


UO‘K: 621.43.038.5:622

 10.70769/3030-3214.SRT.4.2.2026.9

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## KON MASHINALARINING ICHKI YONUV DVIKATELLARI UCHUN SO‘RILUVCHI HAVONI TOZALASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH



**Kayumov Umidjon  
Erkinovich**

Navoiy davlat konchilik va  
texnologiyalar universiteti,  
“Konchilik elektr mexanikasi”  
kafedrası, katta o‘qituvchisi,  
Navoiy, O‘zbekiston  
E-mail: [kayumov\\_umidjon@mail.ru](mailto:kayumov_umidjon@mail.ru)  
ORCID ID: 0000-0002-2147-8973  
Science ID: MNV-0426-0004



**Xatamova Dilshoda  
Normurodovna**

Navoiy davlat konchilik va  
texnologiyalar universiteti,  
“Konchilik ishi” kafedrası t.f.d.  
professori, Navoiy, O‘zbekiston  
E-mail: [dilyon\\_hat@bk.ru](mailto:dilyon_hat@bk.ru)  
ORCID ID: 0009-0002-8336-9884  
Science ID: DNV-0925-0004



**Pardayeva Shahlo  
Saxibjonovna**

Navoiy davlat konchilik va  
texnologiyalar universiteti, “Hayot  
faoliyati xavfsizligi” kafedrası v.b.  
dotsenti, Navoiy, O‘zbekiston  
E-mail:  
[pardayevashahlo33@gmail.com](mailto:pardayevashahlo33@gmail.com)  
ORCID ID: 0009-0008-4847-6901  
Science ID: FNV-0426-0003

**Annotatsiya.** Ochiq kon ishlari sharoitida ichki yonuv dvigatellari yuqori konsentratsiyadagi abraziv chang muhitida ishlaydi, bu esa silindr-porshen guruhining jadal yedirilishiga, dvigatel quvvatining pasayishiga, yoqilg‘i sarfining ortishiga hamda dvigatel resursining qisqarishiga olib keladi. Mazkur maqolada so‘rish havosi tarkibidagi chang zarrachalarining dispers tarkibi va konsentratsiyasining dvigatelning asosiy birikmalari ya‘ni silindr – porshen – halqa holatiga, moy plyonkasi parametrlariga hamda kuch qurilmasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlariga ta‘sir komplekslari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘lchami 5–20 mkm bo‘lgan zarrachalar eng katta xavf tug‘dirib, tezlashgan abraziv yedirilish hamda yonish kamerasining germetikligi yomonlashishiga sabab bo‘lishi aniqlangan. Nazariy va ekspluatatsion ma‘lumotlar asosida kirish havosini tozalash samaradorligini oshirish zarurati ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Ishda ko‘p bosqichli kombinatsiyalashgan havo filtri konstruksiyasi ishlab chiqilib taklif etilgan bo‘lib, u multitsiklonli dastlabki tozalash, ikki bosqichli elektrostatik filtr hamda standart filtrlovchi element orqali yakuniy tozalash jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Taklif etilgan tizim 0,1–20 mkm o‘lchamdagi zarrachalarni past aerodinamik qarshilik sharoitida ushlab qolishni ta‘minlab, umumiy tozalash samaradorligini 95% gacha oshiradi.

**Kalit so‘zlar:** ichki yonuv dvigateli, havo filtri, havoning ifloslanishi, yedirilish, silindr, porshen, porshen halqalari, chang zarrachasi, yedirilish jadalligi, dvigatel resursi, dvigatel quvvati, filtratsiya, abraziv zarrachalar, ko‘p bosqichli tozalash, multitsiklon, elektrostatik filtrlash.

Received: 15.05.2026

Accepted: 03.06.2026

Published: 29.06.2026

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВПУСКНОГО ВОЗДУХА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН

**Каюмов Умиджон  
Эркинович**

Навоийский государственный  
университет горного дела и  
технологий, старший  
преподаватель кафедры «Горная  
электромеханика», Навои,  
Узбекистан

**Хатамова Дилшоода  
Нормуродовна**

Навоийский государственный  
университет горного дела и  
технологий, кафедра «Горное  
дело», доктор технических наук  
(DSc), профессор, Навои,  
Узбекистан

**Пардаева Шахло  
Сахибжоновна**

Навоийский государственный  
университет горного дела и  
технологий, и.о. доцента  
кафедры «Безопасность  
жизнедеятельности», Навои,  
Узбекистан

**Аннотация.** В условиях открытых горных работ двигателя внутреннего сгорания эксплуатируются в среде с повышенной концентрацией абразивной пыли, что приводит к интенсивному износу цилиндра-поршневой группы, снижению мощности, увеличению расхода топлива и сокращению ресурса двигателя. В статье выполнен комплексный анализ влияния дисперсного состава и концентрации пылевых частиц во впускном воздухе на трибологическое состояние основных узлов двигателя, параметры масляной плёнки и эксплуатационные показатели силовой установки. Показано, что наибольшую опасность представляют частицы размером 5–20 мкм, вызывающие ускоренный абразивный износ и ухудшение герметичности камеры сгорания. На основе теоретических и эксплуатационных данных обоснована необходимость повышения эффективности очистки впускного воздуха.

