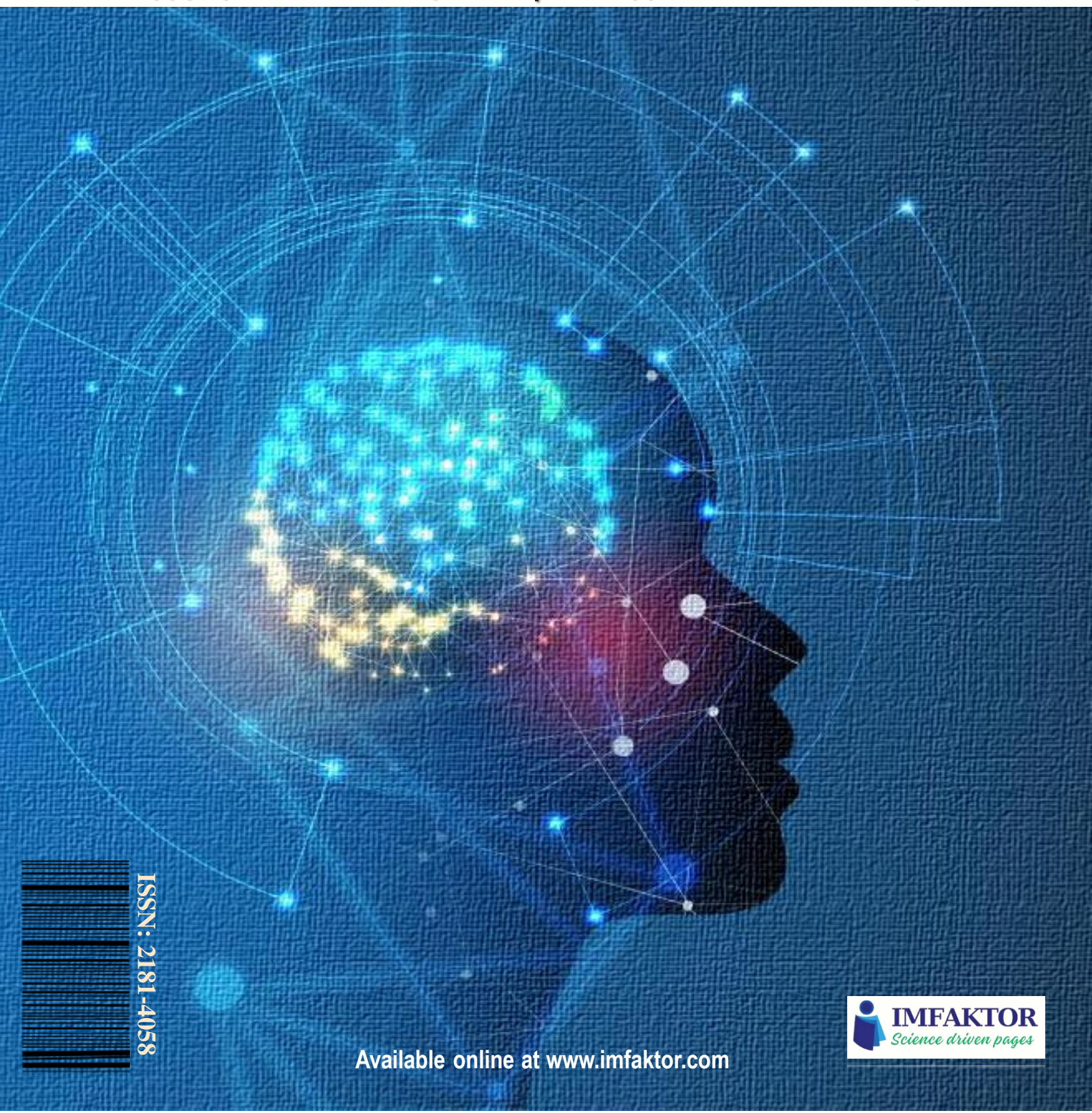


Volume II | Issue 1 | January | 2024

Journal of
RESEARCH
and **INNOVATIONS**

ТАДҚИҚОТ ВА ИННОВАЦИЯЛАР | ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ



ISSN: 2181-4058



Available online at www.imfaktor.com



ISSN: 2181-4058
DOI Journal 10.56017/2181-4058

ТАДҚИҚОТ ВА ИННОВАЦИЯЛАР ЖУРНАЛИ

II-ЖИЛД, 1-СОН

ЖУРНАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ
ТОМ-II, НОМЕР-1

JOURNAL OF RESEARCH AND INNOVATIONS
VOLUME-II, ISSUE-1

ТОШКЕНТ - 2024

ТАДҚИҚОТ ВА ИННОВАЦИЯЛАР ЖУРНАЛИ

ЖУРНАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ | JOURNAL OF RESEARCH AND INNOVATIONS

№ 1 (2024) DOI <http://dx.doi.org/10.56017/2181-4058-2024-1>

Бош муҳаррир:

Салимов А. – архитектура фанлари доктори, профессор

Масъул муҳаррир:

Кадиров К. – филология фанлари номзоди, доцент

Таҳририят аъзолари:

