



Экспериментальное Исследование Толщины Жидкостной Плёнки И Её Влияния На Эффективность Apparata Мокрой Очистки Пылегазовых Смесей

Эргашев Насимбек Ахмаджонович

Кандидат технических наук, доцент, Ферганского государственного технического университета, Республика Узбекистан, г. Фергана

Абдуллажонova Мубинахон Шарабиддин кизи

Студент, Ферганского государственного технического университета, Республика Узбекистан, г. Фергана

E-mail: nasimbek1976@gmail.com

Аннотация. В статье приведены основные рабочие факторы, влияющие на процесс очистки пылегазовых смесей в мокром аппарате пылеулавливания. Проведены экспериментальные исследования по определению длины и толщины жидкой плёнки, образующейся в рабочей камере, в зависимости от изменений расхода подаваемых жидкости и газа, скоростей газа, углов наклона лопаток контактных элементов (завихрителей) и различных значений диаметра штуцерных отверстий. На основании экспериментов определены длина и толщина жидкой плёнки в аппарате.

Ключевые слова: мокрый метод, вихревой поток, контактный элемент, поток газа, пленка жидкости, направляющий угол, подвижное устройство с контактным элементом, расход жидкости и газа, скорости газа, толщина пленки жидкости.

Введение

На экспериментальной модели разработанного аппарата мокрой очистки пылегазовых смесей были определены основные рабочие факторы, оказывающие влияние на процесс очистки (рис.1) [1]. В ходе исследований толщина жидкостной плёнки определялась экспериментальным путём на основе формирования жидкостной плёнки определённой длины в рабочей камере аппарата при различных значениях скорости газа, а также расходов газа и жидкости.

Для создания вихревого движения газового потока в аппарате были выбраны контактные элементы с лопатками, установленными под различными углами наклона. На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований были разработаны исходные требования и техническое задание на проектирование аппарата.

Для экспериментального определения толщины жидкостной плёнки в аппарате мокрой очистки пылегазовых смесей в зависимости от скорости газа, расходов газа и жидкости, режима течения потока и коэффициента гидравлического сопротивления были выбраны необходимые измерительные приборы и оборудование, входящие в состав экспериментальной установки.



Рисунок 1. Общий вид аппарата мокрой очистки пылегазовых смесей.

Для распыления жидкости в рабочей камере аппарата был выбран штуцер марки S32412 с диаметрами отверстий 2; 2,5 и 3 мм (в соответствии с ГОСТ 3846-10). Подача рабочей жидкости осуществлялась с помощью центробежного насоса PEDRJLLA со следующими техническими характеристиками: максимальная производительность $Q_{\max} = 40$ л/мин, мощность электродвигателя $N_{\text{дв}} = 0,37$ кВт, максимальный напор $H_{\max} = 38$ м, напряжение питания 220 В, частота вращения $n = 3000$ об/мин (согласно ГОСТ 27570.30–91). Для измерения расхода жидкости использовался ротаметр РС-5 со шкалой измерения 0–100 (в соответствии с ГОСТ 13045–81).

Материалы и методы

Экспериментальные исследования были направлены на определение толщины жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, путём измерения длины жидкостной плёнки при различных значениях расхода жидкости и газа, диаметра отверстия штуцера, а также скорости газового потока. Испытания проводились в соответствии с разработанной методикой.

Для подачи запылённого газа в рабочую камеру аппарата использовался центробежный вентилятор VS-14-07 со следующими характеристиками: максимальная производительность $Q_{\max} = 400$ м³/ч, мощность электродвигателя $N_{\text{дв}} = 1,5$ кВт, частота вращения рабочего колеса $n = 1200$ об/мин. Для измерения скорости газового потока применялась трубка Пито–Прандтля длиной 100 мм, зарегистрированная в Государственном реестре средств измерений № 50123-12.