Разработана и предложена конструкция многоступенчатого комбинированного воздушного фильтра, включающего мультициклонную предварительную очистку и двухступенчатую электростатическую сепарацию с последующей доочисткой стандартным фильтрующим элементом. Предлагаемая схема обеспечивает улавливание частиц в широком диапазоне размеров (0,1–20 мкм) при низком аэродинамическом сопротивлении и повышает общую эффективность очистки до 95%. Применение разработанной системы позволяет снизить интенсивность износа цилиндра-поршневой группы, увеличить ресурс базового фильтра и двигателя в целом, уменьшить удельный расход топлива и повысить надёжность эксплуатации горных машин в условиях высокой запылённости.

**Ключевые слова:** Двигатель внутреннего сгорания, воздушный фильтр, загрязнение воздуха, износ, цилиндр, поршень, кольца, частица пыли, интенсивность износа, ресурс ДВС, мощность ДВС, фильтрация, абразивные частицы, многоступенчатая очистка, мультициклон, электростатическая фильтрация, ресурс двигателя.

## ENHANCEMENT OF INTAKE AIR FILTRATION EFFICIENCY FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF MINING EQUIPMENT

**Kayumov Umidjon  
Erkinovich**

Navoi State University of Mining  
and Technologies, Senior Lecturer  
of the Department of Mining  
Electromechanics, Navoi,  
Uzbekistan

**Khatamova Dilshoda  
Normurodovna**

Navoi State University of Mining  
and Technologies, Department of  
Mining Engineering, Doctor of  
Technical Sciences (DSc),  
Professor, Navoi, Uzbekistan

**Pardayeva Shahlo  
Saxibjonovna**

Navoi State University of Mining  
and Technologies, Acting Associate  
Professor of the Department of Life  
Safety, Navoi, Uzbekistan

**Abstract.** Under open-pit mining conditions, internal combustion engines operate in environments with a high concentration of abrasive dust, which leads to intensive wear of the cylinder–piston group, power reduction, increased fuel consumption, and a decrease in engine service life. This paper presents a comprehensive analysis of the influence of the particle size distribution and concentration of dust in the intake air on the tribological condition of key engine components, the parameters of the oil film, and the operational performance of the power unit. It is shown that particles with sizes of 5–20  $\mu\text{m}$  pose the greatest risk, causing accelerated abrasive wear and deterioration of combustion chamber sealing. Based on theoretical considerations and operational data, the necessity of improving the efficiency of intake air purification is substantiated.

*A design of a multi-stage combined air filtration system is developed and proposed, including multicyclone pre-cleaning, two-stage electrostatic separation, and final purification using a conventional filter element. The proposed system ensures effective capture of particles within a wide size range (0.1–20 μm) under low aerodynamic resistance and increases the overall filtration efficiency up to 95%. The implementation of the developed system makes it possible to reduce the wear rate of the cylinder–piston group, extend the service life of both the base filter and the engine as a whole, decrease specific fuel consumption, and improve the operational reliability of mining machines under high-dust conditions.*

**Keywords:** *internal combustion engine, air filter, air pollution, wear, cylinder, piston, piston rings, dust particles, wear rate, engine service life, engine power, filtration, abrasive particles, multi-stage filtration, multicyclone, electrostatic filtration, engine durability.*

**Kirish.** Hozirgi vaqtda qulay geologik sharoitlarda va yuqori gorizontlarda joylashgan ko'plab foydali qazilma konlari zaxiralarning kamayib borishi sababli, yangi zaxiralarni qazib olish jarayonlarini jadallashtirish zarurati yuzaga kelmoqda. Biroq foydali qazilmalar zaxiralarning aksariyati katta chuqurliklarda va murakkab geologik sharoitlarda joylashgan bo'lib, bu ularni qazib olish va tashish jarayonlarini ancha murakkablashtiradi [1].

Foydali qazilma konlarini samarali o'zlashtirish va belgilangan ishlab chiqarish rejalarini bajarishda ichki yonuv dvigatellari bilan jihozlangan mashina va mexanizmlarning roli nihoyatda muhimdir. Shu bilan birga, ularning ekspluatatsion ishonchligini ta'minlash hamda resurslarni tejash dolzarb muammolar qatoriga kiradi.

