному результату и даже несколько уменьшает эффективность и усложняет конструкцию. Наличие циркуляции газа, которая при работе с жидкостью значительно увеличивает степень улавливания, в данном случае не дает никаких преимуществ (рис. 2, кривая 2).

Эффективность сепарации здесь даже несколько ниже. Это можно объяснить увеличением нагрузки на сепарационный элемент в результате вторичного уноса наиболее мелких частиц через циркуляционную трубу.

Рис. 2. Зависимость уноса твердой фазы от скорости газа в сепарационном элементе:

1—одноэлементный сепаратор с разрывом в 30 мм между сепарационным и отбойным патрубками; 2—одноэлементный сепаратор с циркуляцией газа; 3—одноэлементный сепаратор со щелями на конце сепарационного патрубка; 4—одноэлементный сепаратор с отбойным патрубком, вставленным внутрь сепарационного; 5—одноэлементный сепаратор с коническим расширением на конце сепарационного патрубка.



Значительно ниже, чем у других конструкций, степень улавливания сепаратора второго варианта (рис. 2, кривая 4). Причина заключается в более сложном движении твердых частиц внутри сепарационного патрубка. Если жидкость движется по поверхности патрубка в виде тонкой пленки, то твердые частицы, как указывают некоторые авторы [10, 11], передвигаются скачкообразно. При выполнении сепараторов по второму варианту увеличивается вероятность попадания частиц в отбойный патрубок при отскоке от стенки сепарационного элемента.

При исследовании подобных вариантов многоэлементного сепаратора были получены аналогичные результаты. Однако величина уноса примесей по сравнению с одноэлементным сепаратором значительно больше во всем диапазоне скоростей газа, что обусловлено взаимным влиянием сепарационных элементов друг на друга, неравномерностью распределения газового потока по сечению аппарата и большим вторичным уносом отсепарированных примесей (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение эффективности улавливания твердых частиц одноэлементным и многоэлементным сепараторами

Скорость газа в сепарационном патрубке, м/с	Величина уноса, г/мин	
	одноэлементный	многоэлементный
6	0,08	2,0
8	0,10	2,5
10	0,12	3,0
12	0,22	5,3
14	0,30	8,15
16	0,42	12,1
18	0,58	17,6
20	0,70	22,1
22	0,90	28,6