1. Закиров Х. – қишлоқ хўжалиги фанлари номзоди, профессор
2. Гулмуродов Р. – қишлоқ хўжалиги фанлари доктори, профессор
3. Якубжон Хатамович Юлдашов – қишлоқ хўжалик фанлари номзоди, профессор,
4. Камалова Дильфуза Энуаровна – филология ф.б.ф.д (PhD)
5. Раззақов Шухрат Турсунович – техника фанлари номзоди, доцент
6. Чоршанбиев Шухрат Махматмуродович – техника ф.б.ф.д. (PhD), доцент
7. Нематов Эркинжон Ҳамроевич – техника ф.б.ф.д (PhD), доцент
8. Бобокалонов Одилшоҳ Остонович – филология ф.б.ф.д (PhD)
9. Абдуллаева Садокат Шоназаровна – техника ф.б.ф.д (PhD)
10. Шарипов Козимжон Комилжонович – техника ф.б.ф.д (PhD)
11. Норматов Ғайрат Алижанович – техника ф.б.ф.д (PhD)
12. Бозорова Гульмира Зайниддиновна – филология ф.б.ф.д (PhD)
13. Убайдуллаев Фарход Бахтияруллаевич – қишлоқ хўжалиги ф.б.ф.д (PhD)
14. Каримова Дилафрўз Ҳалимовна Филология – филология ф.б.ф.д (PhD)
15. Маҳмудова Муаттар Мақсатуллаевна – филология ф.б.ф.д (PhD)
16. Юлдашева Дилафруз Махамадалиевна – филология фанлари доктори

“Тадқиқот ва инновациялар” журнали 2022 йил 22 декабрь куни № 054912-сонли гувоҳнома билан оммавий ахборот воситаси сифатида давлат рўйхатидан ўтказилган.

Мазкур журнал 6 та халқаро маълумотлар базаларида индексланган бўлиб, жорий йил учун UIF 2023 = 7.1 “импакт-фактор” кўрсаткичига эга. Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2023 йил 24 июлдаги 01-02/1199-сонли хатига мувофиқ ушбу журналда чоп этилган мақолалар хорижий мақолалар сифатида тан олинади.

Саҳифаловчи\Page Maker\Верстка: Абдураҳмон Хасанов

Таҳририят манзили: Тошкент шаҳар, Учтепа тумани, “Ватан” МФЙ, Чилонзор 24-мавзеси, 2/27-уй. Почта индекси 100152. Веб-сайт: www.imfaktor.uz/com

Телефон номер: +99894-410 11 55, **E-mail:** tahririyat@imfaktor.uz

© “ИМФАКТОР Pages” илмий нашриёти, 2024 йил.

© Муаллифлар жамоаси, 2024 йил.

ТАДҚИҚОТ ВА ИННОВАЦИЯЛАР ЖУРНАЛИ

ЖУРНАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ | JOURNAL OF RESEARCH AND INNOVATIONS

ГАНИЕВА Сабохат Уктамовна

Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети

кимёвий технологиялар кафедрасининг

таянч докторанти

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10519465>

ГАЗЛАРНИ ҚАТТИҚ ЗАРРАЧАЛАРДАН ТОЗАЛАШ УСУЛЛАРИ, УЛАРНИНГ АФЗАЛЛИКЛАРИ ВА КАМЧИЛИКЛАРИ

АННОТАЦИЯ

Мақолада газларни чангдан тозалашнинг асосий усуллари ёритилган. Қайси усул ҳозирда энг кўп тарқалганлиги ҳақида маълумотлар келтирилган. Бу усулларда ишлайдиган аппаратларнинг ўзига хос камчиликлари ва уларнинг авзаллик томонлари мавжуд. Газдаги заррачаларнинг дисперс таркибининг хусусиятига қараб аппаратлар танланади. Одатда диаметри 5 мкм дан катта бўлган қаттиқ заррачалардан газларни тозалашда циклонлар ишлатилади ва бунда тозалаш самарадорлиги 85% дан ошмайди. Диаметр ўлчами 10 мкм дан катта бўлган қаттиқ заррачаларни тутиш самарадорлиги циклонлар учун 98% ни ташкил қилади. Ҳозирда бир қанча олимлар томонидан анъанавий циклоннинг барча параметрлари бўйича шакллантирилган турлари мавжуд бўлиб, уларда унумдорлик мавжуд циклонлар билан солиштирилса 4 мартагача оширишга эришилган. Бундай циклонларни саноатдан чиқадиган газларни чангдан тозалашнинг биринчи поғонасида қўллаш ўринли.

Калит сўзлар: дисперс таркиби, циклон, самарадорлик, унумдорлик, диаметр ўлчами.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ, ИХ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

АННОТАЦИЯ

В этой статье подчеркиваются основные методы очистки газов от пыли. Приводится информация именно какие методы очистки наиболее распространены. Аппараты работающих в этих методах имеют свои достоинства и недостатков использования. В зависимости от характера дисперсного состава частиц газа выбираются аппараты. Для твердых частиц диаметром больше 5 мкм используются циклоны и степень очистки не больше 85%. Степень очистки для частиц диаметром больше 10 мкм может достигать до 98%. Сегодняшнем дне несколько ученые усовершенствовали традиционных циклонов по всем параметрам и смогли 4 раз увеличить производительность. Таких циклонов предлагается применять первичной очистки газов от пыли.