Ichki yonuv dvigatellarini yuqori changlangan havo muhitida ekspluatatsiya qilish ularning texnik holati va xizmat muddatiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Ma'lumki, havoda qattiq zarrachalarning, ayniqsa o'lchami 10 mkm dan kichik bo'lgan mayda dispers fraksiyalarning mavjudligi abraziv va korroziyaviy-mexanik yedirilish jarayonlarini sezilarli darajada tezlashtiradi.

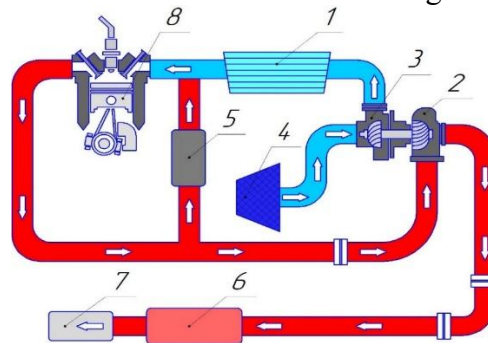
Harakatlanish jarayonida avtotransport vositalari atrof-muhit havosini o'ziga tortadi, bunda havo tarkibida ma'lum miqdorda chang mavjud bo'ladi. Quruq ob-havo sharoitida uning konsentratsiyasi taxminan 60–70 mg/m<sup>3</sup> ga yetadi, chang tarkibiga esa kalsiy, temir, kremniy oksidlari va boshqa komponentlar kiradi [2].

Chang zarrachalari tarkibidagi kremniy oksidi (kvarts)ning sirt qattiqligi yuqori sifatli po'latlarning qattiqligidan qariyb 2 baravar yuqori. O'rta quvvatli dvigatel bir soat davomida taxminan 3000 m<sup>3</sup> havo so'rib oladi. Havo tozalash tizimi mavjud bo'lmagan sharoitda, bir ish smenasi davomida

dvigatel silindrlariga bir necha kilogrammgacha chang kirib borishi mumkin. Qattiq zarrachalar silindrlar, porshenlar va boshqa ishqalanadigan detallarni intensiv yedirilishiga sabab bo'lib, natijada dvigatelning xizmat muddati sezilarli darajada qisqaradi.

**Materiallar va usullar.** Burg'ilash-portlatish, ekskavatsiya va transport jarayonlarida hosil bo'ladigan mineral chang yuqori abraziv xususiyatga ega. Chang zarrachalarining o'lchami 1 dan 100 mkm gacha o'zgaradi. Ayniqsa, o'lchami 10 mkm dan kichik bo'lgan mayda dispers fraksiyalar xavfli hisoblanadi, chunki ular havo tizimlarining filtrlovchi elementlaridan o'tib ketishi va silindr-porshen guruhiga yemiruvchi ta'sir ko'rsatishi mumkin.

1-rasmda ichki yonuv dvigateling kirish tizimining funksional tuzilmasi va uning elementlari majmuasi keltirilgan bo'lib, unda dvigatelga havo bilan kirib kelgan chang zarrachalarining asosiy birikmalari bilan o'zaro ta'siri ko'rsatilgan.



**1-rasm. Ichki yonuv dvigateling kirish tizimining funksional tuzilmasi.**

1 – havo sovitgichi (interkuler), 2 – turbina, 3 – kompressor, 4 – havo filtri, 5 – EGR tizimi, 6 – dizel DPF filtri, 7 – shovqin so'ndirgichi, 8 – ichki yonuv dvigateli.

Yuqori changlangan sharoitlarda ichki yonuv dvigatellari o'rtacha 15–18% gacha quvvat

yo'qotadi, bu esa silindr-porshen guruhi detal-  
larining abraziv yedirilishi bilan izohlanadi.  
Ifloslantiruvchi zarrachalar silindrga kirib, qattiq  
abraziv sifatida ta'sir ko'rsatadi va silindr devorlari,  
porshen halqalari, porshen vtulkalari hamda asosiy  
podshipniklarning yedirilishini tezlashtiradi.  
Natijada gazlarning sizib chiqishi ortadi, siqilish  
darajasi pasayadi va mexanik yo'qotishlar ulushi  
oshadi [3,4].

Bundan tashqari, motor moyining abraziv  
zarrachalar bilan ifloslanishi natijasida uning  
xossalari yomonlashadi, ishqalanish kuchlari ortadi,  
bu esa dvigatel quvvatining pasayishiga olib keladi.

Changli muhitda havo qabul qilish tizimi tez  
ifloslanadi, filtrlar o'zining o'tkazuvchanlik  
qobiliyatini yo'qotadi. Bu esa kirish qismida  
qarshilikning ortishiga olib keladi.