Экспериментальная установка включала металлический трубопровод диаметром $D = 100$ мм и длиной $L = 1200$ мм. Для определения статического и динамического давления газового потока в трубопроводе были установлены две трубки Пито–Прандтля с внутренним диаметром 7 мм, которые использовались в качестве измерительных элементов экспериментальной модели.

Толщина жидкостной плёнки в рабочем трубопроводе аппарата определялась экспериментальным путём по длине образующейся жидкостной плёнки в зависимости от изменения расходов жидкости и газа, скорости газового потока, а также угла наклона лопаток контактного элемента (завихрителя). Экспериментальные исследования проводились в следующей последовательности [2, 3, 4].

Для определения длины и толщины жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, были проведены эксперименты при различных расходах жидкости и



газа, скоростях газового потока, угле наклона лопаток контактного элемента (завихрителя) $\alpha = 30^\circ$, а также при диаметрах отверстий штуцера $d_{\text{шт}} = 2; 2,5$ и 3 мм.

По результатам проведённых экспериментов установлено, что при изменении расхода жидкости в диапазоне показаний ротаметра $0-100$ и скорости газового потока $v_{\text{г}} = 7,07-28,37$ м/с длина жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, изменялась в пределах $30-275$ мм, а её толщина составляла $3,3-1,3$ мм (рис. 2).

В таблице 1 приведены экспериментально полученные значения длины и толщины жидкостной плёнки при угле наклона лопаток контактного элемента $\alpha = 30^\circ$ и диаметрах отверстий штуцера $d_{\text{шт}} = 2; 2,5$ и 3 мм.

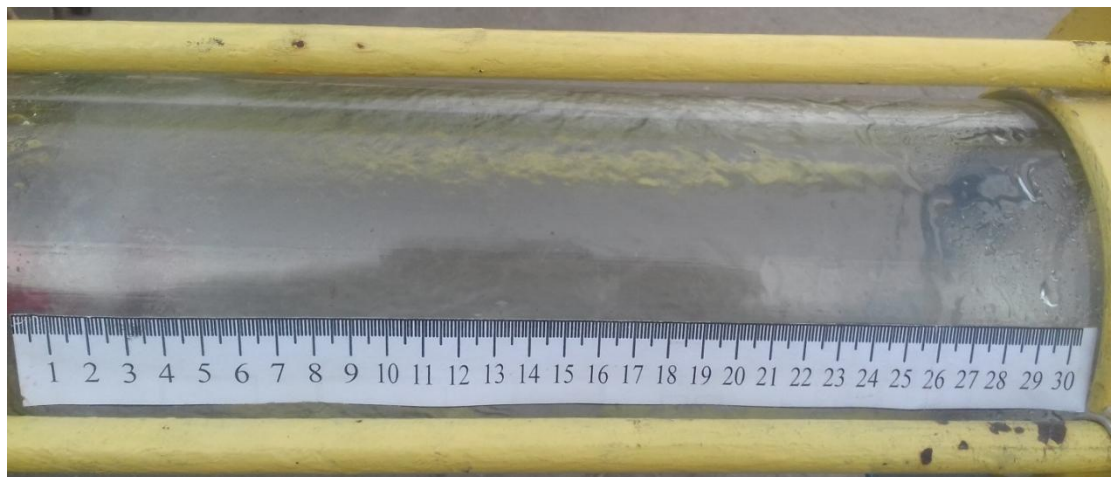
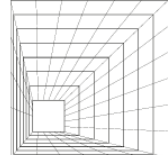


Рисунок 2. Общий вид рабочей камеры аппарата с контактным элементом (завихрителем) и системой распыления жидкости.