Ключевые слова: дисперсный состав, циклон, производительность, степень очистки, размер диаметра.

METHODS OF CLEANING GASES FROM SOLID PARTICLES, THEIR ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

ANNOTATION

This article highlights the main methods of cleaning gases from dust. Information is provided on exactly which cleaning methods are most common. The devices working in these methods have their advantages and disadvantages of use. Depending on the nature of the dispersed composition of the gas particles, devices are selected. For solid particles with a diameter of more than 5 microns, cyclones are used and the degree of purification is not more than 85%. The degree of purification for particles with a diameter greater than 10 microns can reach up to 98%. Today, several scientists have improved traditional cyclones in all respects and were able to increase productivity 4 times. It is proposed to use such cyclones for primary gas purification from dust.

Keywords: dispersed composition, cyclone, productivity, degree of purification, diameter size.

Саноат чиқинди газларини қаттиқ заррачалардан тозалаш учун қуйидаги усуллар қўлланилади [1, Б.45–57; 2, Б.90–106]:

1. Оғирлик кучи остида чўктириш (тиндириш);
2. Филтрлаш;
3. Электростатик кучлар остида чўктириш;
4. Марказдан қочма кучлар остида ажратиш;
5. Газларни ювиб тозалаш.

Чўктириш усулининг авфзалликларига уларнинг чўктириш юзаси катталиги, қурилмаси ва ишлатилиши оддийлиги, иқтисодий тарафлама арзонлиги киради. Аммо самарадорлиги ва унумдорлиги жуда кичик бўлганлиги сабабли газларни тозалашнинг бу усули ҳозирги кунда деярли қўлланилмайди.

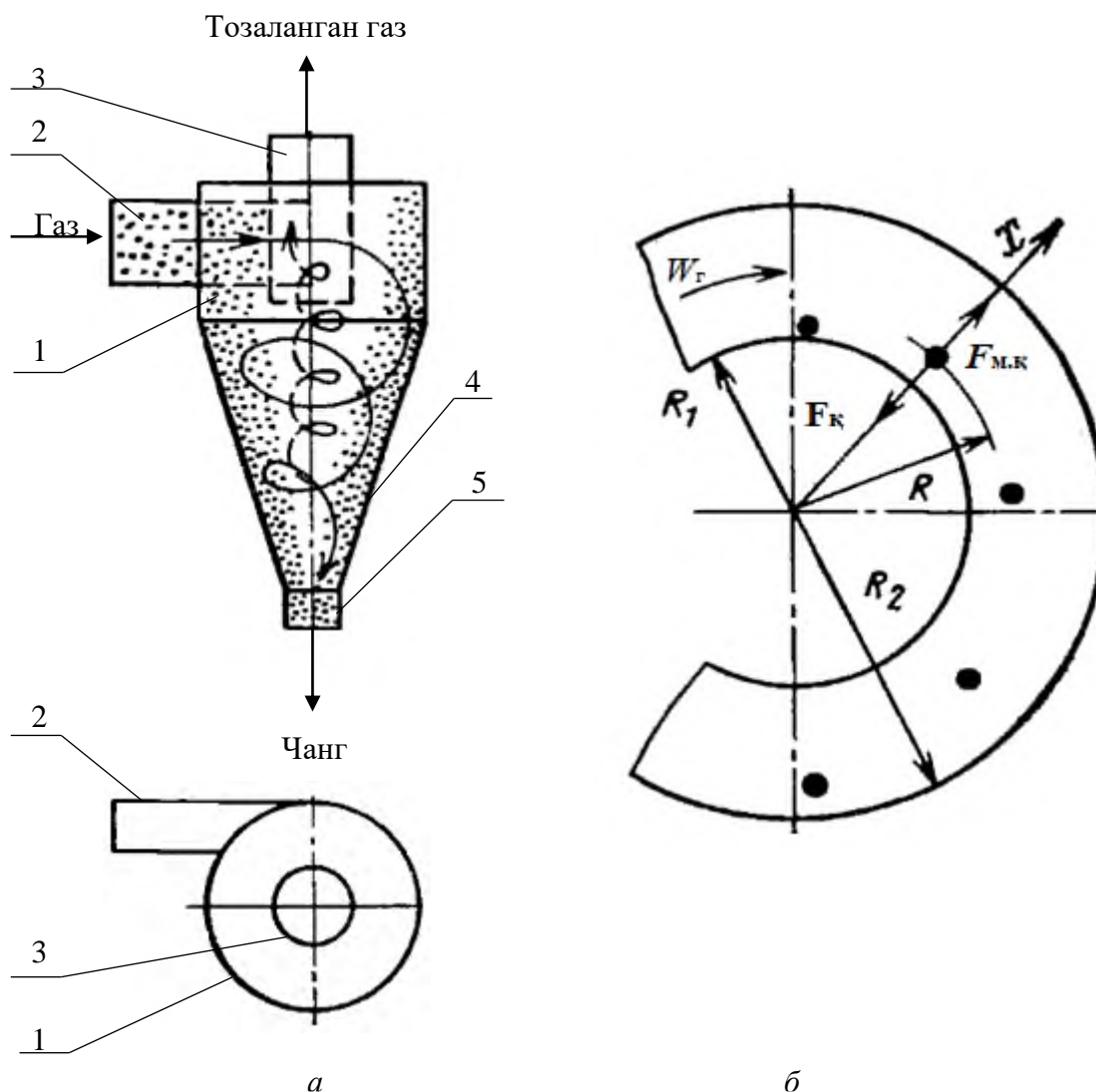
Филтрлаш усулида чанг таркибидаги қаттиқ заррачалар ғовакли тўсиқлар ёрдамида ушлаб қолинади. Филтрловчи материалнинг икки томонидаги босимлар фарқи бу усулнинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади. Унумдорлиги кичиклиги, гидравлик қаршилиги катталиги, конструкцияси ва уларни ишлатиш мураккаблиги туфайли газларни тозаловчи филтрлардан ҳам саноатда жуда кам фойдаланилади.