**2-rasm. Karyer avtosamosvalining havo filtrining ifloslanish darajasi.**

A) – ekspluatatsiyadan oldin; B) – 50 moto-soat ishlagandan keyin.

Yuqorida keltirilgan rasmda ko'rinib  
turibdiki, 50 moto-soat ekspluatatsiya davomida  
havo filtri to'liq ifloslangan, holbuki uning xizmat  
muddati 250 moto-soatni tashkil etadi, ya'ni filtr  
resursi 5 baravarga qisqargan.

Chang zarrachalari silindr – porshen guruhiga  
kirib borgach, ularning tarkibidagi qattiq  
komponentlar tufayli motor moyi bilan  
moylanadigan uzal yuzalarida abraziv yedirilish  
jarayonlarini keltirib chiqaradi.

Mazkur uzellarning to'g'ri va uzoq muddatli  
ishlashi moylash muhitining mavjudligi bilan  
ta'minlanadi. Moylash tizimi ajratuvchi plyonka  
hosil qilib, ishqalanishdagi mexanik yo'qotishlarni  
kamaytiradi hamda ushbu elementlarning yedirilish  
intensivligini sezilarli darajada pasaytiradi.

Qattiq mineral zarrachalar so'rilayotgan havo  
bilan birga silindrga kirib, gilza, porshen va porshen  
halqalari ishchi yuzalari orasidagi tirqishlarga

tushadi, kontakt zonasiga singib kiradi, ishqalanish  
sharoitlarini buzadi va bir – biri bilan  
ta'sirlashayotgan elementlarning abraziv yedirilishini  
sezilarli darajada tezlashtiradi.

O'lchamlari moy plyonkasining minimal  
qalinligi  $h_{min}$  dan kichik bo'lgan mayda dispers  
chang zarrachalari porshenning qaytma-ilgarilanma  
harakati jarayonida porshen halqalari bilan silindr  
orasidagi tirqishlarga kirib boradi.

“Porshen – porshen halqasi – silindr” birikma  
ishchi yuzalari bilan kontaktga kirishganda, bunday  
abraziv muhit bir – biri bilan ta'sirlashayotgan  
elementlar materiallari tuzilmasining jadal  
yedirilishiga olib keladi.

O'zgaruvchan aylanish tezligi va  
yuklamalarda ishlovchi ichki yonuv dvigatelida  
moy plyonkasining minimal qalinligi  $h_{min}$  vaqt  
bo'yicha o'zgaruvchi kattalik hisoblanadi. U  
moylash materialining qovushqoqligi  $\eta$  bilan  
belgilanadi, bu esa ishchi muhit haroratiga bog'liq  
bo'ladi, juftlangan yuzalarning nisbiy harakat  
tezligi  $v_w$  ga bog'liq hamda dvigatel elementlariga  
ta'sir etuvchi yuklama  $N$  ga teskari proporsionaldir.

$$h_{min} = C \cdot \frac{\eta \cdot v_w}{N} \quad (2)$$

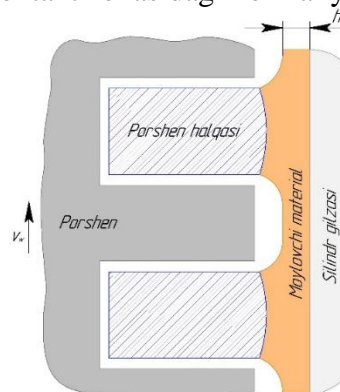
bu yerda:

$C$  – bir – biri bilan ta'sirlashayotgan  
elementlarning geometrik o'lchamlari va  
parametrlarini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

$\eta$  – moylash materialining dinamik  
qovushqoqligi, Pa·s;

$v_w$  – yuzalarning nisbiy sirpanish tezligi, m/s;

$N$  – kontakt zonasidagi normal yuklama, N.



**3-rasm. Porshen – porshen halqalari – silindr juftligida moy plyonkasining hosil bo'lishi.**

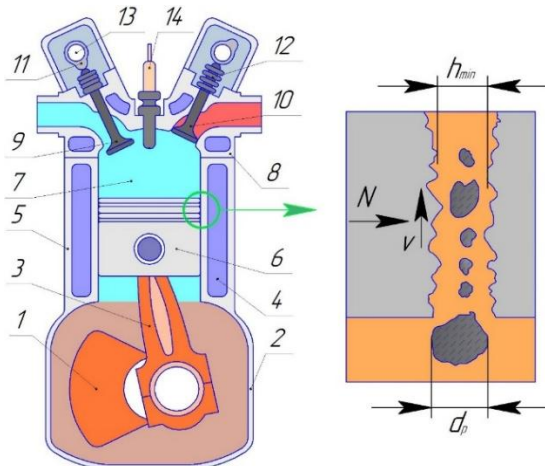
Ushbu nisbat dvigatelning turli ish rejimlarida  
moy plyonkasining qalinligi o'zgarish dinamikasini  
miqdoriy baholash hamda chegaraviy moylanish  
sharoitlarining yuzaga kelishini oldindan aytish

imkonini beradi.