Таблица 1. Угол наклона лопаток контактного элемента $\alpha=30^\circ$

шт	$d_{\text{шт}}=2$ мм					$d_{\text{шт}}=2,5$ мм					$d_{\text{шт}}=3$ мм				
	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°
10	30	40	13 0	16 0	17 0	30	40	80	13 0	15 0	30	40	90	15 0	17 0
20	55	70	14 0	17 0	18 0	45	55	95	14 5	16 5	45	55	10 5	16 5	18 5
30	80	95	15 0	18 0	19 0	60	70	11 0	16 0	18 0	60	70	12 0	18 0	20 0
40	10 0	12 0	16 0	19 0	20 0	75	85	12 5	17 5	19 5	75	85	13 5	19 5	21 5
50	12 0	14 5	17 0	20 0	21 0	90	10 0	14 0	19 0	21 0	90	10 0	15 0	21 0	23 0
60	14 0	16 5	18 0	21 0	22 0	10 5	11 5	15 5	20 5	22 5	10 5	11 5	16 5	22 5	24 5
70	-	-	-	-	-	12 0	13 0	17 0	22 0	24 0	12 0	13 0	18 0	24 0	26 0
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13 5	14 5	19 5	25 5	27 5
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

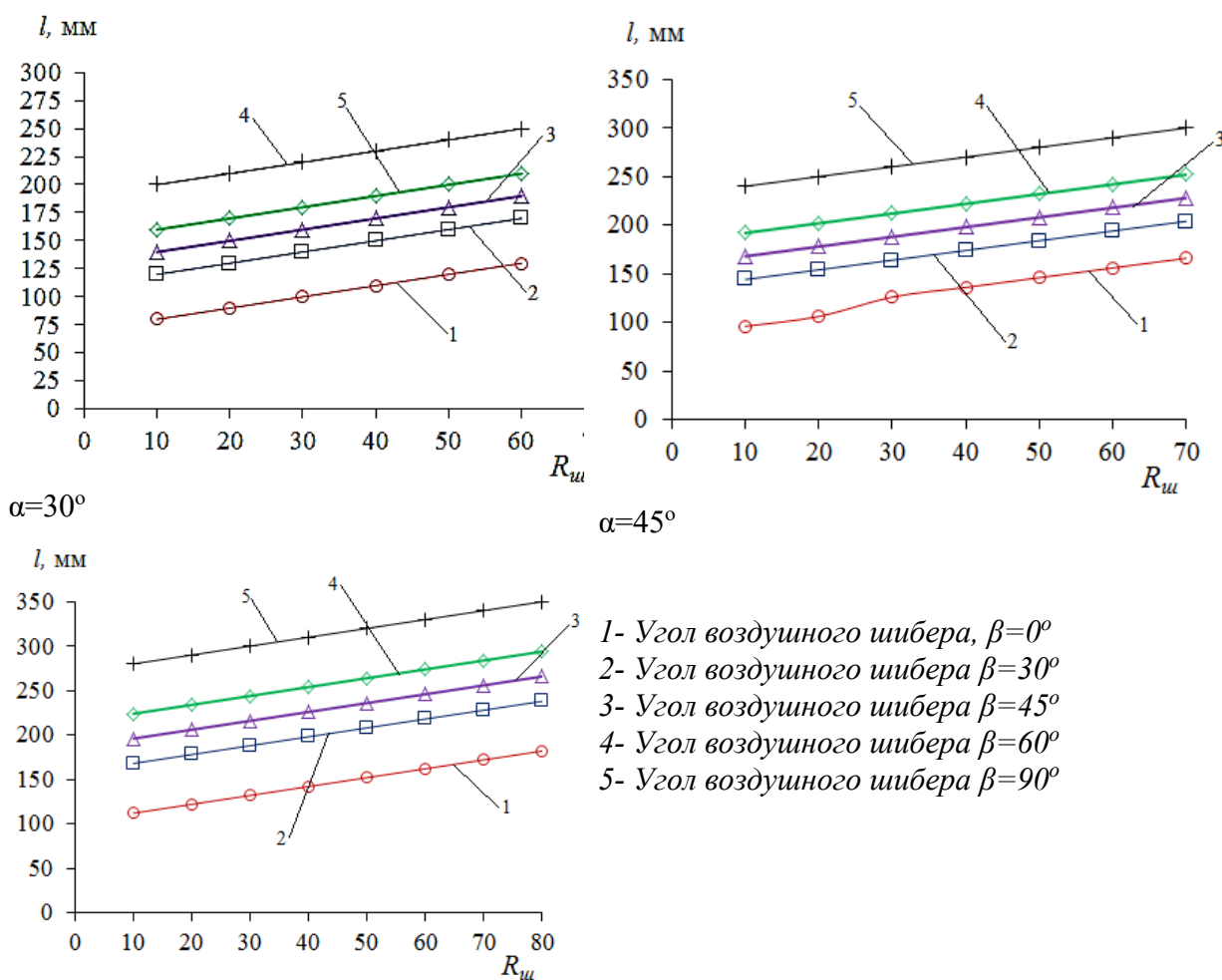


Для определения длины и толщины жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, были проведены экспериментальные исследования при угле наклона лопаток контактного элемента (завихрителя) $\alpha = 45^\circ$ и диаметрах отверстий штуцера $d_{ш} = 2; 2,5$ и 3 мм, а также при различных значениях расходов жидкости и газа.

Результаты и обсуждение

По результатам проведённых экспериментов установлено, что при изменении расхода жидкости в диапазоне показаний ротаметра $0-100$ и скорости газового потока $u_r = 7,07-28,37$ м/с длина жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, изменялась в пределах $80-335$ мм, а её толщина составляла $3,1-1,1$ мм.

В таблице 2 приведены экспериментально полученные значения длины и толщины жидкостной плёнки при угле наклона лопаток контактного элемента $\alpha = 45^\circ$ и диаметрах отверстий штуцера $d_{ш} = 2; 2,5$ и 3 мм.

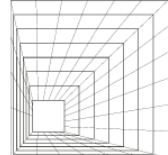


$\alpha = 60^\circ$

Рисунок 3. Зависимость длины жидкостной плёнки от расходов воздуха и жидкости.

Таблица 2. Угол наклона лопаток контактного элемента $\alpha = 45^\circ$

$R_{ш}$	$d_{ш}=2$ мм					$d_{ш}=2$ мм					$d_{ш}=3$ мм				
	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°