Электростатик кучлари таъсирида чўктириш усули газ молекулаларини электр разрядида ионлашга асосланган. Бу усулда ишлайдиган аппаратлар етарлича самарали бўлсада, кўп электр энергиясини талаб қилиши ва аппаратни ишлатиш жараёни мураккаблиги сабабли кам қўлланилади.

Марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш аппаратлари ичида циклонлар амалиётда кенг қўлланилиб келинмоқда. Улар марказдан қочма кучлар таъсирида ишлайди. Конусли циклонларнинг самарадорлиги энг юқори ҳисобланади [1, Б.45–57; 2, Б.90–106; 3, 4, 5, Б.9–14]. Аньанавий циклонда кириш қувурчаси (1-расм) цилиндр қисмига тангенциал уланган.

Газ циклонга 25 м/сгача тезликда кириш қувурчасига юборилади, айланма ҳаракат олиб цилиндр ва конус ички деворлари бўйлаб тораювчи спирал чизиғи бўйича пастга тушади. Марказдан қочма куч $F_{м.к.}$ таъсирида заррачалар циклон ички деворига итарилади ва спирал траекторияси бўйлаб чанг йиғиладиган насадкага кўчади. Марказда айланаётган тозаланган газнинг оқими марказда жойлашган чиқиш қувурчаси орқали чиқиб кетади. Циклондаги заррача айланма траектория бўйлаб w -тезлик билан ҳаракатланади. Заррачага таъсир қиладиган итариш кучи ва оғирлик кучи марказдан қочма кучга қараганда жуда ҳам кичик бўлгани учун ҳисобга олинмайди. Заррача ҳаракатланаётганида муҳитнинг қаршилиқ кучи юзага келади ва унинг вектори ўқга қарши йўналтирилган бўлади.

Йўл кўйса бўладиган чангнинг концентрациясига циклонларнинг иш самарадорлиги тўғри келмайди, шунинг учун циклонлар, бир босқичли газ тозалашда ишлатилади. 20-40 мкм дан катта чанглар учун иш унумдорлиги яхши.



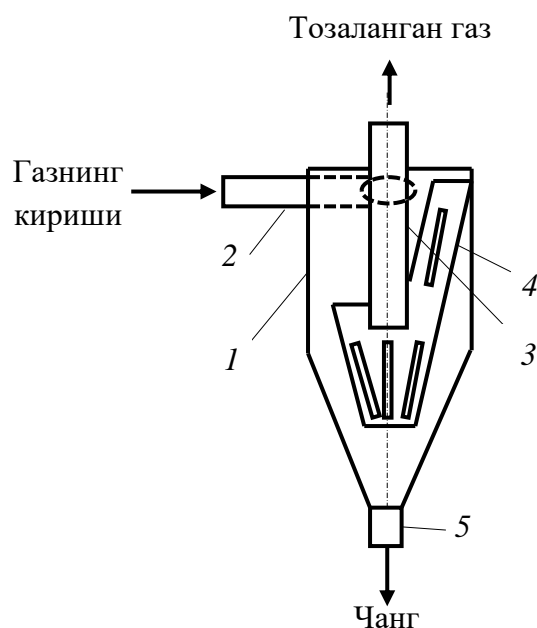
1 – цилиндр қисми; 2 – кириш қувурчаси; 3 – чиқиш қувурчаси;
4 – конус қисми; 5 – чанг йиғиладиган насадка.

а) конструкцияси; б) заррачаларнинг ҳаракатланиш схемаси;

1-расм. Анъанавий циклон.

Дастлабки тўртта усуллар газларни қаттиқ заррачалардан қуруқ тозалашда қўлланилиб, бу усулдан биринчи поғонада тозалаш учун фойдаланилади. Қаттиқ заррачаларнинг ўлчамлари 10 мкм дан камайиши билан циклонларнинг самарадорлиги бирдан тушиб кетади.