3-rasmda porshen–porshen halqalari–silindr juftligida moy plyonkasining hosil bo‘lish jarayoni keltirilgan.

Ichki yonuv dvigatellarining standart ishqalanish elementlarida moy plyonkasining qalinligi keng oraliqlarda o‘zgarib turadi. Bu holat dvigatel yuklamasi, aylanish tezligining o‘zgaruvchanligi hamda moy haroratining o‘zgarishi bilan bog‘liq. Odatdagi ish sharoitlarida moy plyonkasining minimal qalinligi  $h_{min}$  qiymatlari odatda 0,5 dan 50 mkm gacha bo‘lgan oraliqda kuzatiladi.

**Abraziv yedirilish** quyidagi holatlarda yuzaga keladi: ta’sir etuvchi yuklama  $N$  ortishi natijasida — ya’ni mexanik yuklamaning oshishi, haroratning ko‘tarilishi yoki moyning yopishqoqligi kamayishi tufayli — o‘zaro ta’sirlashuvchi sirtlar orasidagi masofa minimal qiymatgacha yaqinlashadi va  $d_p \geq h_{min}$  sharti bajariladi (4-rasm). Chang zarrachalari, odatda, notekis shaklga ega bo‘lib, o‘tkir ko‘p qirrali qirralar bilan tavsiflanadi. Bunday zarrachalar ishqalanayotgan sirtlarda tiralishlar hosil qiladi, yoriqsimon izlar paydo qiladi hamda metallning mikroskopik zarrachalarini ajratib chiqaradi. Ushbu metall zarrachalari keyinchalik dvigatel birikmalarini tashkil etuvchi elementlar materialining tuzilmasiga singib ketadi.



**4-rasm. “Porshen – porshen halqalari – silindr” birikmalarining chang mineral zarrachalari bilan o‘zaro ta’sir zonasining sxematik modeli.**

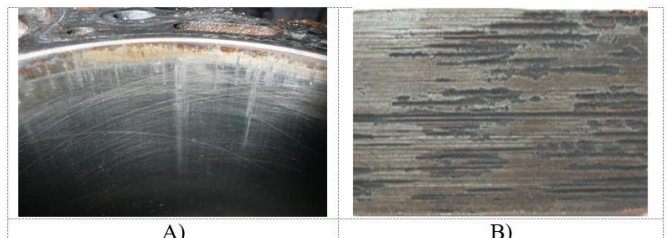
1 – tirsakli val, 2 – karter, 3 – shatun, 4 – sovituvchi suyuqlik, 5 – silindrlar bloki, 6 – porshen, 7 – yonish kamerasi, 8 – silindrlar bloki kallagi, 9 – kirish klapani, 10 – chiqish klapani, 11 – kulachok, 12 – klapan prujinalari, 13 – taqsimlash vali, 14 – forsunka.

Moy plyonkasining qalinligi tebranishlari natijasida, uning ichida joylashgan chang zarrachalari parchalanib, yanada mayda fragmentlarga bo‘linishi mumkin. Hosil bo‘lgan mayda zarrachalar sirtlar orasidagi tirqishlarga, ayniqsa moy plyonkasi qalinligi minimal bo‘lgan zonalariga kirib boradi. Bu esa abraziv yedirilish ehtimolini sezilarli darajada oshiradi.

“Porshen – porshen halqalari – silindr” uzelinig changning mineral zarrachalari bilan o‘zaro ta’sir zonasining sxematik modeli 4-rasmda keltirilgan. Dvigatel birikmalarida moy plyonkasining minimal qalinligi yuzaga kelishi sababli, o‘lchami 1 mkm dan katta bo‘lgan barcha chang zarrachalari elementlarning tezlashgan abraziv yedirilishiga olib keladi.

**Natijalar va muhokama.** Silindr gilzasi va porshen halqalarining ishchi yuzalarining yedirilishi yonish kamerasining germetikligini buzilishiga olib keladi, bu esa siqilayotgan ishchi muhitning sizib chiqishiga sabab bo‘ladi. Natijada siqish takti oxiridagi bosim pasayadi, yoqilg‘i-havo aralashmasining alanganish sharoitlari yomonlashadi hamda dvigatelning samarali quvvati kamayadi.