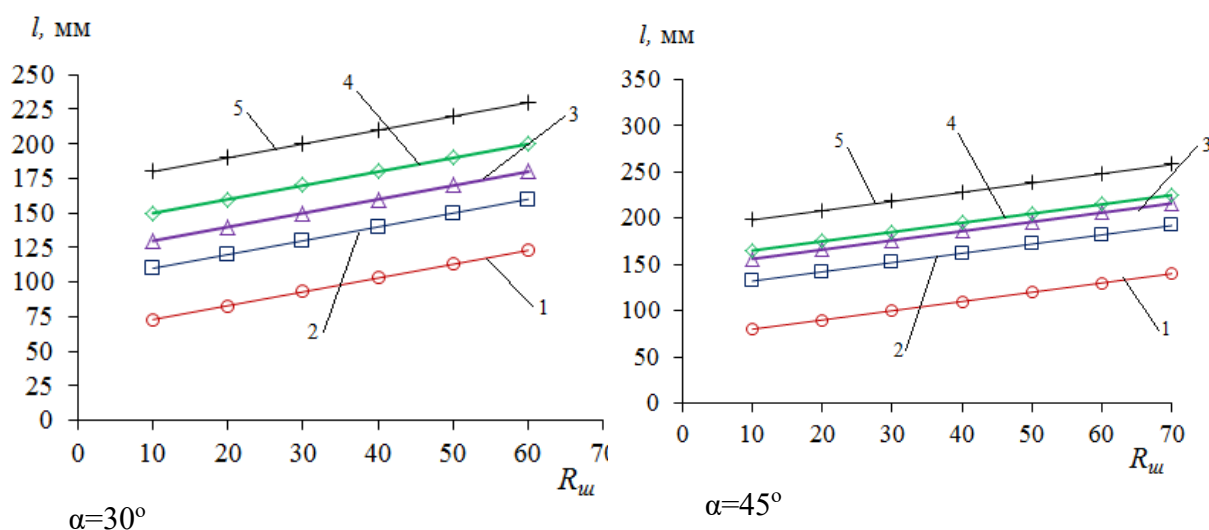


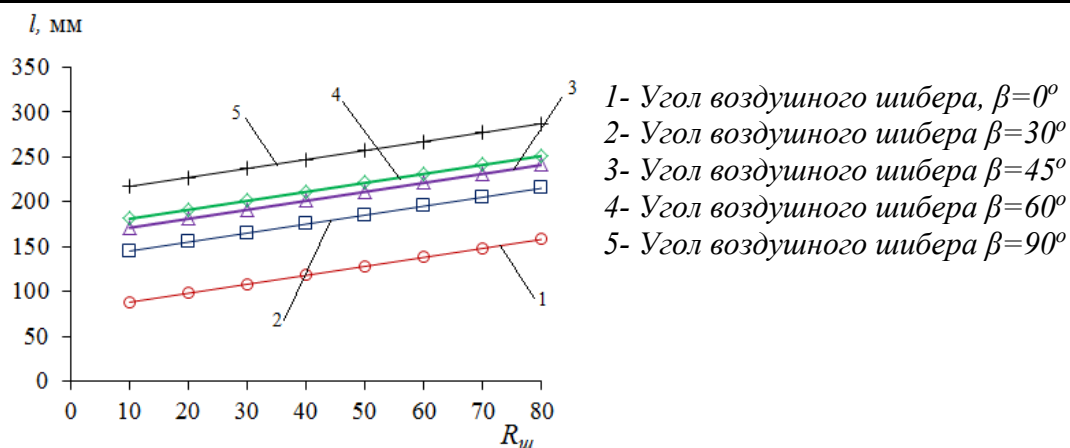
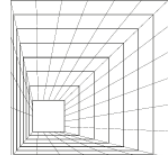
10	80	13 0	14 0	18 0	23 0	95	13 5	15 5	20 0	27 0	10 0	14 5	16 5	22 5	26 5
20	90	14 0	15 0	19 0	24 0	10 0	14 0	16 5	21 0	28 0	10 5	15 0	17 5	23 5	27 5
30	10 0	15 0	16 0	20 0	25 0	10 5	14 5	17 5	22 0	29 0	11 0	15 5	18 5	24 5	28 5
40	11 0	16 0	17 0	21 0	26 0	11 0	15 0	18 5	23 0	30 0	11 5	16 0	19 5	25 5	29 5
50	12 0	17 0	18 0	22 0	27 0	11 5	15 5	19 5	24 0	31 0	12 0	16 5	20 5	26 5	30 5
60	13 0	18 0	19 0	23 0	28 0	12 0	16 0	20 5	25 0	32 0	12 5	17 0	21 5	27 5	31 5
70	-	-	-	-	-	12 5	16 5	21 5	26 0	33 0	13 0	17 5	22 5	28 5	32 5
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13 5	18 0	23 5	29 5	33 5
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для определения длины и толщины жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, были проведены экспериментальные исследования при угле наклона лопаток контактного элемента (завихрителя) $\alpha = 60^\circ$ и диаметрах отверстий штуцера $d_{ш} = 2; 2,5 \text{ и } 3 \text{ мм}$, а также при различных значениях расходов жидкости и газа.

По результатам проведённых экспериментов установлено, что при изменении расхода жидкости в диапазоне показаний ротаметра $0-100$ и скорости газового потока $u_g = 7,07-28,37 \text{ м/с}$ длина жидкостной плёнки, образующейся в рабочей камере аппарата, изменялась в пределах $100-265 \text{ мм}$, а её толщина составляла $2,9-1,4 \text{ мм}$.

На **рисунке 3** представлены экспериментально полученные значения длины жидкостной плёнки при угле наклона лопаток контактного элемента $\alpha = 60^\circ$ и диаметрах отверстий штуцера $d_{ш} = 2; 2,5 \text{ и } 3 \text{ мм}$.