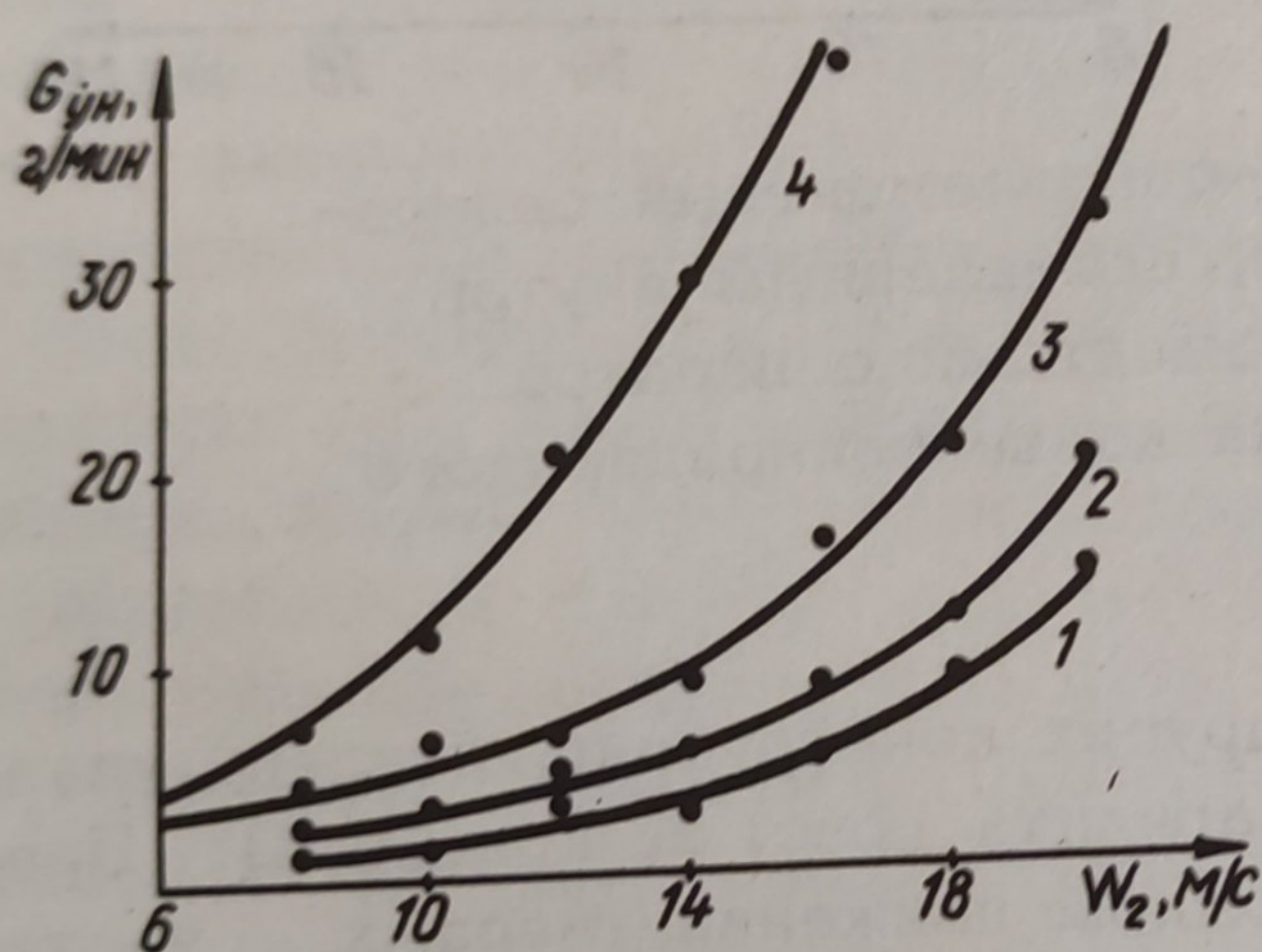


Рис. 3. Зависимость уноса твердой фазы от скорости в патрубках для многоэлементного сепаратора с нисходящим потоком фаз:

1 — 5 г/м³; 2 — 10;
3 — 20; 4 — 50 г/м³.

Изменение нагрузки по твердой фазе также вызывает значительные изменения в качестве улавливания (рис. 3) — с увеличением содержания твердых примесей в единице объема газа унос повышается.

Наибольшая степень очистки газа достигнута в случае отделения смеси твердого с жидким. Из рис. 4 видно, что в данном случае величина уноса примесей не превышает подобного показателя при работе прямоточно-центробежного сепаратора с чистой жидкостью [2]. При наличии определенного количества жидкости условия центробежного улавливания улучшаются благодаря сепарирующему действию жидкостной пленки. Кроме того, улучшается отвод уловленных примесей из корпуса сепаратора. Однако при недостатке жидкости эта операция зачастую

становится трудновыполнимой, а иногда даже невозможной из-за "залипания" горизонтальных перегородок (сепарационных тарелок). Очистка межпатрубкового пространства в случае применения многоэлементного сепаратора представляет собой большую трудность из-за высокой механической прочности отложений подобного рода.

Рис. 4. Влияние скорости газа на унос из сепаратора:
1 — чистая жидкость;
2 — жидкость + твердое.