Shu bilan birga, ishchi siklning termodinamik samaradorligi pasayishi hisobiga yoqilg‘ining solishtirma sarfi ortishi kuzatiladi.



**5-rasm. Ichki yonuv dvigateli silindri ishchi yuzalarining xos yedirilish turlari.**

A) – silindr ishchi yuzasining abraziv yedirilishi; B) – chang zarrachalarining uzoq muddat ta’siri natijasida yuzaning mikrorelyefi.

“Porshen – porshen halqalari – silindr” tizimida radial va o‘q bo‘ylab tirqishlarning ortishi ishlatilgan gazlarning dvigatel karteriga o‘tishini kuchaytiradi. Ushbu jarayon moyning harorati oshishiga, uning termo-oksidlanish asosida tezroq eskirishiga hamda moylash xossalari pasayishiga olib keladi.

Bundan tashqari, gaz oqimi moy bug‘lari va tomchilarining olib chiqib ketilishiga sabab bo‘ladi, bu esa moy sarfining ortishiga va chiqarish taktining

ifloslanishiga olib keladi.

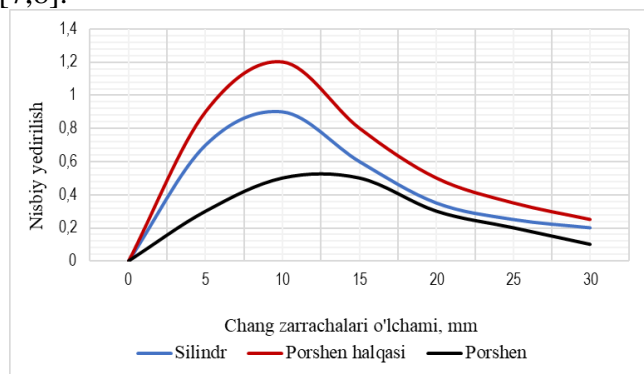
5-rasmda silindr yuzasining xos yeyilish turlari keltirilgan.

Hozirgi kunda ichki yonuv dvigatellarida havo filtrlari qo'llanilishi amaliyoti shuni ko'rsatadiki, filtrlash tizimlari o'lchami 10 mkm gacha bo'lgan zarrachalarni samarali ushlab qoladi, biroq undan mayda zarrachalar filtr orqali o'tib ketadi.

Bundan tashqari, har bir tozalash siklidan so'ng filtrning mayda dispers zarrachalarni ushlab qolish qobiliyati pasayib boradi.

So'rilayotgan havodagi chang zarrachalari o'lchami bilan silindrlar, porshenlar va porshen halqalarining yedirilish darajasi o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlik mavjud.

Quyida 6-rasmda chang zarrachalari o'lchamiga bog'liq holda silindrlar, porshenlar va porshen halqalarining nisbiy yedirilishi ko'rsatilgan [7,8].



6-rasm. Chang zarrachalari o'lchamiga bog'liq holda nisbiy yeyilishning o'zgarishi.

Yuqorida keltirilgan grafikda yirik zarrachalar bilan bog'liq past darajadagi yedirilish ularning abraziv xossalari pastligi bilan emas, balki filtr tomonidan samarali ushlab qolinishi bilan izohlanadi.

Porshen halqalari chegaraviy ishqalanish sharoitida ishlaydi va nihoyatda sezgir elementlar hisoblanadi, shu sababli ularning yedirilish ko'rsatkichlari yuqori bo'ladi.

Shuningdek, silindrning kontakt yuzasi katta bo'lganligi sababli bu yerda abraziv yedirilish ham sezilarli darajada namoyon bo'ladi.

Porshenning nisbatan kam yedirilishi esa uning silindr bilan to'liq emas, balki davriy ta'sirlanishi bilan izohlanadi. Bu holat moy plyonkasining qayta tiklanishiga va zarrachalarning moy bilan birga olib chiqib ketilishiga imkon beradi

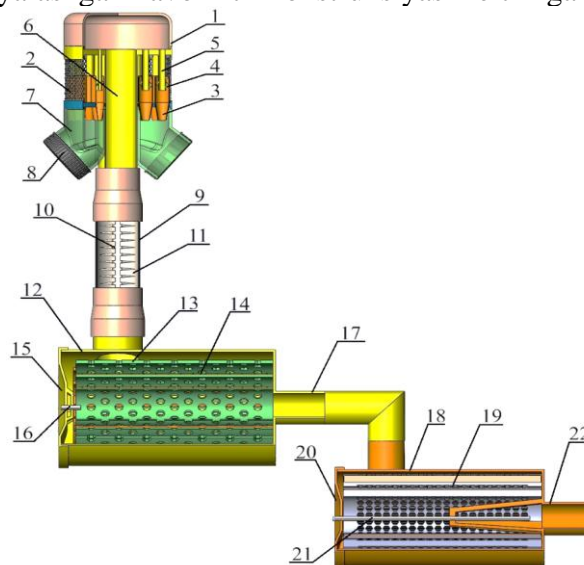
[9].