$\alpha=60^\circ$

Рисунок 1.4. Зависимость длины жидкостной плёнки от расходов воздуха и жидкости.

Таблица 3. Угол наклона лопаток контактного элемента $\alpha=45^\circ$

ш	$d_{ш}=2 \text{ мм}$					$d_{ш}=2,5 \text{ мм}$					$d_{ш}=3 \text{ мм}$				
	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°	0°	30°	45°	60°	90°
10	10 0	13 0	13 5	14 5	15 0	10 5	14 0	15 0	16 5	17 0	11 0	17 0	17 5	18 5	19 5
20	11 0	14 0	14 5	15 5	16 0	11 5	15 0	16 0	17 5	18 0	12 0	18 0	18 5	19 5	20 5
30	12 0	15 0	15 5	16 5	17 0	12 5	16 0	17 0	18 5	19 0	13 0	19 0	19 5	20 5	21 5
40	13 0	16 0	16 5	17 5	18 0	13 5	17 0	18 0	19 5	20 0	14 0	20 0	20 5	21 5	22 5
50	14 0	17 0	17 5	18 5	19 0	14 5	12 0	19 0	20 5	21 0	15 0	21 0	21 5	22 5	23 5
60	15 0	18 0	19 0	19 5	20 0	15 5	19 0	20 0	21 5	22 0	16 0	22 0	22 5	23 5	24 5
70	-	-	-	-	-	16 5	20 0	21 0	22 5	23 0	17 0	23 0	23 5	24 5	25 5
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18 0	24 0	24 5	25 5	26 5
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

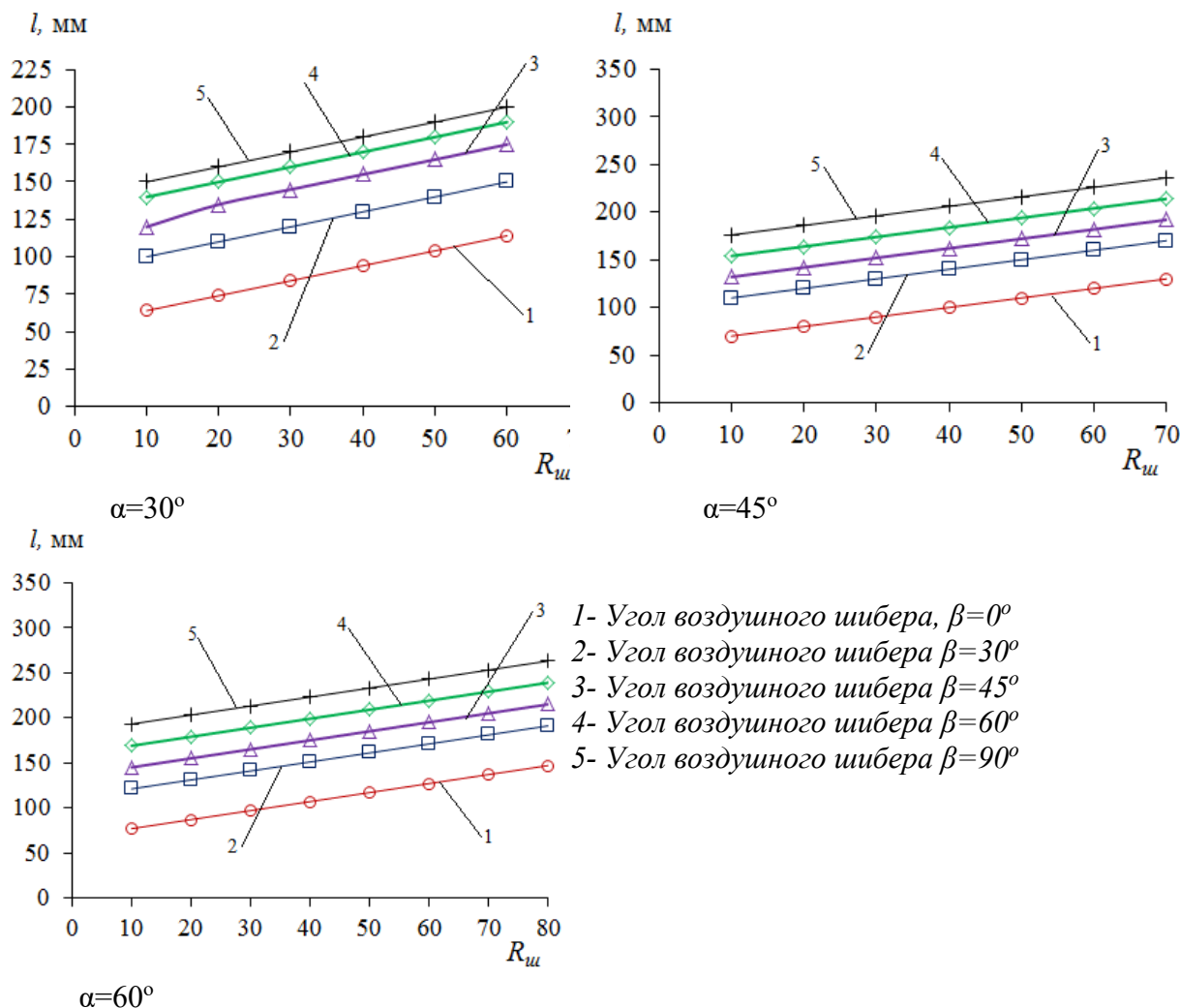
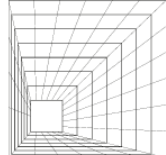