Е.В. Романюк ва бошқалар оддий циклоннинг тепа қисмига тирқишли ва тирқишсиз кистирма ўрнатиб (2-расм), уларнинг самарадорлигини ўрганишган [6, Б.51–54; 7, 8, 9]. Циклоннинг конструктив хусусияти, тирқишлари бўлган конуссимон кистирманинг борлигида бўлиб, тирқишлар сони оптимал равишда 11 дона қилиб ясалган [6, Б.51–54].



1 – корпус; 2 – кириш қувурчаси; 3 – чиқариш қувурчаси; 4 – тирқишли қистирма; 5 – тозаланган газнинг чиқиш қувурчаси;

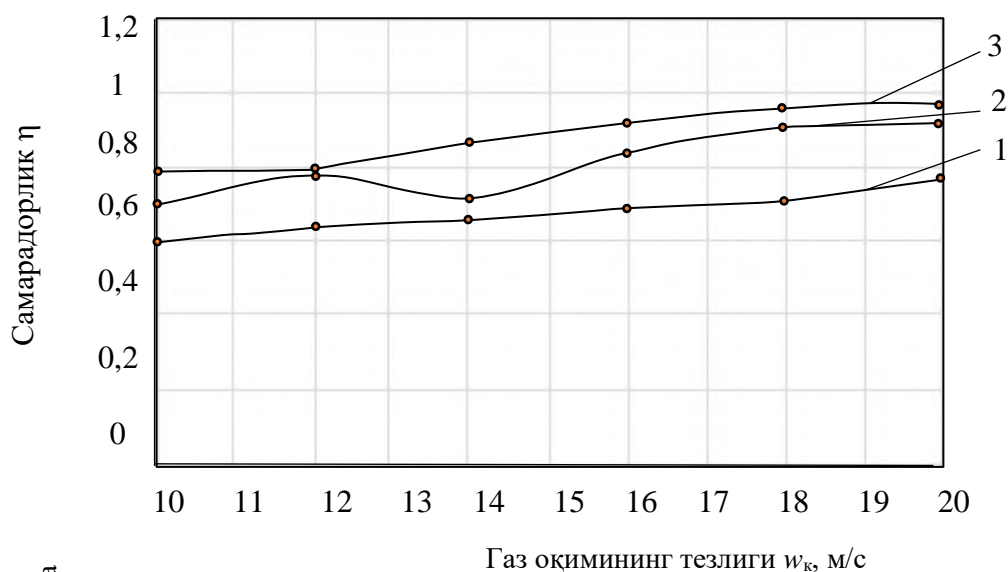
2-расм. Циклон схемаси.

Ўтказилган тадқиқот натижалари 3-расмда, циклон самарадорлигининг (а) ва умумий гидравлик қаршилик киришдаги газ оқимининг тезлигига боғлиқлиги (б) кўрсатилган.

Ҳаво йўлининг кириш ва чиқишидаги босимлар айирмаси орқали гидравлик босим аниқланган ва 415-ДИВ босим датчиги ёрдамида ўлчанган. Иш самарадорлигини аниқлашда чангнинг массали концентрациясини тўғридан тўғри намуна олинадиган газ оқимининг ташқи филтрлаш билан заборли трубкаси қўлланилиб аниқланган. НИИОГАЗ поғонали импактори билан микроскопик таҳлил бирикмаси ёрдамида чангнинг дисперсли таркибининг таҳлили амалга оширилган. Газ оқимининг сарфини ва тезлигини КИМО VT 100 термоанемометрда ўлчанган.

Тирқиши аниқ ўлчамда ўйилган қистирма шундай жойлаштирилганки, циклонга газнинг кириш соҳасидан бошлаб оқимларни ажратишни таъминлайди ва гидравлик қаршилиқни нисбатан камайтиради. Газ тангенциал узатилганида оқим айланма ҳаракат олади. Ташқи оқимнинг чанг заррачалари спирал траектория бўйлаб ҳаракатланиб, циклоннинг деворларига тегиб, қистирмани четлаб, чангни чиқариш қувурчасига йўналтирилади. Катта заррачалар пастга тушади. Оқим қайтиб қистирмадан ўтаётганида нисбатан майда заррачалар қистирманинг тирқишларида ушланиб қолинади ва пастга чанг чиқариш қувурчасига тушади.

Бу циклонда бошқа анъанавий циклонларга қараганда гидравлик қаршилиқнинг нисбатан пасайишига эришилган. Газ оқимининг тезлиги 13 м/с бўлганида умумий гидравлик қаршилиқ 200 Па. Тезлик 17 м/с дан ошганида умумий гидравлик қаршилиқ 250 Па бўлиб қолади. 5 мкм дан катта чанг заррачалари учун самарадорлик эса 95 % гача етган.