O'lchami 1 mkm dan katta bo'lgan chang zarrachalari abraziv yedirilishni keltirib chiqaradi, biroq eng katta ta'sir 5–12 mkm oraliqdagi zarrachalarda kuzatiladi.

Shunday qilib, ichki yonuv dvigatellarining ishlash samaradorligi va ishonchliligini oshirish havo filtrlash tizimini takomillashtirish orqali amalga oshirilishi mumkin. Shu munosabat bilan havoni samarali tozalashni ta'minlaydigan yangi, innovatsion havo filtrlari konstruksiyalarini yaratish zarurati yuzaga keladi.

Havo filtrining samaradorligini va xizmat muddatini oshirish, shuningdek ichki yonuv dvigateliga chang zarrachalarining kirib kelishini kamaytirish maqsadida ko'p bosqichli havo filtrlash qurilmasini qo'llash taklif etiladi. Ushbu qurilma multitsiklonli va elektrostatik filtrlarda dastlabki tozalash prinsipi asosida ishlaydi.

7-rasmda ichki yonuv dvigatellarida qo'llash uchun mo'ljallangan ko'p bosqichli kombinatsiyalashgan havo filtri konstruksiyasi keltirilgan.



7-rasm. Ko'p bosqichli kombinatsiyalashgan havo filtri.

1 – multitsiklonli havo filtri, 2 – setka, 3 – siklon, 4 – uyurma hosil qiluvchi element, 5 – quvur, 6 – so'ruvchi havo yo'li, 7 – chang yig'gich, 8 – qopqoq, 9 – birlamchi elektrostatik filtr korpusi, 10 – ignasimon sterjen elektrod, 11 – silindrsimon metall quvur, 12 – yakuniy elektrostatik filtr korpusi, 13 – metall plastina ko'rinishidagi elektrod, 14 – ignasimon sterjen elektrod, 15 – qopqoq, 16 – sterjen, 17 – havo yo'li, 18 – havo filtri, 19 – filtrlovchi element, 20 – qopqoq, 21 – sterjen, 22 – dvigatelga havo yetkazib beruvchi quvur.

Ko'p bosqichli kombinatsiyalashgan havo filtri quyidagicha ishlaydi: dvigatelga so'rilayotgan

havo avval multitsiklonli havo filtri (1) ning setkalari (2) orqali o'tib, siklonlarga (3) kiradi. Bu yerda havo uyurma hosil qiluvchi qurilma (4) yordamida aylantiriladi va havo oqimidan yirik chang zarrachalari ajratilib, chang yig'gichda (7) to'planadi.

Tozalangan havo siklonning chiqish trubkasi (5) orqali so'ruvchi havo yo'li (6) orqali dvigatelga yo'naltiriladi va birlamchi elektrostatik filtrga (9) kiradi. Ushbu filtrda havodagi mayda chang zarrachalari dastlabki elektr zaryad oladi, ularning bir qismi silindrsimon quvur (11) devorlarida ushlab qolinadi, qolgan asosiy qismi esa yakuniy elektrostatik filtrga (12) yo'naltiriladi.

Elektrostatik filtr quyidagicha ishlaydi: filtr (12) ichida kuchlanish beriladigan elektrodlar (13, 14) joylashgan. Ifloslangan havo ushbu zonadan o'tganda, chang zarrachalari elektr zaryadiga ega bo'ladi.

Keyinchalik havo oqimi cho'ktiruvchi elektrodlar (14) orasidagi hududga kiradi, bunda elektrodning biri musbat, ikkinchisi esa manfiy zaryadlangan bo'ladi. Elektr maydoni ta'sirida zaryadlangan chang zarrachalari havo oqimidan og'ib, qarama-qarshi zaryadga ega elektrodlanga tortiladi.

Natijada zarrachalar elektrodlar yuzasiga cho'kadi va elektrostatik kuchlar ta'sirida chang qatlami ko'rinishida ushlab turiladi.

Mayda chang zarrachalaridan tozalangan havo oqimi havo yo'li (17) orqali asosiy havo filtri (18) ga yo'naltiriladi va undan keyin ichki yonuv dvigatelining silindriga uzatiladi.

**Xulosa:** Multitsiklon va elektrostatik filtr asosida ishlovchi kombinatsiyalashgan havo filtri ichki yonuv dvigatellari uchun, ayniqsa ifloslangan

muhitlarda ishlashda, eng samarali havo tozalash sxemalaridan biri hisoblanadi. Uning afzalligi inertsia va elektrostatik tozalash usullarining uyg'unlashuvi bilan izohlanadi.