Рисунок 1.5. Зависимость длины жидкостной плёнки от расходов воздуха и жидкости.

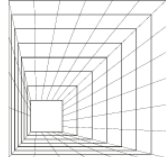
Проведённые экспериментальные исследования показали, что длина жидкостной плёнки увеличивалась в среднем на 10–15 мм, при этом толщина жидкостной плёнки изменялась в пределах 3,1–1,2 мм.

По результатам экспериментальных исследований влияния скорости газового потока, расходов жидкости и газа, а также угла наклона лопаток контактного элемента на эффективность очистки установлено, что увеличение угла наклона лопаток контактного элемента, создающего вихревое движение газового потока, способствует увеличению толщины слоя жидкостной плёнки. Однако при этом уменьшается площадь рабочей поверхности контактного элемента.

В то же время уменьшение угла наклона лопаток обеспечивает увеличение длины жидкостной плёнки, но приводит к уменьшению её толщины [4,5]. В результате возрастает площадь рабочей поверхности, что способствует более интенсивному контакту газового потока с жидкостной плёнкой.

Вывод

Таким образом, увеличение длины жидкостной плёнки и площади рабочей поверхности в рабочей камере аппарата обеспечивает повышение эффективности



очистки запылённого газа за счёт интенсификации процессов массообмена между газовой и жидкой фазами.

Литературы

1. Ergashev N.A., Alimatov B.A., Karimov I.T. Kontakt elementi buralgan yoʻldosh quyunli rejimda ishlovchi hoʻl usulda chang tozalovchi apparat // Fargʻona politexnika institutining ilmiy-texnik jurnali. – Fargʻona, 2019. – №2. – B. 147-152.
2. Эргашев Н.А., Алиматов Б.А., Ахунбаев А.А. Энергетическая эффективность абсорбционной газоочистки // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – Фарғона, 2017. – №4. – Б. 140-143.
3. Архипов В.А., Березиков А.П. Основы теории инженерно-физического эксперимента. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 206 с.
4. Ergashev N. A., Isomidinov A. S., Alimatov B. A. Determination hydraulic resistance of device that has the vortex flow creating contact element // Austrian journal of technical and natural sciences. – Vienna. 2020. – № 3-4. – P.15-22.
5. Ergashev N. A., Hoʻl usulda chang ushlovchi apparatda massaalmashinuv jarayonlarni tajribaviy tadqiq qilish // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – Фарғона, 2023. – №8. – Б. 45-50.