а) циклон самардорлигининг газ оқимининг циклонга киришда тезлигига боғлиқлиги

$$\eta = f(w_k);$$

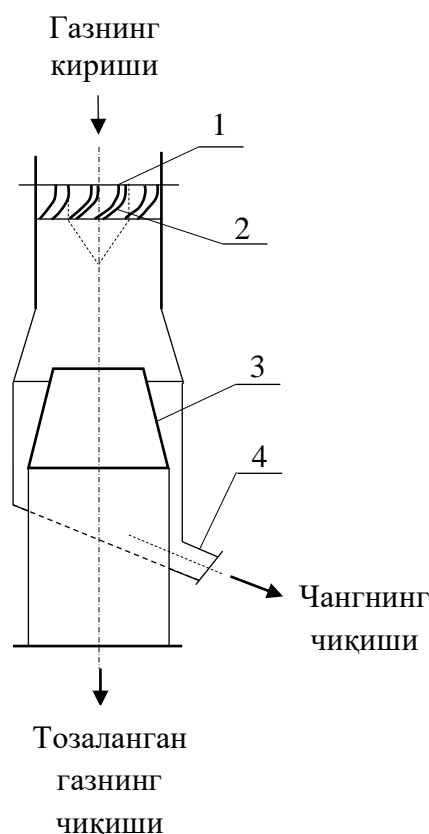
б) умумий босимлар фарқининг газ оқимининг циклонга киришда тезлигига боғлиқлиги $\Delta P = f(w_k)$; 1-оддий циклон; 2-тирқишсиз қистирма; 3- тирқишли қистирма.

3-расм. Боғлиқлик графиклари.

Циклонларнинг асосий камчилиги уларнинг майда дисперсли чанглари тутиб олишидаги самардорлигининг пастлигидир. 5 мкм дан кичкина чанглари тутиб олиш самардорлиги жуда кам, юқори самарали циклонларнинг қаршилиги 1200–1800 Па.

В.С. Топталов ва бошқалар томонидан бажарилган тадқиқот ишларида циклонларнинг тўғри оқимли янги конструкциясининг самардорлиги ёритилган [10, 11, Б. 44–50; 12, Б.392; 13, Б.5–7; 14, Б.101–138; 15, Б.470–479; 16, Б. 190–200; 17, Б. 105–111; 18, Б. 135–144; 19, Б.26–36; 20], бу циклоннинг схемаси 4-расмда келтирилган.

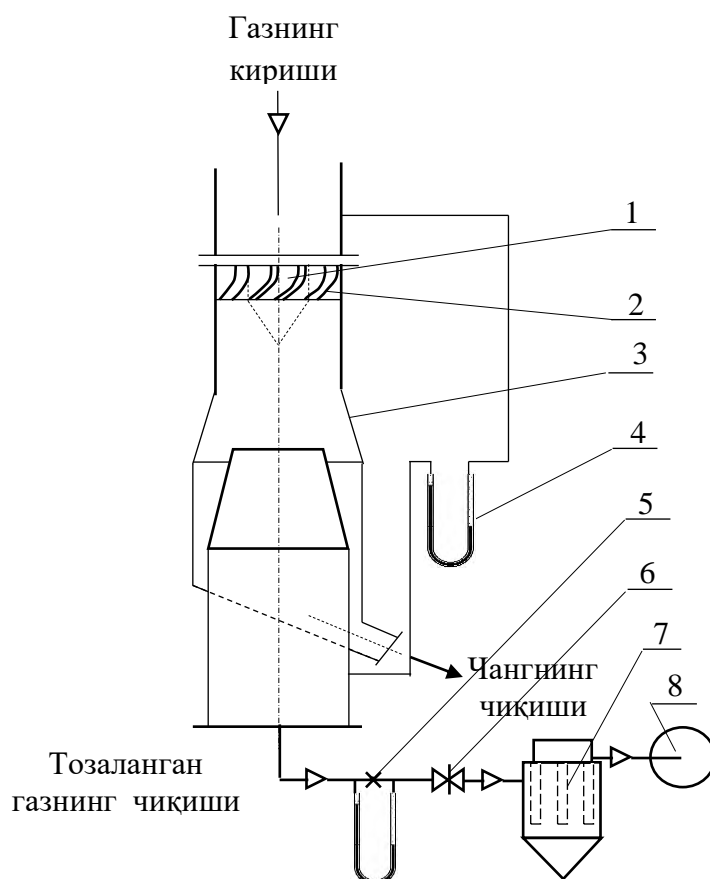
Хозирги кунда қўлланилиб келаётган аънавий циклонларда газ оқими аппаратнинг ён томонидан тангенциал берилади. Таклиф қилинаётган циклон конструкциясида газ оқими аппаратнинг тепа қисмидан ўқи бўйлаб тўғри йўналтирилган. Бу аппаратнинг тепа қисмида, яъни газнинг кириш жойида парракли айлантиргич ўрнатилган бўлиб, газ тезлиги юқори бўлганида ажратиш камерасида иккита зона ҳосил бўлади.



1 – айлантиргич; 2 – парракли айлантиргич; 3 – тозаланган газнинг чиқиш қувурчаси;
4 – чангнинг чиқиш қувурчаси.

4-расм. Тўғри оқимли циклоннинг схемаси.

Ички зонада жадал турбулентлик ҳосил бўлади. Йўналтирувчи паррақлар ёрдамида газ айланма ҳаракат олади. Тозаланган газнинг чиқиш патрубкиси атрофида ташқи зона бўлиб, газ спирал бўйлаб ҳаракатланади. Қаттиқ заррачалар аппаратнинг деворига йўналтирилади ва у ерга етиб борганидан кейин девор бўйлаб чанг чиқариш қувурчасига тушади. Тозаланган газ ички қувурдан чиқариб юборилади. Ўрнатма тўғри оқимли циклон, марказдан қочма вентилятор ва энгли филтрдан иборат бўлиб, 5-расмда кўрсатилган. Сарф диафрагмаси ёрдамида ҳаво сарфи ўлчанган. Шибер заслонкаси эса ҳаво сарфини ростлаш учун қўлланилган.