Multitsiklon 8–20 mkm o'lchamdagi yirik va o'rta zarrachalarni samarali ajratib olsa, elektrostatik filtr odatiy filtrlarda ushlanmaydigan 0,1–2 mkm oraliqdagi mayda dispers zarrachalarni ushlab qoladi. Natijada havo filtrlash samaradorligini 95% gacha oshirish imkoniyati yuzaga keladi.

Multitsiklonda tozalash jarayoni filtrlovchi material ishtirokisiz, markazdan qochma kuchlar hisobiga amalga oshiriladi, elektrostatik filtrda esa qarshilik hosil qiluvchi zich g'ovakli tuzilma mavjud emas. Shu sababli bosim yo'qotishlari va gidravlik qarshiliklar juda kichik bo'ladi.

Bunday filtrlardan asosiy havo filtridan oldin foydalanilganda yuzaga keladigan gidravlik qarshiliklar filtr o'lchamlarini va havo o'tkazuvchi kanallarning kesimini kattalashtirish orqali kamaytiriladi.

Ishlab chiqilgan ko'p bosqichli kombinatsiyalashgan havo filtridan foydalanish multitsiklon yordamida changning asosiy qismini ajratib tashlash hisobiga asosiy havo filtrining xizmat muddatini oshirish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, ichki yonuv dvigatellarini kuchli changlangan sharoitlarda ekspluatatsiya qilishda dolzarb hisoblanadi hamda silindr–porshen guruhining yedirilishini kamaytiradi hamda ularning xizmat muddatini uzaytiradi.

Shuningdek, havoning samarali tozalanishi yoqilg'ining to'liq yonishini ta'minlaydi, bu esa yoqilg'ining solishtirma sarfini kamaytirishga olib keladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Teng, G., Shi, G., & Zhu, J. (2022). Influence of pleated filter geometry on pressure drop during dust loading: Experimental and modeling study. *Scientific Reports*, 12, 20331. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20331>
- [2] Allam, S., & Mimi Elsaid, A. (2020). Factors affecting fuel economy in vehicles and optimization criteria for pleated air filter design to improve internal combustion diesel engine performance: Experimental and CFD approaches. *Separation and Purification Technology*, 241, 116680. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116680>
- [3] Dziubak, T. (2024). Experimental testing of filter materials for two-stage air intake systems of internal combustion engines. *Energies*, 17(11), 2462. <https://doi.org/10.3390/en17112462>

- [4] Kayumov, U. E., & Pardaeva, Sh. S. (2025). BELAZ kon samosvallarida ichki yonuv dvigatellari ishlashiga changning ta'siri. *Universum: Tekhnicheskie Nauki*, 2(8), 64–69.
- [5] Donaldson Company. (n.d.). Air cleaners, service parts and accessories for engines. <https://www.donaldson.com/content/dam/donaldson/engine-hydraulics-bulk/catalogs/air-intake/emea/f116005/Air-Intake-Product-Guide.pdf>
- [6] Seok, J., Chun, K. M., Song, S., & Lee, S. (2015). Filtration behavior of metal fiber filters as a function of pore size and fiber diameter. *Journal of Aerosol Science*, 81, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2014.11.006>
- [7] Sun, Z., Liang, Y., He, W., Jiang, F., Song, Q., Tang, M., & Wang, J. (2019). Filtration efficiency and loading capacity of nanostructured composite filter media for applications under high soot concentration conditions. *Separation and Purification Technology*, 221, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.03.049>
- [8] Kayumov, U. E., Pardaeva, S. S., & Akhmedov, A. S. (2025). Ochiq kon sharoitida ishlayotgan BELAZ samosvallarida dizel yoqilg'isi sarfining ortishiga olib keluvchi texnologik va ekspluatatsion omillarning kompleks tahlili. *Modern Education and Development*, 26(5), 154–158.
- [9] Pardaeva, S., Kayumov, U., & Kaxxarov, O. (2025). Karyer sharoitida ishlayotgan BELAZ samosvallarida dizel yoqilg'isi sarfining ortishiga ta'sir etuvchi omillar tahlili. *Namangan Muhandislik-Texnologiya Instituti Ilmiy-Texnik Jurnali*, 10(1), 237–243.

---

**Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article**

Kayumov, U. E., Xatamova, D. N., & Pardayeva, Sh. S. (2026). Kon mashinalarining ichki yonuv dvigatellari uchun so'riluvchi havoni tozalash samaradorligini oshirish. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 4(2). <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.2.2026.9>

---