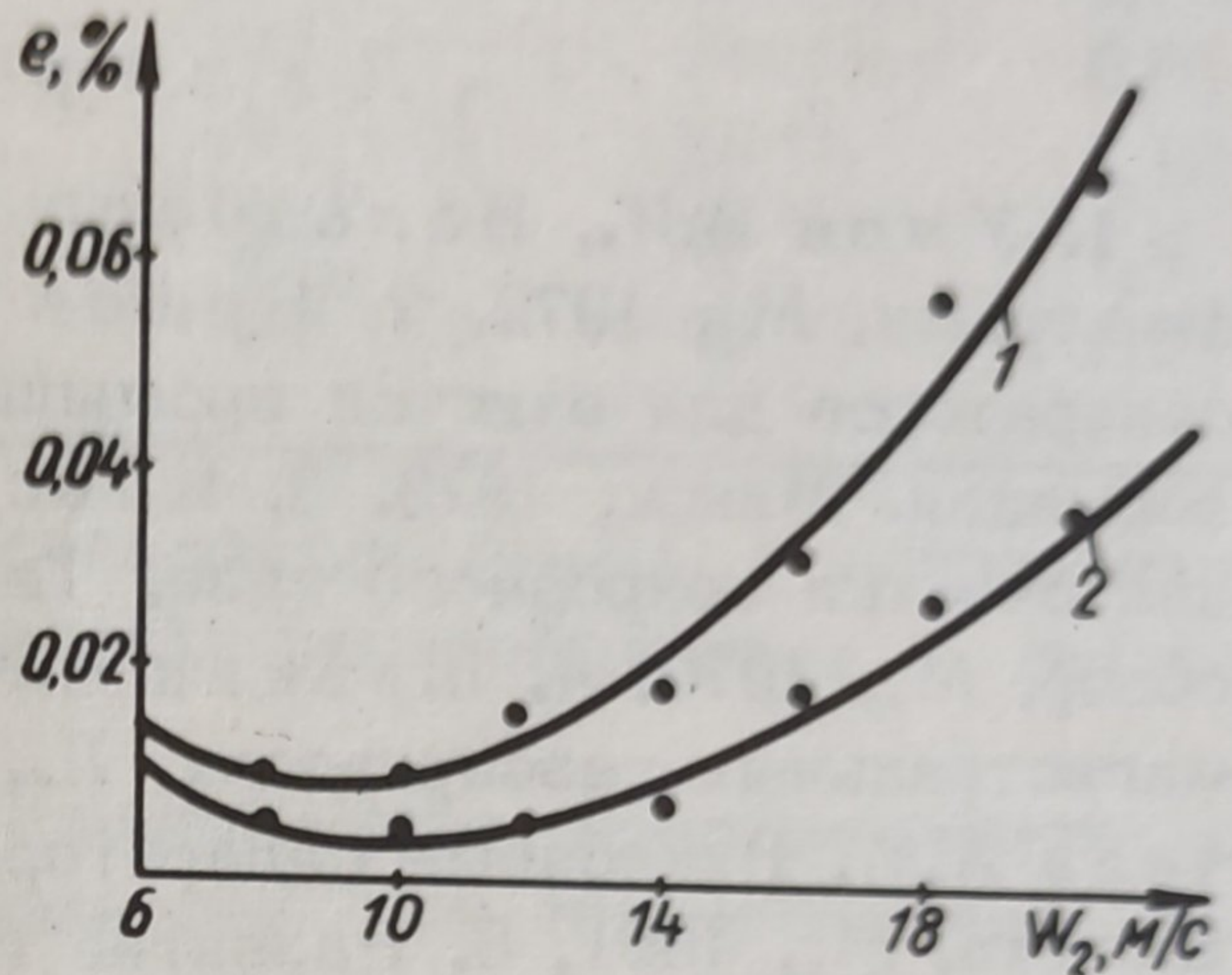


Таблица 2 Коэффициент гидравлического сопротивления

Число лопастей завихрителя	Скорость газа в патрубке, м/с									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2	18,1	17,6	15,5	13,3	13,5	13,5	13,8	14	13,5	13,8
4	5,0	5,1	4,4	4,3	4,3	4,3	4,45	4,2	4,2	4,5
6	6,7	6,9	6,1	5,7	5,4	5,3	4,8	4,3	4,6	4,8
8	5,4	5,1	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0	5,2
10	6,7	6,6	6,2	6,6	6,2	6,5	6,3	6,2	6,1	6,4
12	6,0	6,1	6,0	5,8	6,0	5,8	6,0	5,9	5,8	6,2

Выяснилось, что конструкция узла создания закрученного потока мало влияет на сепарацию.

Исследованы статические завихрители, имеющие 2, 4, 6, 8, 10 и 12 лопастей (живое сечение всех завихрителей одинаково). Как видно из табл. 2, максимальное гидравлическое сопротивление имеет статический завихритель с двумя лопастями. Сопротивление остальных завихрителей намного ниже.

Исходя из данных табл. 2 и технологии изготовления, можно сказать, что оптимальным вариантом является статический завихритель, имеющий 6 - 8 лопастей.

Таким образом, лабораторные исследования прямоточно-центробежного сепаратора показали, что восходящий прямоток в условиях очистки газа от твердых примесей неэффективен. Осуществление процесса сепарации в условиях нисходящего прямотока в основном определяется конструкцией узла отвода уловленных примесей.

Л и т е р а т у р а

1. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. М., 1972.
2. Ершов А.И. и др. Новые конструкции сепараторов для очистки промышленных газов. Обзорная информация. Минск, 1973.
3. Ильский А.Г. Методы и аппараты для очистки природного газа. Тематический научно-технический обзор. М., 1970.
4. Шавкин Н.К. Очистка природного газа на магистральных газопроводах. Л., 1973.
5. Разумов И.М., Сычева А.М. Циклонные сепараторы, конструкции и методы их расчета. М., 1961.
6. Развитие газовой промышленности Украинской ССР (Тр. УкрНИИГАЗа). Вып. УІ (11), М., 1971.
7. Плехов И.М., Ершов А.И. Исследование прямоточного центробежного сепаратора. - "Химическое и нефтяное машиностроение", 1971, №8.
8. Авт. свид. СССР № 237102.
9. Авт. свид. СССР № 348215.
10. Гольдштик М.А., Сорокин В.Н. О движении частиц в вихревой камере. - "Журнал прикладной механики и технической физики", 1968, №6.
11. Леонтьев А. К. О движении твердых частиц в закрученном потоке газа. Сообщение Гипрококса. Сб. ХХ. Харьков, 1958.