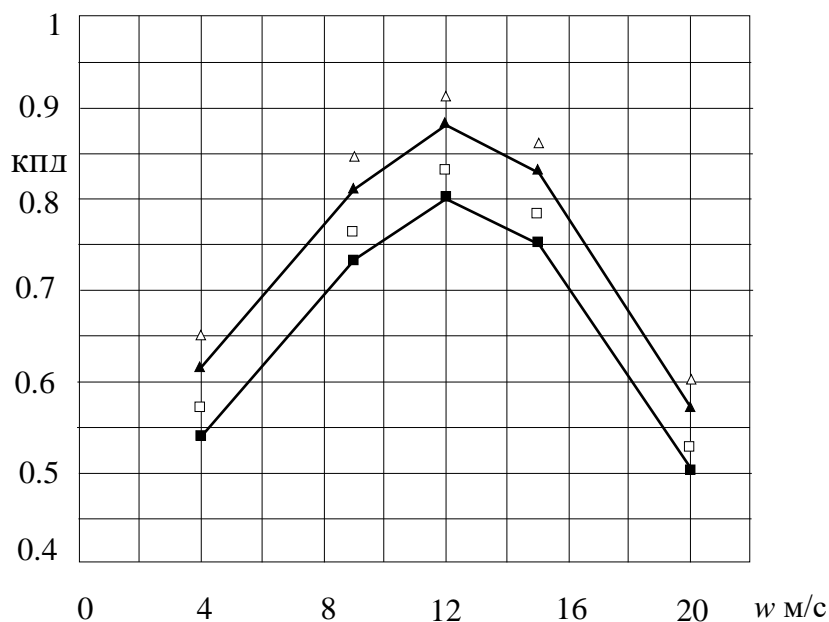


- 1 – айлантиргич; 2 – айлантиргич парраклари; 3 – корпус; 4 – дифманометр;
 5 – дифманометр билан уланган диафрагма; 6 – шибер заслонкаси; 7 – энгли филътр;
 8 – марказдан қочма вентилятор.

5-расм. Эксперимент ўрнатмасининг схемаси.

Циклоннинг гидравлик қаршилиги газнинг бошланғич чангланганлиги ва тутиб олинган чангнинг миқдори ўлчанган. Бунда газнинг тезлигининг қийматлари 4 м/с, 9 м/с, 12 м/с, 15 м/с ва 20 м/с, газнинг чангланганлиги 100 г/м^3 , қаттиқ фаза сифатида ўлчамлари 15 мкм, 20 мкм, 30 мкм ва 50 мкм бўлган кварц кукуни ишлатилган. Бу циклон конструкциясида унумдорлик анъанавий циклонларга қараганда уч марта оширишга эришилган.

Тажриба натижалари 6-расмда кўрсатилган. Бу расмдан кўриниб турибдики заррачаларнинг ўлчами катта бўлганда циклоннинг фойдали иш коэффициенти юқори бўлади. Газнинг циклондаги тезлиги 4 м/с дан 12 м/с гача ошганида самарадорлик 50 мкмлик заррачалар учун 86-88 % гача, 15 мкмлик заррачалар учун эса 80 % гача ортган. Тезлик 12 м/с дан ошганидан кейин самарадорлик кескин пасайган.



□ – заррачалари 15 мкм бўлган газ учун тажриба қиймати, Δ - заррачалари 50 мкм бўлган газ учун тажриба қиймати. Эгри чизиклар - ҳисобланган кўрсаткичлар;
6-расм. Самарадорликнинг тезликга боғлиқлик графиклари.

Ишнинг аҳамиятли томони шундаки таклиф этилган тўғри оқимли циклон, газ тангенциал бериладиган анъанавий циклонларга нисбатан юқори тезликда ишлай олади. Бу эса аппарат унумдорлигининг 3-4 марта ошириш имконини беради. Чунки анъанавий циклонлар газнинг тезлиги 3-3,8 м/с оралиқларда бўлгандагина самарали ишлайди [10, 11, Б. 44–50; 12, Б. 392; 13, Б. 5–7; 14, Б.101–138].

Циклонли чанг тутгичларнинг доимий такомиллашиши қатор аппаратларнинг (қайтма оқимли циклонлар, тўғри йўналтирувчи циклонлар ва уюрмали аппаратлар) яратилишига олиб келди. Газларни тозалаш самарадорлигига бўлган талаб унчалик юқори бўлмаганда, катта дисперсли чангларни тутишда ва жараёнга сарфланадиган энергетик харажатларни камайтириш учун тўғри йўналтирувчи циклонларни ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Газларни ювиб тозалаш усулида суюқлик ёрдамида газдаги заррачаларни тутиб олиш жараёни содир бўлади. Тутиб олиш инерция кучлари ва оғирлик кучлари таъсирида амалга оширилади.

Демак Е.В. Романюк жамоаси анъанавий циклонга қўшимча кистирма қўйиб, гидравлик қаршилиқни нисбатан камайтиришга эришган. В.С. Топталов бошчилигида эса циклоннинг тепа қисмига парракли айлантиргич ўрнатиб, аппаратнинг унумдорлигини 4 мартагача оширган. Циклонлар параметр кўрсаткичларидан келиб чиқиб танланади ва газнинг таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг дисперс қиймати 5 мкм дан юқори бўлганда бирламчи тозалаш учун қўлланилади.

ИҚТИБОСЛАР. СНОСКИ. REFERENCES.

1. Б.А.Алимов, Х.М.Садуллаев, Э.О.Орипов, Атроф-муҳитни муҳофазаловчи техника/ Дарслик/ Ф а р ф о н а - Техника - 2 0 0 6 й. У Д К 614.712. 45-57 бетлар.
2. Ш.О.Муродов, У.Р.Панжиев, Атмосфера хавосини муҳофаза қилиш технологияси (муаммоли маъруза матнлари)/ Қарши муҳандислик иқтисодиёт институти/ҚАРШИ-2003 й. 90-106 бетлар
3. С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.С. Иванова, Д.А. Володкин Повышение эффективности пылеочистки в рабочих зонах на предприятиях строительной отрасли. Воронежский государственный технический университет УДК 681.2:331.451
4. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки / А.Г. Ветошкин. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - 210 с.
5. М. Лутовац, С.Д. Охрана труда при выборе устройств пылеподавления на рабочих местах в строительстве / Николенко, С.А. Сазонова, А.В. Звягинцева, В.С. Иванова. Комплексные проблемы техносферной безопасности / Материалы VI / Международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 21-22 декабря 2020 г.) В 3-х частях Часть II/ –С. 9-14.
6. Е.В. Романюк, Д.В. Циклоны высокой эффективности для очистки пылегазовых выбросов Каргашилов, А.В. Некрасов / Методы и средства обеспечения безопасности Methods and Means of Safety / DOI: 10.12737/5303 / Безопасность в техносфере, №4 (июль–август), 2014 / -С. 51-54.
7. Патент на изобретение № 2480294 Российская Федерация, МПК В04С5/107 (2006.01). Устройство для пылеулавливания / Гавриленков А.М., Каргашилов Д.В., Некрасов А.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ВГТА; заявл. 17.08.2011; опубл. 27.04.2013; Бюл. № 12.
8. Василевский М.В. Обеспыливание газов инерционными аппаратами: монография/ Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
9. Патент на изобретение № 2006291 Российская Федерация, МПК В04С5/107 (2006.01). Циклон / Беляева Н.Ф., Сажин Б.С., Помазан В.Н., Хатминская Л.А., Репневский Н.М.; заявитель и патентообладатель Институт химической технологии и промышленной экологии; заявка 4940917/26; опубл. 30.01.1994.
10. Топталов В.С., Марцулевич Н.А., Флисюк О.М. Очистка дымовых и технологических газов в прямоточных циклонах. Химия и химическая технология. процессы и аппараты/ Известия СПбГТИ(ТУ) №56(82) 2021 УДК 621.928.93. DOI: 10.36807/1998-9849-2021-56-82-44-50. С. 44-50.
11. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли М.: Химия, 1981. 392 с.
12. Новиков Л.М., Инюшкин Н.В. Сравнительная оценка пылеулавливающих установок с циклонами, имеющими верхний и нижний вывод очищенного газа. Сб. Процессы и аппараты технологии неорганических веществ. Свердловск: УНИХМ, 1973. Вып. 25. С. 5-7.
13. Алексеенко С.В., Окулов В.Л. Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) // Тепло-физика и аэромеханика. 1996. Т. 3. № 2. С. 101-138.
14. Huang L., Deng S., Chen Z., Guan J., Chen M.. Numerical analysis of a novel gas-liquid pre-separation cyclone. // Separation and Purification Technology. 2018. V. 194. P. 470-479.
15. Bernardo S., Mori M., Peres A.P., Dionísio R.P. 3-D computational fluid dynamics for gas and gas-particle flows in a cyclone with different inlet section angles // Powder Technol. 2006. V. 162. P.190-200.

16. Кера А. The efficiency improvement of a largediameter cyclone – the CFD calculations // Sep. Purif. Technol. 2013. V. 118. P. 105-111.
17. Pei B., Yang L., Dong K., Jiang Y., Du X., Wang B. The effect of cross-shaped vortex finder on the performance of cyclone separator // Powder Technol. 2017. V. 313. P. 135-144.
18. Ehteram M.A., Tabrizi H.B., Mesbah M., Ahmadi G., Mirsalim M.A. Experimental study on the effect of connecting ducts on demisting cyclone efficiency // Exp. Therm. Fluid Sci. 2012. V. 39. P. 26-36.
19. Прямоточный циклон: пат. 195672, Рос. Федерация. № 2019136768; заявл. 15.11.2019; опубл. 03.02.2020; Бюл. № 4.
20. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 7-е изд., испр. М.: Дрофа, 2003. 840 с.